



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“Medidas de mitigación para eventos de máximas avenidas
del ríoCrucero en el sector cangalli - distrito Asillo -
Azángaro - Puno –2021”**

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

AUTOR:

Flores Bermejo, Diana (ORCID: 0000-0002-3235-2700)

ASESOR:

Mg. Benites Zúñiga, José Luis (ORCID: 0000-0003-4459-494X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño De Obras Hidráulicas y Saneamiento

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

A Dios por haberme dado salud y fuerza para lograr mis objetivos, a mis queridos padres que con sus consejos y valores me dieron un gran ejemplo para convertirme en una persona de bien, a mis queridos hermanos y sobrinos por las palabras de aliento en no rendirme, a mi querido esposo por la fortaleza en tiempos difíciles.

Agradecimiento

Un agradecimiento especial al ingeniero José Luis Benites Zúñiga, por su valioso apoyo a través de sus conocimientos y experiencias, sobre todo por tener la disposición de guiarnos y darnos palabras de aliento.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	27
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	27
3.2. Variables y operacionalización	29
3.3. Población, muestra y muestreo	30
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	31
3.5. Procedimientos	31
3.6. Método de análisis de datos.....	32
3.7. Aspectos éticos.....	33
IV. RESULTADOS	35
V. DISCUSIÓN.....	58
VI. CONCLUSIONES.....	61
VII. RECOMENDACIONES	62
VIII. REFERENCIAS	63
ANEXOS.....	68

Índice de tablas

Tabla 1: Resumen de los Parámetros Geomorfológicos de la Subcuenca Crucero.	37
Tabla 2: Ajuste test Kolmogorov-Smirnov estación Promedio - Estación Promedio Crucero y Ananea.	41
Tabla 3: Área, longitud del río principal y pendiente de las subcuencas.	42
Tabla 4: Tiempo de concentración subcuencas.	42
Tabla 5: Resumen de caudales máximos para un periodo de retorno de 10, 25, 50 y 100 años Subcuenca Crucero.	43
Tabla 6: Áreas de Inundación para la zona de estudio río Crucero.	47
Tabla 7: Resumen de caudales máximos para un periodo de retorno de 10, 25, 50 y 100 años.	58
Tabla 8: Resumen de caudales máximos para un periodo de retorno de 10, 25, 50 y 100 años.	59
Tabla 9: Resumen de caudales máximos para un periodo de retorno de 10, 25, 50 y 100 años.	59
Tabla 10: Precipitación Máxima 24 horas completado y extendido.	58
Tabla 11: Ajuste test Kolmogorov-Smirnov estación Progreso.	61
Tabla 12: Ajuste test Kolmogorov-Smirnov estación Progreso.	62

Índice de figuras

Figura 1. Puente Carrozable del Sector Cangalli - Distrito de Asillo - Azángaro - Puno	3
Figura 2. Ubicación Geográfica Subcuenca Crucero.....	35
Figura 3. Ubicación Política Subcuenca Crucero.	36
Figura 4. Curva Hipsométrica Subcuenca Crucero.....	38
Figura 5. Grafica Anual de la Precipitación Máxima de 24 hr. Estación Promedio.	39
Figura 6. Análisis Estadístico de Distribuciones Estación Promedio.....	40
Figura 7. Modelación Hidraulica de Caudales Máximos.	43
Figura 8. (Lado Izquierdo) Mapa de Inundación Progresiva 8+178 km. TR= 100 años. (Lado Derecho) Mapa de Inundación en la Progresiva 3+209 km. TR= 100 años.	45
Figura 9. Mapa de Inundación en la Sección 0+820 km. TR= 100 años.....	46
Figura 10. Grafica Anual de la Precipitación Máxima de 24hr. Estación Progreso.	59
Figura 11. Grafica Anual de la Precipitación Máxima de 24hr. Estación Crucero.	60
Figura 12. Análisis Estadístico de Distribuciones - Estación Progreso.	60
Figura 13. Análisis Estadístico de Distribuciones - Estación Crucero.	61
Figura 14. Curvas I-D-F Estación Progreso.....	62
Figura 15. Curvas I-D-F. Estación Crucero	63
Figura 16. Curvas I-D-F. Estación Promedio Crucero y Ananea	63
Figura 17. Hietogramas de Precipitación Para la Estación Progreso.....	63
Figura 18. Hietogramas de Precipitación para la Estación Crucero.....	63
Figura 19. Hietogramas de Precipitación Para la Estación Promedio Ananea y Crucero.	63
Figura 20. Caudal Máximo Resultante Para un TR=10 años Subcuenca Crucero.	63
Figura 22. Caudal Máximo resultante para un T.R=50 Años Subcuenca Crucero.	63
Figura 23. Caudal Maximo Resultante para un T.R.= 100 Años Subcuenca Crucero	63
Figura 21. Caudal Máximo Resultante para un T.R.=25 Años Subcuenca Crucero.	63
Figura 24. Mapa de Inundación Resultante T.R.= 100 Años	63
Figura 25. Sección Transversal Río Crucero Sección 8+178 km.....	63
Figura 27. Sección Transversal Río Crucero Sección 3+209 km.....	63
Figura 26. Sección Transversal Río Crucero Sección 0+820 km.....	63

Resumen

Este presente tesis de investigación “Medidas de mitigación para eventos de máximas avenidas del río Crucero en el sector Cangalli - Distrito Asillo - Azángaro - Puno - 2021.”, tuvo como objetivo general Determinar el comportamiento de eventos de máximas avenidas para plantear las medidas mitigación en el Río Crucero del Sector Cangalli del Distrito de Asillo - Azángaro – Puno, 2021. Esta indagación es de tipo aplicada, el diseño de investigación cuasi experimental y enfoque cuantitativo. Se logró como resultados las curvas de IDF para periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años diseñado para una tormenta de 06 horas. Asimismo, se utilizó un modelo hidrológico para la determinación de caudales máximos usando el usando el software HecHMS, también se determinó las áreas inundadas usando el software HecRAS y Como conclusión se alcanzó a evidenciar se calculó caudales máximos para periodos de retorno (TR) 10, 25, 50 y 100 años, obteniendo 39.3, 65.6, 98.7, 149.2 m³/s con ello secciones más significativas: 8+178 km.; 3+209 km. y 0+820 km. son más vulnerables a los desbordes de ese río estudiado en ese tramo 01, con áreas inundables de 1210, 1523, 1455 y 2071 Km²

Palabras clave: Mitigación, eventos de máximas avenidas, caudales máximos, áreas inundadas.

Abstract

This present research thesis "Mitigation measures for events of maximum avenues of the Crucero river in the Cangalli sector - Asillo District - Azángaro - Puno - 2021.", had as a general objective to determine the behavior of events of maximum avenues to propose the measures of mitigation in the Rio Crucero of the Cangalli Sector of the District of Asillo - Azángaro - Puno, 2021. This inquiry is of an applied type, with a quasi-experimental research design and a quantitative approach. The results were the IDF curves for return periods of 10, 25, 50 and 100 years designed for a 06 hour storm. Likewise, a hydrological model was used to determine maximum flows using the HecHMS software, the flooded areas were also determined using the HecRAS software and as a conclusion it was reached to show that maximum flows were calculated for return periods (TR) 10, 25, 50 and 100 years, obtaining 39.3, 65.6, 98.7, 149.2 m³ / s with it more significant sections: 8 + 178 km.; 3 + 209 km. and 0 + 820 km. They are more vulnerable to the overflows of the river studied in this section 01, with flood areas of 1210, 1523, 1455 and 2071 Km².

Keywords: Mitigation, events of maximum floods, maximum flows, flooded areas.

I. INTRODUCCIÓN

Desde hace muchos años las inundaciones han ocasionado miles de muertes a nivel mundial, mayormente son de forma natural y han generado daños en los accesos de comunicación y viviendas con diversos elementos que permiten agravar el efecto, como el cambio climático, la escases de mantenimiento en redes de drenaje, los cambios en las llanuras de inundación de ríos, originado por la acción del hombre, entre varios factores naturales y antrópicos. Todo ello ha originado que las inundaciones sea un problema extraordinario, según a la frecuencia de máximas avenidas haciendo que las autoridades no lo visualizan con el interés debido durante su periodo de gobierno, por lo que las decisiones que toman, lo hacen sin evaluar los efectos en el mediano o a largo plazo.

Las estadísticas globales en un periodo de 11 años, en el mundo han ocurrido 982 inundaciones de gran intensidad en donde el continente asiático fue afectado con un 44% de estos eventos, luego América con un 27%, teniendo decesos de vida humana de 225 mil en Asia y 7 mil en América. También explica que en la práctica de toma de decisiones en una cuenca con la finalidad de prevenir inundaciones ante lluvias intensas es necesario adquirir y procesar información mediante la simulación de procesos a tiempo real, donde el uso de las matemáticas, electrónica e informática trabajan de forma integrada, proporcionando el intercambio y actualización de información, permitiendo una adecuada toma de decisiones en el periodo de alerta temprana para la previsión de las inundaciones.¹

Según los avances en las regiones sobre la moderación de riesgo de desastres, no son iguales al momento que se implementa a nivel nacional, por lo que se señala que la importancia de un enfoque inclusivo comprenda toda la sociedad siendo importante para el desarrollo de estrategias nacionales y locales para reducir los riesgos de desastres donde la implementación deberá centrar en lograr los avances con un impacto sostenible.²

En el mundo el grado de impacto que generan las inundaciones sobre el individuo o comunidad es proporcional al grado de vulnerabilidad de los mismos; es por esto que en países en desarrollo, es primordial desarrollar mecanismos que permitan garantizar la protección de las comunidades ante los desastres, o al menos mitigar

¹ (LEÓN mendez, y otros, 2010)

² (UNDRR, 2019)

el impacto que tengan los mismos en la población; todo esto mediante la integración de medidas estructurales y no estructurales en los procesos de gestión de riesgo, en donde las políticas públicas y la gestión organizada y mancomunada de las entidades estatales con las cuales se desarrollen tanto obras civiles como estrategias sociales, educativas y demás.

Las Inundaciones en el Perú han sido de mucha consideración ocasionando pérdidas de vidas humanas y económicas, se originan principalmente por dos razones, por el elevado crecimiento de precipitaciones y caudal del río y la segunda la irrupción del cauce del río, que en periodos de avenidas máximas suele seguir su curso natural siendo estos espacios ocupados por el ser humano. Por tal motivo se explica “que debemos tener en cuenta que las áreas donde se prevé superávit de lluvias originan los desastres naturales como: huaycos e inundaciones afectando directamente a la economía de toda una nación, ocasionando daños en carreteras, cultivos, destrozo de viviendas, etc.”³ En 2019 en las regiones de Piura, Arequipa, Moquegua, Tacna y Puno fueron afectados por inundaciones y huaicos dejando 39 muertos y 8299 afectados debido a las intensas lluvias que caen desde inicios del año según lo que informo el COEN (Centro de Operaciones de Emergencia Nacional)

En la localidad de Asillo ubicada en la Provincia de Azángaro, a raíz de las precipitaciones intensas que son registradas en la zona, se han producido desbordes en los ríos de Crucero y Ramis, perjudicando edificaciones, cultivos y comunicación viales como puentes peatonales, además esto afecta a las comunidades de Huamangara, Chanuchu y San Cristóbal.

De acuerdo al contexto, este proyecto de investigación presenta, medidas de mitigación para eventos de máximas avenidas del río Crucero en el sector Cangalli - distrito Asillo - Azángaro - Puno - 2021, enfocándonos para poder mitigar la vulnerabilidad a causa de las precipitaciones que logran inundar este sector, sabiendo que el agua busca su curso natural y debido a las invasiones en los extremos, esto puede causar riesgos, para ello esta investigación permitirá realizar estudio hidrológico para determinar las zonas más vulnerables, y con base proponer un plan de medida no estructural.

³ (CENEPRED, 2019)



Figura 1. Puente Carrozable del Sector Cangalli - Distrito de Asillo - Azángaro - Puno

Por lo antes expuesto se plantea el siguiente problema general ¿De qué manera los eventos de máximas avenidas influyen en las medidas de mitigación en el río Crucero del Sector Cangalli del Distrito de Asillo - Azángaro – Puno - 2021?

Así mismo, se enuncian los problemas específicos: ¿De qué manera los eventos de máximas avenidas permite obtener el comportamiento de los caudales máximos a partir de las precipitaciones máximas de 24 horas para las estaciones meteorológicas dentro del sector Cangalli del distrito de Asillo - Azángaro – Puno - 2021?, ¿Cómo obtener los eventos de máximas avenidas mediante los caudales máximos que nos permiten estudiar las áreas vulnerables del río Crucero en el sector Cangalli del distrito de Asillo - Azángaro – Puno - 2021? y ¿Cómo obtener el mapa de inundación mediante los eventos de máximas avenidas del río Crucero en el sector Cangalli del distrito de Asillo - Azángaro - Puno, 2021?

La justificación social, se refiere a la presencia del recurso hídrico en el sector Cangalli frente a la posibilidad de daños producidos por las avenidas máximas de caudales, ha tomado un gran interés en tener información técnica lo cual permita conocer los posibles resultados que una inundación pueda originarse en el área de estudio. En la justificación práctica, se indica que los constantes desbordes del río ocasionado por las precipitaciones de gran intensidad y la baja topografía de esta ubicación ocasionan pérdidas de infraestructura, áreas de cultivo, viviendas

inundadas en dicho tramo del río presentando inseguridad de la comunidad que vive en dicha zona, la justificación teórica corresponde a profesionales y autoridades que tomen esta investigación como fuente básica, para la elaboración y ejecución de proyectos más complejos, y así salvar la seguridad de los pobladores, mediante medidas de mitigación no estructural y estructural, la justificación metodológica, consiste en tener una base de datos referentes a las máximas avenidas el cual pueda permitir medidas de mitigación debido al desbordamiento del río, planteándose un estudio de un cierto tramo del río para ejecutar simulaciones hidrológicas con el uso del software HEC-HMS visualizando la zona de mayor riesgo dentro del área de estudio.

De tal manera se plantea el siguiente Objetivo General; determinar el comportamiento de eventos de máximas avenidas para plantear las medidas mitigación en el río Crucero del Sector Cangalli del Distrito de Asillo - Azángaro – Puno - 2021, con sus objetivos específicos que son: Analizar los eventos de máximas avenidas mediante la obtención de las precipitaciones máximas de 24 horas para las estaciones meteorológicas del río Crucero en el sector Cangalli del distrito de Asillo - Azángaro – Puno - 2021; Analizar los eventos de máximas avenidas mediante los caudales máximos del río Crucero en el sector Cangalli del distrito de Asillo - Azángaro – Puno – 2021 y determinar el mapa de inundación mediante los eventos de máximas avenidas del río Crucero en el sector Cangalli del distrito de Asillo - Azángaro – Puno - 2021. Asimismo la hipótesis general es: Los eventos de máximas avenidas tiene implicancia directa en las medidas de mitigación en el río Crucero del Sector Cangalli del Distrito de Asillo - Azángaro – Puno - 2021 y las hipótesis específicas son: Es posible el estudio de los eventos de máximas avenidas mediante el cálculo de las precipitaciones máximas de 24 horas permitiendo el modelamiento hidrológico del río Crucero en el sector Cangalli del distrito de Asillo - Azángaro – Puno - 2021. Es posible la determinación de los eventos de máximas avenidas mediante los caudales máximos que nos permita estudiar las áreas vulnerables del río Crucero en el sector Cangalli del distrito de Asillo - Azángaro – Puno -2021 y es posible obtener los mapas de inundaciones mediante los eventos de máximas avenidas que permitan hallar las áreas afectadas en kilómetros del río Crucero en el sector Cangalli del distrito de Asillo - Azángaro - Puno, 2021.

II. MARCO TEÓRICO

Literalmente toda investigación solicita en base a un sustento o un respaldo, para este asunto son los antecedentes el cual nos permite conocer el estado de conocimiento que tiene la investigación. Según Hernández et al (2014) relata que una verdadera investigación implica ser interesante al vincular las variables o categorías del estudio, para obtener de tratar de un tema no realizado, escudriñar a en uno mediamente conocido, para así tener una visión diferente a un problema, aunque se haya investigado repetidamente.

Ante lo mencionado, se podrán visualizar los siguientes antecedentes de esta investigación.

Chalco & Cullanco (2020), en su trabajo de investigación su objetivo consiste en determinar áreas inundadas, para periodos de retorno según las máximas avenidas que se encuentran en el tramo Puente Huachipa km27+450-La Atarjea km20+950 del río Rímac, Lima con el propósito de disminuir los daños. Fue un estudio de tipo Aplicada y No experimental transversal correlacional, la población de estudio es la subcuenca Jicamarca - Santa Eulalia; teniendo 37.35km de tramo del río Rímac. La muestra de investigación fue 37.35 km de río Rímac el cual se encuentran en la subcuenca Jicamarca-Santa Eulalia, los instrumentos que empleó es el análisis e interpretación de información, análisis de datos e investigaciones bibliográficas. Los principales resultados consistió en determinar áreas vulnerables debido a las inundaciones usando un numero de curva de 69 según su zona de estudio, determinando distintos periodos de retorno a partir de las máximas avenidas que están en el tramo Puente Huachipa km27+450-La Atarjea km20+950 del río Rímac, además ha obtenido mapas de profundidad de inundación, cuantificando las máximas avenidas en tiempo de retorno 10, 25, 50, 100, 500 y 1000 años, en la cual aplica el HEC-HMS calculando hidrogramas con caudales máximos ubicado en el sitio de descarga, obtuvo caudales de 285.92m³/s para un periodo de retorno de 10 años, 364.08 m³/s para 25 años, 426.48m³/s para 50 años, 511.56m³/s para 100 años, 671.22m³/s para 500 años y 757.34m³/s para 1000 años. Concluyó que en el recorrido del río Rímac se encontraron varias áreas vulnerables debido a las inundaciones donde se ubican la mayor cantidad de viviendas, áreas agrícolas

situándose en las laderas del río, invadiendo áreas que forman parte de la vía natural del río, aumentando la posibilidad de impactos ocasionados por las inundaciones y con ello el deceso de vidas humanas y pérdidas económicas.

Peña & Núñez (2020), su trabajo de investigación tuvo como objetivo hallar el área inundable del área urbana del C.P Perico, ante la máxima avenida que se presenta en la quebrada Pindo. Fue un estudio aplicada y No experimental, la población de estudio es la quebrada Pindo en la área urbana del centro poblado San Pedro de Perico, distrito Chirinos, San Ignacio, Cajamarca, la muestra de investigación es el tramo de la quebrada cuyas coordenadas UTM según WGS-84, zona 17S. Es: 743906.455E – 9409219.454N, Punto final: 744622.088E – 9409151.912N, los instrumentos empleados fueron la observación, entrevistas, exploración del terreno y modelamiento hidráulico. Los principales resultados analiza la lámina de agua que es desbordado en cada sección de la quebrada, generando planos de áreas inundables de la quebrada Pindo al C.P Perico, que se obtiene con la prueba de ajuste de Log Normal un valor de 0,27 y para los periodos de retorno de 25, 50, 100 y 200 años un gasto de 56.061m³/s, 69.877m³/s, 85.059m³/s, 101.648m³/s respectivamente. Además se concluyó que el tramo de la quebrada frente a eventos de máximas avenidas, originan caudales que sí ocasionan inundación, hallando que su máxima avenida de caudal es 56.061m³/s para tiempo de retorno de 25 años, donde las zonas y lugares son afectados por estos puntos críticos mencionados.

Yépez (2016), en su investigación determina la máxima avenida y las probables áreas de inundación originadas en la quebrada Cruz Blanca, de la zona urbana del distrito de Cajamarca. Fue un estudio de tipo aplicada y no experimental correlacional, la población de estudio son las quebradas de la zona urbana de la ciudad de Cajamarca, la muestra de la investigación fue la quebrada Cruz Blanca, en los sectores 21, 14, 19, 13 y 23 de la ciudad de Cajamarca, los instrumentos empleados fueron técnicas de recolección y análisis de datos, investigaciones bibliográficas. Los principales resultados determinan que las máximas avenidas respecto a las áreas inundables presentan el incremento polinomio ajustándose a sus resultados, mientras que las áreas de inundación con el Tiempo de Retorno es un aumento logarítmico. Se concluyó que el incremento de máximas avenidas en

la quebrada aumentan las áreas inundables, determinando un r^2 de 0.9775, concluyendo que la hipótesis no se cumple. Además determino las máximas avenidas respecto a las áreas de inundación para periodos de retorno de 5, 10, 15, 20, 25, 50, 100, 150 y 200 años teniendo caudales máximos de 42.97m³/s, 50.87m³/s, 55.32m³/s, 58.44m³/s, 60.84m³/s, 68.24m³/s, 75.59m³/s, 79.87m³/s, 82.90m³/s con áreas inundables de 53,256.69m², 56,240.33m², 64,914.25m², 66,697.37m², 76,905.04m², 81,557.95m², 91,593.83m², 95,271.59m², 104,128.44m² respectivamente. Donde señala que el máximo caudal es 82.90m³/ser, para un periodo de retorno de 200 años y el máximo caudal más pequeño es 42.97m³/seg en un periodo de retorno de 5 años.

Gómez & Monge (2019), su trabajo de investigación tuvo como objetivo el mejorar la condición de vulnerabilidad debido por la inundación, área donde el diseño de obras en un tramo de 3 km del río Corredor aguas abajo del puente sobre la Ruta 2, fue un estudio de tipo de tipo Cualitativo deductivo de nivel no experimental, la población de estudio es la cuenca hidrográfica del río Corredor, la muestra de la investigación es el recorrido de 3 km del río Corredor aguas abajo del puente sobre la Ruta 2, los instrumentos empleados fue la obtención de información geográfica y el cálculo con el HEC-HMS. Los principales resultados realizaron características morfológicas de la cuenca, la modelación hidrológica y la modelación hidráulica donde realizaron 6 modelaciones distintas para determinar criterios apoyando a la propuesta de construir diques y espigones como medidas de mitigación de inundaciones y encausamiento en las tres secciones del río. Concluyó que al modelar con HEC-HMS los hidrogramas calculados ha facilitado encontrar la condición actual del estudio, permitiendo analizar el evento de precipitación basado en un tiempo de retorno de 2 años para CHA III concerniente a la tormenta Otto, obteniendo así el hidrograma con un caudal pico de 665,80m³/s, además se obtuvo como resultado un caudal pico de 1954,02m³/s y además se desarrolló escenarios hidrológicos e hidráulicos.

Torres & Salamanca (2017), su investigación consistió en analizar la vulnerabilidad por avenidas torrenciales en el sector y las viviendas que se vieron afectadas en el desbordamiento de la quebrada en la vereda Pekín y el barrio Pekín del casco

urbano del municipio de Fusagasugá. Fue un estudio de tipo Cualitativo deductivo de nivel no experimental, la población de estudio fue el municipio de Fusagasugá, la muestra de la población es la vereda Pekín y parte del casco urbano del municipio de Fusagasugá, los instrumentos que empleo es la recolección de datos, análisis de áreas vulnerables y trabajo de campo los principales resultados fueron el análisis de vulnerabilidad, el análisis multitemporal y el geovisor. Se concluyó que mediante el análisis de mapeo y análisis estadístico multitemporal se ha observado que el 50% de coberturas arbustivas como boscosas han desaparecido en años que se tomaron las imágenes aéreas 2009 – 2017, además se suma un crecimiento de 15% de la urbanización y erosión del suelo de un 18%, originado principalmente por acción antrópica, también indica que las crecidas en el año 2014 ha impactado fuertemente en el sector, lo cual se pudo disminuir las coberturas del suelo.

Santos (2017), en su investigación evalúa la relación entre el comportamiento hidrológico y los factores meteorológicos y topográficos en la subcuenca del río Carrizal mediante la aplicación del software HEC-HMS. Fue un estudio de tipo Cualitativo deductivo de nivel no experimental, la población de estudio es la subcuenca del Río Carrizal que comprende un área aproximadamente de 1347,05 km², perteneciente a la demarcación Hidrográfica de Manabí, ubicada en el extremo oriental de la provincia Manabí, la muestra de investigación es la subcuenca del río carrizal, los instrumentos empleados fue la obtención de información geográfica y el cálculo del software HEC-HMS. Los principales resultados fue la aplicación del programa que determino las variables asociadas con las pérdidas por infiltración, flujo base, tránsito de caudales desde la subcuenca que ubica aguas abajo del lugar de donde proviene el registro. También determinó que en HEC-HMS realizando simulaciones de eventos de crecientes asociados con un patrón de tormenta para un cierto tiempo de retorno, los resultados de la modelación con el HEC-HMS con los 5 años de muestra, se observó en los hietogramas las mayores precipitaciones de cada año y los mayores meses precipitados de enero a abril, arrojando como resultado que el año 2012 tuvo el mayor valor de 75 mm, en donde se registró el año con mayor caudal en la subcuenca del río Carrizal. Se concluyó que el modelo matemático de Gumbel no fue acertado con el cálculo, ya que en la provincia de Manabí en los meses de

Enero a Mayo ha tenido precipitaciones mayores a 130,3 mm causando estragos en varios lugares de la provincia de Manabí con presencia de aumento de caudal.

Jeevika and Jagrittee (2018), in your research your objective has determine the effects of rainfall on surface runoff and peak discharges in different river basins when modeled with a similar modeling process evaluate the model parameters of the rainfall-runoff modeling process for rivers from different climatic regions and with different catchment characteristics identify what could be the impacts of floods in terms of their extension and scale in the basin. Los principales resultados se observan algunas similitudes y diferencias entre estos modelos de cuencas donde se identifica que no hay certeza para asignar valores de parámetros en HMS, donde se puede asignar cualquier valor al parámetro para obtener un buen modelo calibrado. Incluso un conjunto de valores que no tenga ninguna relevancia física puede resultar en un buen modelo calibrado. Esto podría ser posible en el modelo de la cuenca del río Kankai y Kävlinge. Además La simulación del modelado de escorrentía pluvial para ambas cuencas se realizó con base en datos históricos de series de tiempo y se calibraron y validaron con el caudal observado en este proyecto. Sin embargo, la simulación de la escorrentía pluvial para el escenario futuro no estaba en el alcance de este proyecto y no se ha realizado.

Cerri (2017), in your research this objective is to calibrate the extent of the flooding of the hydraulic model with a water mask detected by optical satellite. Likewise, identify a possible underestimation / overestimation of the SAR satellite water mask, evaluate the support of the hydraulic model to emergency management. The use of the two different water masks, optical and SAR, is motivated by the availability of these two data and by the specific desire to evaluate the extent of flooding detected by SAR in the presence of vegetation. Los principales resultados de este estudio es la detección de inundaciones y el método aplicado para combinar la discretización continua dada por la confiabilidad del modelado hidráulico y la vista general del agua derivada de la teledetección. En este estudio, solo hubo una remota máscara de agua detectada para la calibración del modelo hidráulico y una segunda máscara para la validación del modelo en términos de extensión de la inundación. Esta es la limitación de este estudio. Comparaciones distribuidas heterogéneas y adicionales

a lo largo del tiempo proporcionaría una evaluación completa del rendimiento de la hidráulica del modelo y la eficacia de las máscaras de detección remota en la calibración del modelo. Con un modelo robusto calibrado y validado, también sería posible utilizar la simulación como fuente de información para la interpretación de la imagen de satélite siendo más precisa.

Leoul (2015), Its research objective is to determine the Kesem dam gap outflow estimate and prepare a flood map for use in flood mitigation, the main results were For correct management of floods by analysis of dam failure and its consequences, Empirical Models and Formulas are the most used and can give more similar results compared to historical failures. The HEC-RAS river hydraulics model has been used to calculate the propagation of flood waves resulting from a dam failure scenario in different countries of the world. In general, it is suitable for calculating the surface of water of unstable flow, the present study calculates the rupture parameters using empirical equations and performs both the outflow hydrograph calculation and the flood routing in HEC-RAS. When comparing the exit and breakout peak parameters, it can be concluded that they are more or less similar except for the fact that it is carried out with different methodology. Los principales resultados fueron Para la correcta gestión de inundaciones mediante el análisis de fallas de presas y sus consecuencias, los Modelos y Fórmulas Empíricas son los más utilizados y pueden dar resultados más similares en comparación con las fallas históricas. El modelo de hidráulica fluvial HEC-RAS se ha utilizado para calcular la propagación de las olas de crecida resultante de un escenario de falla de presa en diferentes países del mundo. En general, es adecuado para calcular la superficie de agua de flujo inestable, el presente estudio calcula los parámetros de ruptura utilizando ecuaciones empíricas y realiza tanto el cálculo del hidrograma de flujo de salida como el enrutamiento de inundación en HEC-RAS. Al comparar los parámetros de pico de salida y de ruptura, se puede concluir que son más o menos similares excepto por el hecho de que se lleva a cabo con una metodología diferente.

Ogras and Onen(2020in your research objective you determine that the results approximate when you apply the COH method to the experimental data to calculate the water profile and the flow ratio. He also used the Energy Method, the Momentum

Method, the Yarnell Method, the WSPRO Method, the RH Method and the USBPR Methods for the analysis of one-dimensional flow around the bridge structure in order to determine its reliability. The instruments used were bibliographic research, data collection sheets and use of the HEC-RAS program. The main results consisted in determining the observations and measurements of the existing structures, which were defined in the HEC-RAS program. In the calculations and the surface profiles of the water formed in recurrent flows of 25, 50, 100 and 500 years were determined. Los principales resultados fueron: Los análisis hidráulicos del estudio se llevaron a cabo utilizando la versión 4.1 del programa del paquete HEC-RAS. * Los datos obtenidos como resultado de las observaciones y las medidas de las estructuras de arte existentes (puentes) fueron definidos en el programa HEC-RAS. *En, se determinaron los cálculos y los perfiles superficiales del agua formados en caudales recurrentes de 25, 50, 100 y 500 años.

Helmi (2019), in their research article Its research objective Analyze the causes of hydrological disasters that occurred in the sub-basin with climatological and biophysical foundations. This research, hydrological disaster mitigation efforts was obtained, and the risks of flood damage can be minimized, the instruments used were bibliographic investigations, data collection sheets and laboratory investigations. The results were to reduce the level of the flood water by improving the flow of the river and the normalization of the channels. This method will improve the capacity of the excess water reservoir and reduce the chances of the water overflowing around the river. The dam maintains surface flow reserves during removal at manageable levels. reduction of sedimentation in the dam and sedimentation of the river, dam controls (control dam) have been carried out in upper reaches of the river and areas susceptible to erosion.

El fondo del río se profundiza, mientras que el terraplén del río a ambos lados se ensancha, Este método mejorará la capacidad del depósito de agua en exceso y reducirá las posibilidades de que el agua se desborde alrededor del río. La presa puede entonces mantener las reservas de flujo superficial mientras las elimina a niveles manejables. Para reducir la sedimentación en la presa y la sedimentación del río, se realizan controles de presa (represa de control) en los tramos superiores del río y áreas susceptibles de erosión.

Martinez (2021); in their research its research objective of this work was provided an overview of structural and non-structural mitigation measures for floods.. Through this research, The combination of structural and non-structural measures is explained, being significantly the strengthening of flexibility in communities in the face of the reality of climate change. Nonstructural measures use knowledge, preparedness to reduce the risk of floods. the instruments used were elements of structural and non-structural measures. The main results of this research present the use of amphibious housing in areas prone to flooding, where I combine stable, porous and permeable pavement in parking lots, pedestrian paths, bicycle lanes and permeable roads, a solution is the implementation of more recent resources and available from scientific research to alleviate the problem of floods. It was concluded that by using measures capable of reducing the impacts of floods, they are effective strategies for adapting to climate change in urban development, thereby improving the management of rainwater in our cities, focusing on retaining, slowing down, discharging and infiltrate the rains. in combination with permeable surfaces.

Como resultado de la investigación, el uso actual de viviendas anfibias en áreas propensas a inundaciones, en combinación con PPS, que se puede utilizar como pavimento estable, poroso y permeable en aparcamientos, vías peatonales, ciclovías y caminos permeables, es una solución que toma la implementación de los recursos disponibles y más recientes de las investigaciones científicas para aliviar el problema de las inundaciones.

A continuación, se especificarán todas las teorías relacionas al tema de investigación, que se definirán las variables con un enfoque conceptuales hacia sus respectivas dimensiones, en este aspecto son: Máximas avenidas, parámetros meteorológicos, parámetros hidráulicos, alternativas de mitigación, medidas de mitigación, precipitación, caudales máximos, mapa de inundaciones

Máximas Avenidas, es la cantidad de agua superficial que supera su capacidad de traslación provocando inundaciones.⁴ Además, se sabe que las condiciones de un caudal drena la cuenca, permitiendo conocer su valor más alto, este volumen que

⁴ (UNDRR, 2019)

es extraído sirve para retribuir los requerimientos.⁵ Para realizar los análisis se necesita entender el nivel de confianza, la máxima magnitud de descarga en un punto del cauce; esta información es donde los profesionales de ingeniería lo utilizan para realizar un adecuado diseño de estructuras hidráulicas. Si uno estima un caudal de diseño menor a la magnitud esto originaría un colapso a la estructura, si la selección del caudal de diseño es mayor a esta magnitud, indicaría un sobre dimensionamiento de la misma. La elección de un caudal de diseño, evita fallas por defecto y derroche económico innecesario por sobre dimensionamiento. Si este periodo es anual, las descargas máximas constituyen una serie anual.⁶

Parámetros Meteorológicos, es la información meteorológica que son establecidas en normas internacionales.⁷ Estos parámetros son registrados periódicamente como la temperatura promedio, máxima y mínima, precipitación diaria, insolación y Otros. La variable de precipitación máxima es el dato más relevante.⁸ También podemos decir que de acuerdo al registro que se realiza se analiza estas variables en donde podemos evaluar la variabilidad del clima.⁹

Parámetros hidrológicos, permiten estudiar la distribución espacial, temporal, y las propiedades del agua que se encuentra en la corteza terrestre y en la atmósfera, la hidrología se ocupa del estudio del agua que está en la naturaleza y en los procesos que se da.¹⁰ Así mismo analiza la circulación, la ocurrencia y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades tanto químicas como físicas y su relación del medio ambiente, incorporando a los seres vivos.¹¹ También ocupa el estudio del ciclo hidrológico.¹²

Caracterización Hidrográfica, los factores de forma contemplados para la investigación son:

⁵ (SANDOVAL Erazo, y otros, 2014)

⁶ (MOLINA, 1975 pág. 201)

⁷ (OMM, 2018)

⁸ (TREWARTHA, 1995)

⁹ (CORREA et al, 2020)

¹⁰ (CAMPOS Cedeño, 2016 pág. 164)

¹¹ (VILLÓN, 2002 pág. 15)

¹² (Chereque Morán, 1989 pág. 1)

Área de la cuenca (A), es la superficie del área que se proyecta en un plano horizontal, siendo de forma muy irregular el cual se obtiene después de definir la cuenca.¹³ El área cerrada que comprende el límite o divisoria de agua permite calcular otras características físicas y se determina normalmente con planímetro el cual se expresa en kilómetros o hectáreas siendo importante indicar que cuencas con igual área no necesariamente son iguales en su comportamiento hidrológico.¹⁴

Ancho promedio de la Cuenca (Ap), es el nexo del área de la cuenca y la longitud del cauce principal, ver ecuación 1.

$$AP=A/L \dots\dots\dots \text{Ecuación 1}$$

Dónde: AP = Ancho, A = área (km²) y L = Longitud del cauce (Km).

Coefficiente de compacidad (Kc), es el nexo del perímetro de la cuenca y el equivalente de una circunferencia, considerando que son de la misma área de la cuenca.¹⁵ Kc es adimensional variando con la forma de la cuenca, sin considerar el tamaño; Si la cuenca es irregular, mayor es el coeficiente de compacidad. Si Kc es mínimo o igual a la unidad correspondiendo a una cuenca circular.¹⁶

$$Kc = 0.28 \left(\frac{P}{\sqrt{A}} \right) \dots\dots\dots \text{Ecuación 2}$$

Dónde: P=perímetro (Km) y A=área (km²).

Cuando el Kc = 1: cuenca circular, las crecientes son Mayers y Kc = 2: cuenca alargada, las crecientes son menores.

Curva Hipsométrica, se define como la curva que está en coordenadas rectangulares, donde relaciona la superficie y de la cuenca en una determinada altitud.¹⁷ También representa gráficamente el relieve medio de una cuenca. Además estudia la variación de la elevación en distintas superficies de la cuenca con referencia a nivel del mar. Variando el medio de un gráfico que muestra área de drenaje en porcentaje que está encima o debajo de las diversas cotas.¹⁸

¹³ (VILLÓN, 2002 pág. 25)

¹⁴ (APARICIO, 1996)

¹⁵ (VILLÓN, 2002)

¹⁶ (MEJIA Marcacuzco, 2001 pág. 47)

¹⁷ (VILLÓN, 2002 pág. 34)

¹⁸ (MEJIA Marcacuzco, 2001 pág. 50)

Pendiente media de la Cuenca, relaciona la complejidad de la infiltración, humedad del suelo, escorrentía superficial, y la contribución del agua subterránea a la escorrentía. Es el factor que controla la concentración de la lluvia, y el periodo de escurrimiento, teniendo relación directa con la magnitud de las crecidas.¹⁹

Para calcular dicho parámetro se utiliza la siguiente formula:

$$Sm = \frac{H}{Lm} \dots\dots\dots \text{Ecuación 3}$$

Dónde: Sm=Pendiente media, H=Desnivel total (Km) y Lm=Lado mayor del rectángulo equivalente (Km).

Alternativas de mitigación, es la intromisión humana orientada a disminuir las potencialidades de peligro ocasionado por un desastre natural.²⁰ Conducir las amenazas naturales, depende mucho de la planificación y evaluación de los lugares donde se presenten desastres.²¹ En temas hídricos estas alternativas permiten elaborar acciones de protección y conservación de recursos.²² Lo que significa evaluar beneficios y riesgos para reducir y estudiar los efectos sociales y ambientales, se debe estudiar el peligro, la exposición y vulnerabilidad de cada zona.²³

Vulnerabilidad, se refiere a la predisposición de ser afectado negativamente, lo cual puede indicarse que un elemento o grupo de elementos se encuentran bajo riesgos, por los efectos de ocurrencia de un evento de cierta magnitud e intensidad, los elementos fundamentales de vulnerabilidad son exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa.²⁴

Inundaciones, son daños de las corrientes naturales, que surge por el escurrimiento de la lluvia en grandes cantidades alojándose en los cauces de las corrientes.²⁵ Indica que el origen comun de una inundación es la creciente de corrientes anormales y de magnitud altas que vienen de tormentas severas.²⁶ El área de

¹⁹ (VILLÓN, 2002 pág. 49)

²⁰ (IPCC, 2014)

²¹ (CENEPRED, 2019)

²² (CEPAL, 2013)

²³ (BANCO mundial, 2017)

²⁴ CENTRO Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza (CATIE, 2017)

²⁵ (Martin, 2003 pág. 210)

²⁶ (CHOW, y otros, 1994)

inundación es el ancho de valles estrechos o áreas amplias que se localizan a lo largo de ríos de valles amplios y planos. Es la presencia de dos cauces, en áreas de inundaciones, debido a los movimientos laterales que actuado por el río en un cierto tiempo.²⁷

Medidas de Mitigación, sirven para disminuir la vulnerabilidad originado por una amenaza natural.²⁸ Son medidas de control frente a inundaciones originadas en zonas ribereñas, estas medidas se pueden indicar por la combinación de medidas estructurales y medidas no estructurales.²⁹

Según las medidas estructurales comprende reservorios y represas, ampliando canales de ríos, cauces de alivio, obras de drenaje con mantenimiento de los mismos, evitando su obstrucción. Las medidas no estructurales insertan el uso de los terrenos aluviales mediante zonificación, recojo y reusó de aguas pluviales, mantenimientos de colectores subterráneos entre otros.³⁰

Simulación Numérica, es la simulación de un sistema (hidrológico o hidráulico) por un método matemático reproduciendo un sistema natural. Las aplicaciones principalmente permiten hallar el drenaje urbano, planicies de inundación, embalses, pronósticos y crecidas.³¹ Consiste en simular el escurrimiento superficial como consecuencia de la precipitación en la cuenca, este representa como método de componentes hidrológicos e hidráulicos. Estos componentes modelan el procedimiento lluvia-escurrimiento de una parte de la cuenca, denominándose subcuenca. La representación de un componente necesita parámetros, que especifican características muy particulares del componente y relaciones matemáticas que se describe en el proceso físico. Teniendo como resultado final hidrogramas de escurrimientos en cada punto que se especifican a lo largo y ancho de la cuenca.³² Los modelos hidráulicos necesitan de variables de entrada caudales de Diseño en distintos períodos de retorno, levantamientos topográficos

²⁷ (ROCHA, 1990)

²⁸ (EIRD/ONU - UNICEF, 2003)

²⁹ (MORELLI, 2007)

³⁰ (MORELLI, 2007)

³¹ (LINSLEY, 1988, pág. 386)

³² (Ibañez, y otros, 2004)

de secciones transversales del cauce, tipo y usos del suelo en la cuenca. Donde se puede obtener varias aplicaciones, como delimitación de áreas inundables, control de avenidas, protección de obras, entre otras.

Modelación hidrológica, son herramientas para estudio de avenidas que se extienden en todo el mundo, especialmente en países desarrollados. El empleo de estos modelos apoya en la prevención de inundaciones ofreciendo confianza para la toma de decisiones para la regulación de territorio en torno a ríos o para la exigencia de diseño de obras e infraestructura que puedan soportar situaciones de emergencia.³³ Los modelos hidrológicos es una representación de un sistema real complejo que está dado bajo la representación física o matemática, un modelo hidrológico generalmente representa la cuenca hidrográfica y las componentes del ciclo hidrológico. Este software es gratuito y de uso a nivel internacional en temas de avenidas, proporcionando varias opciones para la simulación de diferentes técnicas de precipitación - escurrimiento y tránsito de caudales.³⁴

Precipitación, es la definición de toda la estructura de humedad ocasionada por las nubes llegando a la superficie del suelo; de la definición anterior podemos decir que la precipitación puede tomar la forma de lluvias, granizadas, etc.³⁵ La precipitación necesita de la elevación de masa de agua que se suscita en la atmósfera de tal manera esta se enfría y su humedad se condensa.³⁶ La precipitación se presenta en lluvias, lloviznas, nieve y granizo, la intensidad de esta depende del carácter de la precipitación pudiendo ser chubasco, intermitente y continúa.³⁷

Periodo de Retorno, se refiere al momento de dimensionar una obra hidráulica destinada a soportar las máximas avenidas. Se conceptualiza como la variación de recurrencia al periodo promedio en años entre la ocurrencia de una avenida igual o

³³ (DUEÑAS, 1997)

³⁴ (FELDMAN, 2000 pág. 155)

³⁵ (VILLÓN, 2002 pág. 69)

³⁶ (CHOW, y otros, 1994)

³⁷ (OMM, 2018)

mayor de una magnitud dada,³⁸ este intervalo de recurrencia τ es el tiempo entre ocurrencias de $X \geq X_t$.³⁹

Numero de Curva, es adimensional, donde $0 \leq CN \leq 100$. Si $CN = 100$ se define este valor para áreas impermeables y superficies de agua, si $CN < 100$. CN se aplica en condiciones con precedentes de humedad normales (AMC II), secas (AMC I) o húmedas (AMC III), los números de curva se calcula en la ecuación 4 y 5:⁴⁰

$$CN(I) = \frac{4.2 CN(II)}{10 - 0.058 CN(II)} \dots\dots\dots \text{Ecuación 4}$$

$$CN(III) = \frac{23 CN(II)}{10 + 0.13 CN(II)} \dots\dots\dots \text{Ecuación 5}$$

Los CN se han tabulado por Soil Conservation Service con base en el tipo de suelo. Esto se define en cuatro grupos⁴¹: grupo A, los suelos son de bajo potencial de escurrimiento, presentando una alta tasa de transmisión de agua; grupo B, los suelos tienen tasas de infiltración moderadas en el tiempo que están mojados completamente, presentando una tasa moderada de transmisión de agua; grupo C, los suelos presentan tasas de infiltración lentas, mojándose fuertemente y consistentes, presentando una tasa baja transmisión de agua, grupo D, los suelos presentan alto potencial de monofusión cuando está mojado completamente, presentando una tasa muy baja de transmisión de agua.

Curvas Intensidad, duración, frecuencia (IDF), es el elemento de diseño que vincula la intensidad de la lluvia, la duración y la frecuencia con la que se presenta, lo cual significa es la probabilidad de ocurrencia o el periodo de retorno.⁴² Las IDF se han calculado mediante la ecuación 6:

$$I = \frac{K * T^m}{t^n} \dots\dots\dots \text{Ecuación 6}$$

³⁸ (CHOW, y otros, 1994 pág. 583)

³⁹ (CHOW, y otros, 1994)

⁴⁰ (MTC, 2008, Pag 38)

⁴¹ (LAVAO Pastrana, y otros, 2014)

⁴² (MTC, 2008, Pag. 27)

Las curvas IDF se representan matemáticamente en la ecuación 7.

$$I = \frac{10^{2.54} * T^{0.17}}{t^{0.75}} \dots\dots\dots \text{Ecuación 7}$$

Donde I es la intensidad máxima dado en mm/h, los valores de K, m, n son los factores característicos en el área de estudio, T es el periodo de retorno dado en años y t es la duración de la precipitación que equivale al tiempo de concentración dado en minutos.

Escorrentía, se refiere al agua que recorre por la superficie terrestre y se consolida en los ríos, un punto eminente de la escorrentía se genera por un evento lluvioso, en todas las áreas forestales, siendo el flujo subsuperficial, la escorrentía se conceptualiza como el agua precipitada que recorre por encima o bajo la superficie terrestre llegando a una corriente y por último es drenado hacia la salida de la cuenca.⁴³ La medición de Escurrimientos, analiza el escurrimiento y se le conoce con otro término denominado “aforo”. Aforar una corriente, determina el caudal que atraviesa por una sección dada en un determinado tiempo.⁴⁴

Estadística en hidrología, el diseño y la planeación se relacionan con eventos futuros, donde la avenida de diseño es un evento que probablemente no se ha presentado.⁴⁵ Los modelos de distribución, la distribución de probabilidad de una variable aleatoria con su ajuste, la distribución en datos hidrológicos, mantiene una información probabilística en la muestra resumiéndolo de forma compacta en la función y en sus parámetros que se asocian.⁴⁶

El análisis de frecuencias estima precipitaciones, intensidades o caudales máximos, para periodos de retorno diferentes, donde se aplica en modelos probabilísticos, pudiendo ser continuos o discretos; existen diversas funciones de distribución de probabilidad teóricas; por lo que se recomienda utilizar lo siguiente:⁴⁷

⁴³ (APARICIO, 1996)

⁴⁴ (VILLÓN, 2002)

⁴⁵ (APARICIO, 1996) pág. 239

⁴⁶ (CHOW, y otros, 1994)

⁴⁷ (MTC, 2008)

Distribución Normal, es la función de densidad de probabilidad, donde su curva tiene la forma de campana⁴⁸, está definida como:

$$f(x) = \frac{1 * e^{\frac{-1}{2} \left(\frac{x - \bar{X}}{S_x} \right)^2}}{S_x \sqrt{2\pi}} \dots\dots\dots \text{Ecuación 8}$$

Donde:

- (x)=Función densidad Normal
- x=Variable independiente
- e=Base de logaritmo neperiano
- σ_x o S_x =Parámetro de escala
- μ o \bar{x} =Parámetro de localización

Distribución Log Normal, son positivas y asimétricas; el cual se aplica una transformación logarítmica a la variable ($y = \ln x$) y se sustituye obteniendo una distribución Log-Normal que se limita en un rango $x > 0$, tendiendo a reducir la asimetría positiva⁴⁹. La función de densidad de probabilidad es:

Para $0 < x < \infty$

$$f(x) = \frac{1}{x \sqrt{2\pi\sigma_y}} * e^{\frac{-1}{2} \left(\frac{y - \mu_y}{\sigma_y} \right)^2} \dots\dots\dots \text{Ecuación 9}$$

Donde:

- (x)=Función densidad LN
- x=Variable independiente
- μ_y o \bar{y} =Media aritmética
- σ_y o S_y =Desviación estándar
- $y = \ln x$
- e=Base de logaritmo neperiano

Distribución Pearson tipo III o distribución Gamma 3 parámetros

Se transforman en γ , β , α de la distribución de probabilidad utilizando método de momentos; donde la variable aleatoria x, posee una distribución Pearson tipo III, donde su función de densidad de probabilidad es:

⁴⁸ (CAHUANA, y otros, 2009, Pág. 248)

⁴⁹ (CAHUANA, y otros, 2009, Pág. 248)

$$f(x) = \frac{(x-x_0)^{\gamma-1} * e^{-\frac{(x-x_0)}{\beta}}}{\beta^{\gamma} \Gamma(\gamma)} \dots\dots\dots \text{Ecuación 10}$$

Para $x_0 < x < \infty$ $-\infty \leq x_0 \leq \infty$ $0 \leq \beta \leq \infty$ $0 \leq \gamma \leq \infty$

Donde:

- $f(x)$ =Función densidad
- $F(x)$ =Función de distribución acumulada
- x =Variable aleatoria
- x_0 =Parámetro de posición
- β =Parámetro de escala
- γ =Parámetro de forma
- $\Gamma(\gamma)$ =Función Gamma completa
- e =Base de logaritmo neperiano

Se recomienda usar el factor de frecuencia (k) estas se expresa:

$$x = \bar{x} + k * \sigma_x \dots\dots\dots \text{Ecuación 11}$$

Donde:

- x = Variable analizada, con una probabilidad dada
- \bar{x} = Media de la serie de datos
- k = Factor de frecuencia definido para cada distribución
- σ_x = Desviación estándar de la serie de datos.

En el caso de la distribución Pearson tipo III, se deberá calcular:

Media:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \dots\dots\dots \text{Ecuación 12}$$

Desviación estándar:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots \text{Ecuación 13}$$

Coficiente de asimetría:

$$C_s = \frac{n \sum (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)\sigma_x^3} \dots\dots\dots \text{Ecuación 14}$$

Distribución Log Pearson tipo III, ajusta una curva a cierta información. El cual es muy asimétrica de forma positiva. En la distribución Log-Pearson tipo III, su función de densidad de probabilidad se define como:

Para $x_0 \leq x \leq \infty$ $-\infty \leq x_0 \leq \infty$ $0 \leq \beta \leq \infty$ $0 \leq \gamma \leq \infty$

$$f(x) = \frac{(\ln x - x_0)^{\gamma-1} * e^{-\frac{(\ln x - x_0)}{\beta}}}{x \beta \gamma \Gamma(\gamma)} \dots \text{Ecuación 15}$$

Donde:

- (x) = Función densidad
- $y = \ln x$
- x_0 = Parámetro de posición
- β = Parámetro de escala
- γ = Parámetro de forma
- $\Gamma(\gamma)$ = Función Gamma completa
- e = Base de logaritmo neperiano

Distribución Gumbel o de valores extremos tipo I, los valores medios se ajustan en la distribución simétrica de Gauss, pero los no se ajustan a la distribución Normal, sino a una distribución asimétrica que podría ser Gumbel u otros.

Gumbel es una que se utiliza en estudios de valores extremos, donde presenta una campana asimétrica y su variable aleatoria x distribuyéndose a lo largo del rango $-\infty < x < \infty$. La función de densidad de probabilidad es:

Para $-\infty < x < \infty$

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} * e^{-\frac{x-\mu}{\alpha}} * e^{-\frac{x-\mu}{\alpha}} \dots \text{Ecuación 16}$$

Donde:

- (x) = Función densidad Gumbel
- x = Variable independiente
- α = Parámetro de escala
- μ = Parámetro de posición
- e = Base de logaritmo neperiano

Pruebas de bondad de Ajuste, consiste en la comprobación gráfica y estadística, donde los datos analizados se ajustan a una función probabilística teórica. La prueba de bondad de ajuste que más se usa en hidrología es Kolmogorov-Smirnov. Prueba Kolmogorov-Smirnov, estima la desviación máxima o delta máximo que se da por medio de la frecuencia observada acumulada (x_m) y frecuencia teórica acumulada (x_m); se expresa por la ecuación 17:

$$D = \text{máx } |(xm) - F(xm)| \dots\dots \text{Ecuación 17}$$

Tiene como procedimiento, calcular la frecuencia observada acumulada, existe varios métodos; donde se recomienda es el de Weibull:

$$(xm) = 1 - (m/n + 1) \dots\dots\dots \text{Ecuación 18}$$

Dónde:

m = Número de orden de dato

n = Número total de datos

Calcular la frecuencia teórica acumulada (xm), es una función de la probabilidad acumuladas. Calcular el máximo valor de la diferencia. Calcula el valor crítico (d o $\Delta\alpha$), que está en función del número de datos y del nivel de significancia (más usado $\alpha=0.05$, $\alpha=0.01$), los valores de "d". Compara la desviación máxima, con el valor crítico (d), según el siguiente criterio. Si Δ teórico $< \Delta\alpha$, el ajuste o hipótesis nula se acepta; caso contrario, se rechaza y se selecciona otra distribución como Log-Normal, Pearson tipo III, entre otras.

Hietograma de Diseño, a veces no es suficiente la información de la precipitación máxima para un periodo de 5 horas más lluviosas el cual significa 100mm, por lo que necesitamos conocer la evolución de esos 100mm a lo largo de esas 5 horas.⁵⁰

La precipitación y los hietogramas de diseño son empleadas en las tablas del Soil Conservation del U.S Department of Agriculture elaboradas en 1986.⁵¹

Según el análisis estadístico se encuentra una relación entre la duración de la tormenta y el cuartil donde sucede la mayor parte de la precipitación, según esta relación nos permite establecer una clasificación de tormentas en cuatro tipos de distribuciones.⁵² Estas son de tipo I y tipo II el tiempo de duración es menor de 12 horas, el de tipo III se encuentra su tiempo de duración de 12hrs y 24 hrs y el de tipo IV su tiempo de duración es mayor de 24 horas.⁵³

Tiempo de Concentración T_c , es el tiempo en que demora el flujo superficial que contribuye al caudal de salida, refiriéndose al punto más aislado hasta la

⁵⁰ (MTC, 2008 pág. 222)

⁵¹ (Helms, 1991)

⁵² (MAYS, 2001)

⁵³ (MAYS, 2001)

desembocadura de la cuenca⁵⁴, también es el tiempo que demora la lluvia en caer en el punto más distante de la corriente de agua de una cuenca para llegar a una sección determinada de dicha corriente,⁵⁵ también podemos indicar que el Tc depende de la forma de la cuenca.⁵⁶ El Tc de una cuenca es útil para los modelos lluvia-escorrentía, por el tiempo de duración de la lluvia que es asumida igual al tiempo de concentración de la cuenca, ya que la duración total aporta al proceso de la escorrentía, esperándose la presencia de los caudales máximos.

Se puede definir por la Fórmula de Kirpich y Temes

Formula de Kirpich

$$T_c = 0.0663 \left(\frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.77} \dots\dots\dots \text{Ecuación 19}$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración (hr)

L: Longitud del cauce de la cuenca (km)

S: Pendiente del cauce (m/m)

Formula de Temes

$$T_c = 0.3 \left(\frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.77} \dots\dots\dots \text{Ecuación 20}$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración (hr)

L: Longitud del cauce de la cuenca (km)

S: Pendiente (m/m)

Caudales Máximos, están asociados a ciertos periodos de retorno de diseño, para la determinación de valores extremos generalmente se presenta en los siguientes escenarios: para un caso de un río con registros de Qmax y caso de un río sin información de Qmax, para el primer caso generalmente se usa las distribuciones probabilísticas más comunes, empleando la distribución de mejor ajuste de acuerdo a los resultados obtenidos a partir de pruebas como Chi-Cuadrado o Kolmogorov-

⁵⁴ (CHOW et al, 1994)

⁵⁵ (MONSALVE, 1999)

⁵⁶ (LÓPEZ Cadenas de Llano, y otros, 1987 pág. 222)

Smirnov.⁵⁷ Están relacionados con un determinado período de retorno en años (T), según la fórmula empírica que involucra este factor⁵⁸.

$$Q_{max}(T) = \alpha \bar{P} A^f F(T) \dots\dots \text{Ecuación 21}$$

En segundo lugar el exponente f del área es variable, de acuerdo con su tamaño. Para cuencas pequeñas, demuestra que el exponente f es igual a 1 y, para grandes cuencas, igual a 0,5, aunque variando entre 0,4 y 0,7.⁵⁹ En la investigación se calcula los caudales máximos con el software HecHMS.

Modelación Hidrológica con HEC-HMS, es un modelo lluvia-escorrentía, simula el hidrograma de escorrentía que es producido en un determinado punto de red fluvial originado para un periodo de lluvia, este software es flexible el cual permite seleccionar diferentes métodos para calcular las pérdidas, hidrogramas y flujo base en cauces. Además realiza simulación en procesos hidrológicos de eventos de manera continua. Simulando el comportamiento de un sistema hídrico en un evento de precipitación. Cuando son simulaciones continuas pueden comprender un período de tiempo con diversos de estos eventos, este software permite el perfecto acoplamiento con los SIG, integrando resultados de la modelación hidrológica y las características físicas geográficas de las cuencas en un sistema de prevención hidrológica posibilitando la predicción de inundaciones para luego hacer la toma de decisiones.

Mapas de Inundación, según los daños que ocasionan las inundaciones, los países han desarrollo estrategias y metodologías construyendo mapas de riesgo para inundaciones.⁶⁰ Estos mapas indican la relación de los impactos potenciales que producen en personas, bienes y actividades económicas.⁶¹ Se puede decir que hay distintos mapas de inundación, estos son mapa de Susceptibilidad, de Evento, de Amenaza, de Zonificación, de Amenaza, de Vulnerabilidad, de riesgo, de Emergencia.⁶²

⁵⁷ (GARCIA naranjo, 2011)
⁵⁸ (SANDOVAL Erazo, y otros, 2014)
⁵⁹ (Voscresiensky, 1956)
⁶⁰ (CERVANTES et al, 2012)
⁶¹ (CEPAL, 2013)
⁶² (CENEPRED, 2019)

En nuestra investigación se ha utilizado el software HecRAS para determinar la el mapa de inundación, ya que se puede indicar como una medida de mitigación no estructural.

Modelación Hidráulico con HEC-RAS, el Hydrologic Engineering Center - River Analysis System, es unidimensional permitiendo realizar el análisis hidráulico del flujo de agua en lámina libre. Además facilita exportación e importación de la geometría que el modelo requiere, generalmente la aplicabilidad se da para representar niveles de flujo y la variabilidad para distintos tipos de caudales, esfuerzo cortante y número de Froude dando una idea de cómo es el comportamiento del cauce.⁶³

⁶³ (MÚNERA, 2013)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación de acuerdo al fin es aplicado, porque se plantea aplicar medidas de mitigación no estructural a las posibles consecuencias de un desbordamiento del Rio Crucero del Sector Cangalli del Distrito de Asillo - Azángaro – Puno, donde el caudal de diseño está relacionado directamente con el periodo del retorno que fue asignado, el que a su vez depende de la importancia de la obra y de la vida útil de esta.⁶⁴ Por lo tanto, es aplicado dado que se efectuará a medida de procedimientos a través de la recolección de datos, procesamiento de la información y resultados para la comprobación de la hipótesis por informaciones internacionales y nacionales basado a esta problemática.

El tipo de investigación de acuerdo al nivel es explicativo, porque básicamente las variables son utilizadas para estudiar el por qué las máximas avenidas son importantes ya combina de diferentes herramientas: SIG, modelos hidrológicos, hojas de cálculo y bases de datos. Las investigaciones explicativas, están encaminados por la necesidad de argumentar por las causas anormales físicos o sociales y de los eventos, estos estudios van de un lado a otro con la explicación de definiciones o fenómenos o de relaciones que están establecidos con los conceptos, así mismo explicar fundamentalmente la necesidad del porque ocurre un fenómeno.⁶⁵ De tal modo, la presente tesis es de nivel explicativo, determina la conducta del caudal que se obtenga o se produce en el sector del rio Crucero identificando los caudales máximos, luego determinar las áreas inundables para periodo de retorno de 10, 25, 50, y 100 años y de esa manera encuentra cuáles son los riesgos que podemos enfrentar.

El Diseño de investigación es correlacional, teniendo como propósito determinar los caudales de crecidas que se determinaran con el estudio hidrológico del rio Crucero pudiendo explica cuan vulnerable es la zona de estudio.

El hito experimento por lo usual, se describe a ejecutar una actividad en el campo y luego analizar la problemática que es la consecuencia, ante una mala acción que nosotros podemos observar el efecto que se ha generado, debido a que nosotros

⁶⁴ (VILLÓN, 2002)

⁶⁵ (HERNÁNDEZ Sampieri, y otros, 2014)

experimentamos para incorporar sustancias químicas y no vemos la hipótesis no se haya obtenido.⁶⁶ Esta investigación es experimental, porque hay concordancia en medio de mis dos variables que son causa y efecto, debido a esto, la variable independiente exige la manipulación deliberada para medir su efecto en la variable independiente.

El diseño de investigación es cuasi experimental, tiene como propósito manipular el modelo HEC-HMS que se utilizó para realizar el análisis hidrológico y poder determinar hidrogramas de crecientes y sus respectivos caudales pico para los diferentes períodos de retorno. También se manipulo el modelo HEC-RAS el cual se utilizó para el análisis hidráulico, para esto se utilizaron secciones transversales derivadas del levantamiento topográfico, de las simulaciones se obtuvieron para cada sección y para cada caudal de diseño, parámetros hidráulicos para diferentes caudales en distintos periodo de retorno y determinar zonas de inundación. En los diseños cuasiexperimentales, solo se dilatan de los experimentos puros en el nivel de confianza que pueda sostener sobre la igualdad original de estos, debido que este diseño también se dirige deliberadamente, aunque sea, una variable independiente estudiar su consecuencia hacia uno o más variables dependientes.⁶⁷ Esta investigación es cuasiexperimental, porque justifica la existencia que haya concordancia, en medio de, mis dos variables que corresponden a causa y efecto debido a esto, la variable independiente exige la manipulación deliberada para medir su efecto en la variable dependiente.

El enfoque de la investigación es cuantitativo, por lo cual, se profetiza la hipótesis y se comprueba a través del experimento que se va a ejecutar entre mi variable independiente y la dependiente, es por ello que se observará si guardan relación entre ellos. Lo que simboliza a un enfoque cuantitativo, es el conjunto en procedimiento de desarrollo y aprobatorio, de modo que no autorizamos en aludir pasos o saltar en cada proceso, teniendo una secuencia de manera estricta para así durante el procedimiento aprobar alguna etapa, es por ello que se deducen propósitos e interrogantes de indagación que parte de una idea puntual, para así

⁶⁶ (HERNÁNDEZ Sampieri, y otros, 2014)

⁶⁷ (HERNÁNDEZ Sampieri, y otros, 2014)

poder reconstruir una perspectiva teórica secuencialmente.⁶⁸ Así que, esta investigación presente se confirma que se muestra que tanto las dos variables de los Eventos de Máximas Avenidas y las Medidas de Mitigación que finalmente tienen un enfoque cuantitativo el río Crucero en el sector Cangalli del distrito de Asillo, Azángaro, Puno.

3.2. Variables y operacionalización

La operacionalización, es la secuencia de una variable teórica, de tal modo se sustenta en la definición conceptual y operacional de las variables e indicadores empíricos verificables y medibles o semejantes que se le denomina operacionalización.⁶⁹

En esta investigación se toma en consideración de dos variables, correspondientes en la definición conceptual, operacional, dimensiones, indicadores e instrumentos/parámetros y escala de medición, lo cual se muestra en el anexo 01.

La variable, se suelen nombrar constructor o construcciones hipotéticas, por medio que alcanzan precio para la indagación científica cuando presenta a vincular con diferentes variables, así también se organiza lugar de una teoría o una hipótesis. Este es un dominio que puede variar y cuya variación es apto a observarse o medirse.⁷⁰

Se enuncia las variables estudiadas señalando la categoría de cada una, siendo la variable independiente Eventos de Máximas Avenidas de carácter cuantitativo y variable dependiente Medidas de Mitigación de carácter cuantitativo.

⁶⁸ (HERNANDEZ y otros, 2014)

⁶⁹ (HERNANDEZ y otros, 2014 pag.4)

⁷⁰ (HERNANDEZ y otros, 2014 pág. 105)

3.3. Población, muestra y muestreo

La población, es la totalidad de conjunto de procesos que conforman con los resultados, como se origina a limitar el pueblo que va a ser afectadas y encima; aquel que se aspira difundir las consecuencias.⁷¹ La población es el conglomerado total de individuos que poseen particularidades usuales observables en un lugar y momento establecido. La población es Sector Cangalli del Distrito de Asillo que está ubicado en el departamento de Puno. Se estudiará los caudales máximos que presenta el Rio Crucero. La muestra se debe puntualizar cual será la unidad de medida de muestreo/análisis y cuáles son las propiedades de la población. Esta acotación quiere decir los ejemplos de muestra, con el propósito de poder escoger lo más eficaz para un estudio.⁷²

Asimismo, la muestra que es el tramo del Rio Crucero en el Sector Cangalli localizada en el distrito de Asillo, tiene una extensión de 8966 m o también expresado en 8+966 km.

El muestreo en la investigación, es de tipo por Juicio, ya que el Rio Crucero que se encuentra en el Sector de Cangalli del distrito de Asillo identificándose presencia de inundaciones y también presenta mejores características para su estudio y facilidad.

El muestreo Intencional o por juicio, se maneja en circunstancia en la que el poblamiento es muy inseguro y consecutivamente la muestra es muy diminuta. Este permite escoger casos peculiares de una localidad localizando la muestra solamente a estos acontecimientos.⁷³

La unidad de análisis es la utilidad o muestreo que se basa en “que o quiénes”, afirmando en los integrantes, elementos, acontecimientos o colectividades de aprendizaje, lo cual necesita de la formulación y los seguimientos de la investigación.⁷⁴

La unidad de análisis es este plan de estudio son precipitaciones que se ubican en la subcuenca del rio Crucero.

⁷¹ (HERNANDEZ y otros, 2014 pág. 174)

⁷² (HERNANDEZ y otros, 2014 pág. 175)

⁷³ (OTZEN y otros, 2017 pág. 227 - 232)

⁷⁴ (HERNANDEZ y otros, 2014 pág. 172)

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La observación directa, se especifica por el fenómeno u objeto de estudio por el hecho que el averiguador tiene un contacto directo, lo cual, se evidencia con sus propias vistas el comportamiento del fenómeno, sin obligación que otras personas le reporten, es por ello que el científico que guía y lidera el desarrollo de observación.⁷⁵ En primer lugar, se ejecutó una visita a campo para conocer la área de influencia que tiene dicha investigación, en segundo lugar se analizó las máximas avenidas del Rio Crucero el cual nos permite identificar los errores sistemáticos de la serie de tiempo hidrológica, en tercer lugar se determinó el caudal máximo de diseño con el modelo hidrológico y por ultimo de determino las áreas vulnerables de la zona de estudio y con ello poder fomentar en el desarrollo de la investigación.

El instrumento de recolección de datos, tiene un propósito determinado debido a realizar un plan minucioso de procedimientos que orientan a concentrar datos.⁷⁶

Los instrumentos, que se emplearán en el estudio es el Software HEC-HMS, HEC Geo RAS y la adquisición de datos hidrológicos se realizó el trámite respectivo ante la institución respectiva (SENAMHI) para que dichos datos sean de una fuente enteramente confiable. Así mismo se utilizarán equipos de computadora para el respectivo proceso de datos, estación total para levantamiento topográfico, materiales de apunte y cámara fotográfica.

3.5. Procedimientos

En esta investigación que se está realizando un procedimiento de estudio para obtener resultados deseados por los objetivos e hipótesis de mis respectivas variables que se proyectan hacer para este progreso que se seleccionara para esta investigación de cumplir con la finalidad propuesta de este proyecto. Con respecto al procedimiento de este estudio se tuvo la siguiente sucesión: como primer pasó, analizar las máximas avenidas del Rio Crucero el cual nos permite identificar los errores sistemáticos de la serie de tiempo hidrológica, estos eventos extremos se relacionan con su frecuencia de ocurrencia con una distribución de probabilidades, los métodos estadísticos es apoyado con la existencia de datos de caudales en el

⁷⁵ (ALAN y otros, 2018 pág. 27)

⁷⁶ (HERNANDEZ y otros, 2014 pág. 198)

área de estudio, siendo sometidas a un análisis de frecuencias. Por lo que es necesario realizar varios ajustes de distribuciones teóricas, comparando y concluyendo a que distribución empírica se ajusta mejor. En segundo lugar, determinamos el caudal máximo de diseño con el modelo hidrológico mediante el análisis de distribuciones estadísticas, así como también la geometría existente de nuestro tramo de estudio para los periodos de retorno que evaluaremos que son de 10, 25, 50 y 100 años.

En tercer lugar, se utilizó el Software HEC-HMS para estimar el hidrograma líquido, usando una metodología adecuada, para una tormenta de 24 horas de duración, con un hietograma sintético, para cada tiempo de retorno.

En cuarto lugar, se elaboró mapas de vulnerabilidad de la zona de estudio.

Por último, todos mediante el análisis y modelamiento hidrológico han permitido cuantificar las posibles áreas de inundación.

3.6. Método de análisis de datos

“El método de análisis de datos, es decir que el investigador resulta a estudiar los datos que se han recopilado, trasladado en una matriz, guardando en un registro y limpiando las confusiones. Hoy en día el estudio de cantidades o proporciones de los documentos que se realiza por un procesador debido que aproximadamente ninguno hace de modo manejable ni siquiera superponiendo formulas. ⁷⁷

En la presente investigación el método de análisis de datos consistió en ver la Caracterización geomorfológica de la Subcuenca del Rio Crucero, seguido de determinar el análisis de datos faltantes, este análisis se realizó con el fin de identificar valores de precipitación máxima en 24 horas, que se alejen demasiado de la tendencia general del registro histórico de la estación; seguido de la determinación de análisis de Precipitaciones extremas, se realizó este análisis para las estaciones de Ananea, Crucero, Progreso. se consideraron 06 distribuciones teóricas: Normal, LogNormal, Gamma ,Gumbel, Pearson III y Log Pearson III, luego se realizó el ajuste de función de distribución de probabilidad: Los registros de precipitación máxima en 24 horas, de las estaciones, fueron estimados a partir del modelo Smirnov – Kolmogorov, a fin de comprobar las distribuciones teóricas a las

⁷⁷ (HERNANDEZ y otros, 2014 pág. 272

que se ajustan sus registros; seguido de determinar la curva de intensidad duración y frecuencia: Las estaciones pluviométricas de la zona, no tienen registros de pluviógrafos que ayuden a obtener intensidades máximas, no obstante, pueden estimarse con datos de precipitaciones máximas en 24 horas, utilizando la metodología hidrograma unitario de SCS; asimismo se identificó el Numero de curva (CN) el cual se realiza mediante el método propuesto por la Autoridad Nacional de Agua, donde emplea modelo de elevación digital, mapa de uso de suelo y mapa de cobertura vegetal; una vez teniendo la información detallada anteriormente se calcula los hietogramas de diseño, se desarrolla los hietogramas sintéticos de tormentas con duraciones de 6 y 24 hr. Existen cuatro métodos de análisis de tormentas de 24 Hr de duración, llamadas Tipo I, IA, II y III, respectivamente. Para el presente estudio se aplica tormentas del Tipo II, que se asemeja a las condiciones de la sierra peruana. Con la información encontrada se procede a realizar la Modelización hidrológica, para generar máximas avenidas se ha empleado el sistema de modelado hidrológico (HEC HMS), cuyo modelo es lineal y semidistribuido, el cual ha permitido simular acontecimientos de crecidas asociado a un modelo de tormenta de diseño para un cierto tiempo de retorno y por ultimo determinar la modelación Hidráulica para esto se utilizaron secciones transversales derivadas del levantamiento topográfico, de las simulaciones se obtuvieron para cada sección y para cada caudal de diseño.

3.7. Aspectos éticos

Este proyecto de investigación actualmente, se utilizan para garantizar la calidad moral de la indagación que se somete a los siguientes fundamentos éticos: Como alumno de la carrera profesional de Ingeniería Civil, este trabajo se desarrolló con la completa honradez, honestidad, respeto y confianza, por lo cual, se elaboró esta investigación exclusiva respetando la norma ISO690:2010(E) y las referencias bibliográficas estilo ISO 690 y 690-2, por su recolecta a través de citas desarrolladas teniendo en cuenta la identidad de no haber copiado la tesis de otros autores respetando sus aportes, para así poder evitar problemas de plagio y valorar el esfuerzo de otras investigaciones que sirven como base para otras indagaciones que motivan. Así mismo en el uso de software HecHMS 4.7.1, HecRAS 5.0.7, HYDROGNOMON son aplicaciones de software libre para el análisis y

procesamiento de datos hidráulicos e hidrológicos, mientras que el software ArcMap 10.8 procesándose la información con versiones gratuitas.

IV. RESULTADOS

4.1. Descripción de la zona de estudio

Nombre de tesis:

“Medidas de mitigación para eventos de máximas avenidas del río Crucero en el sector Cangalli del Distrito de Asillo - Azángaro - Puno - 2021”

Acceso de la zona de trabajo:

La subcuenca del río Crucero, se ubica hidrográficamente dentro del anillo circunlacustre del Lago Titicaca, ubicados en los distritos de Asillo, San Antón, Antauta, Ajoyani, Crucero, Putina, Potoni, Cuyo Cuyo y Ananea en la región Puno, dentro del Sistema TDPS, y las ubicaciones política y geográfica. El cual tiene como ubicación geográfica, por el Este: 300000 – 450000E y por el norte: 8360000-8440000N, donde su ubicación hidrográfica de la subcuenca de crucero se ubica en la cuenca circunlacustre lago Titicaca Zona 6 de la vertiente del Lago Titicaca.



Figura 2. Ubicación Geográfica Subcuenca Crucero

Ubicación Política

En la figura 3, se observa la ubicación de la zona de estudio se ubica en la región Puno, en la provincia de Azángaro y comprende los distritos de Asillo, San Antón, Antauta, Ajoyani, Crucero, Putina, Potoni, Cuyo Cuyo y Ananea.

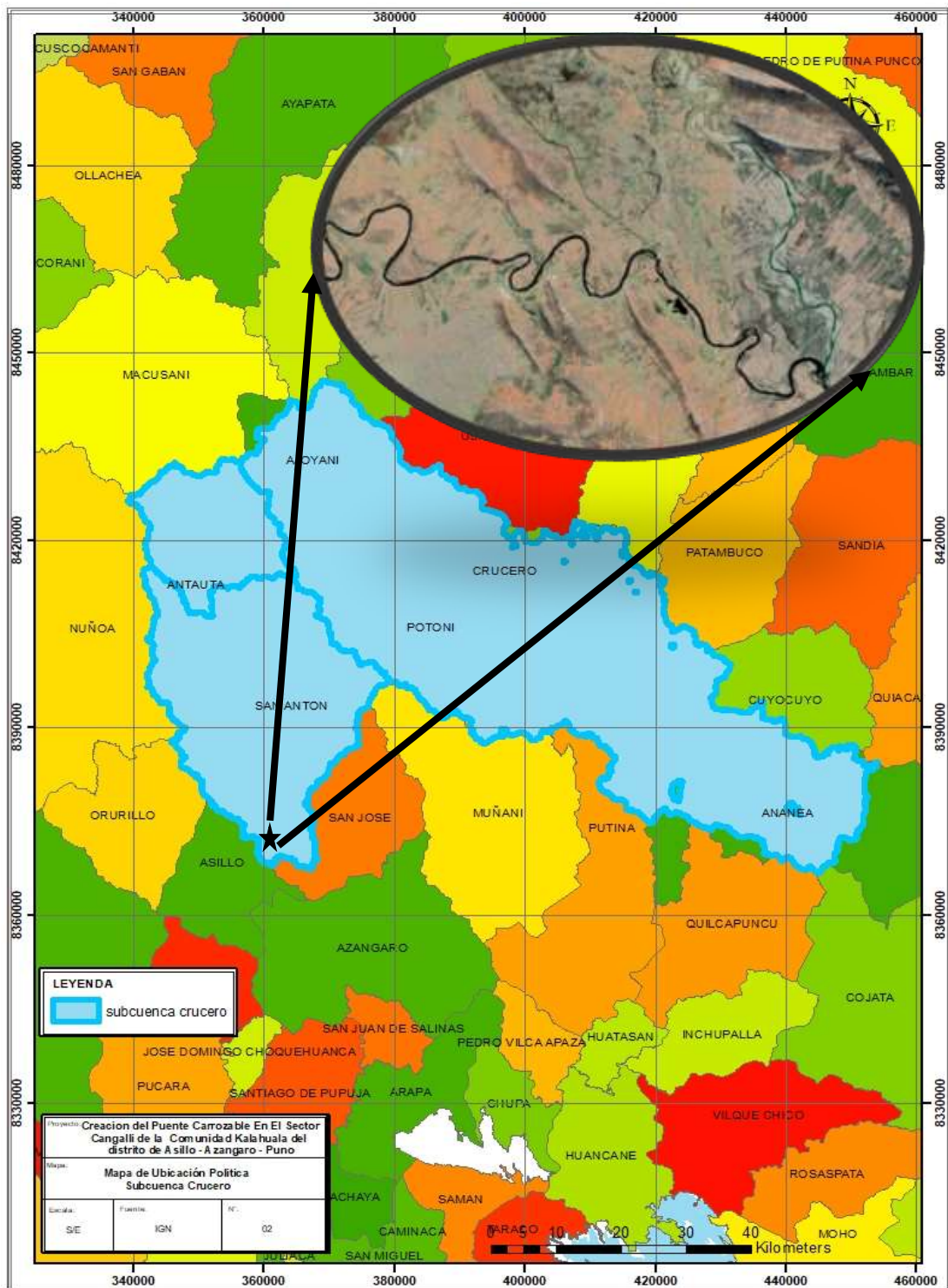


Figura 3. Ubicación Política Subcuenca Crucero.

A continuación, se podrán apreciar los resultados que se especificaron en un inicio del proyecto de investigación.

4.2. Procedimiento

Determinación de Precipitaciones, la información hidrometeorológica empleada para el análisis en este estudio corresponde a la red de estaciones hidrometeorológicas que se pueden obtener del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), correspondiente al registro de las Estaciones Progreso que es de tipo convencional ordinaria, que registran los parámetros meteorológicos: Precipitación máxima de 24 horas.

Es muy importante conocer los parámetros geomorfológicos como se muestra en la tabla 01, permite conocer el ciclo hidrológico.

Tabla 1: Resumen de los Parámetros Geomorfológicos de la Subcuenca Crucero.

PARAMETROS			UND	NOMENCLATURA	CUENCA	
Superficie total de la Cuenca			Km ²	At	4234.640	
Perímetro			Km	P	485.081	
Ubicación	Zona Proyección UTM		s/U	Zona	19	
	X		m	Coord. X	381161.79	
	Y		m	Coord Y	8367789.79	
Relación de Forma	Factor de Cuenca	Coeficiente de Compacidad (Gravellus)	s/U	$K_0=0.28 P / (At)^{1/2}$	2.016	
		Factor Forma	Longitud de la Cuenca	Km	LB	212.614
			Ancho medio de la Cuenca	Km	$A M= At / LB$	19.917
			Factor de Forma	s/U	$K_t=A M/LB$	0.094
	Rectángulo Equivalente	Lado Mayor	Km	$K_0=(pl*A)^{1/2}/2*(1+(1-4/pl*K_0^2))$	214.638	
		Lado Menor	Km	$K_0=(pl*A)^{1/2}/2*(1+(1-4/pl*K_0^2))$	19.738	
	Densidad de Drenaje			Km/Km	$Dd=Lt/At$	0.047
Desnivel total de la cuenca			Km	Ht	1.332	
Altura media de la cuenca			m.s.n .m	Hm	4887	
Pendiente Cuenca promedio (min)			m/m	8	0.0127	
Tiempo de Concentración Kinphoh			min	$0.0196(L^3/h)^{0.38}$ 6	1110.86	

Fuente: Elaboración Propia.

Curva hipsométrica: Se muestra en la figura 4, se puede observar el porcentaje de área acumulada que es igualado o excedido a una determinada cota que es aproximadamente el 55% del área acumulada.

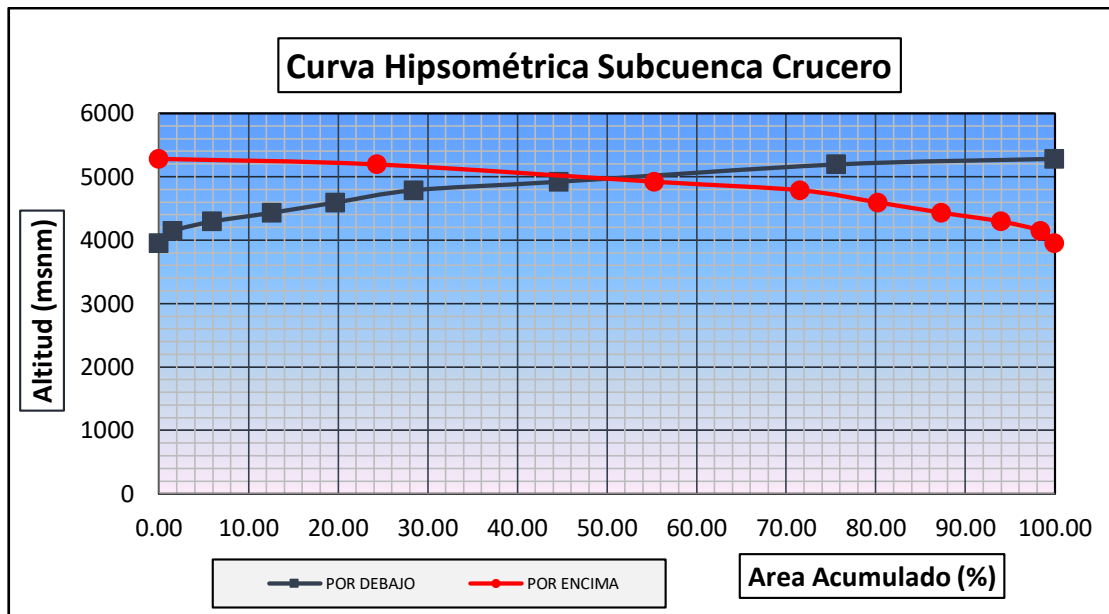


Figura 4. Curva Hipsométrica Subcuenca Crucero.

Al analizar los datos de precipitación de las estaciones meteorológicas Ananea, Crucero y Progreso, se identificaron valores de precipitación máxima en 24 horas, que se alejen demasiado de la tendencia general del registro histórico de la estación, para realizar el análisis de consistencia y completar los datos faltantes se utilizó el software HEC 4. Para las estaciones cuyos resultados se muestra en la tabla 10 (Anexo 5).

Para el análisis de frecuencia de los datos hidrológicos se utilizó HYDROGNOMON 4.1; utilizándose la información pluviométrica, obtenida de tres estaciones meteorológicas (Ananea, Crucero, Progreso y el promedio de Crucero, Progreso). Las precipitaciones máximas anuales en 24 horas corresponden al periodo de 1964 al 2020. Haciéndose un análisis anual de las precipitaciones máximas para las estaciones y data correspondiente como se puede apreciar en la Figura 11 y Figura 12 del Anexo 5, se observa el análisis de frecuencia de las estaciones de Progreso y Crucero. Así mismo en la Figura 5, se observa el análisis de frecuencia de la estación promedio de Progreso y Crucero

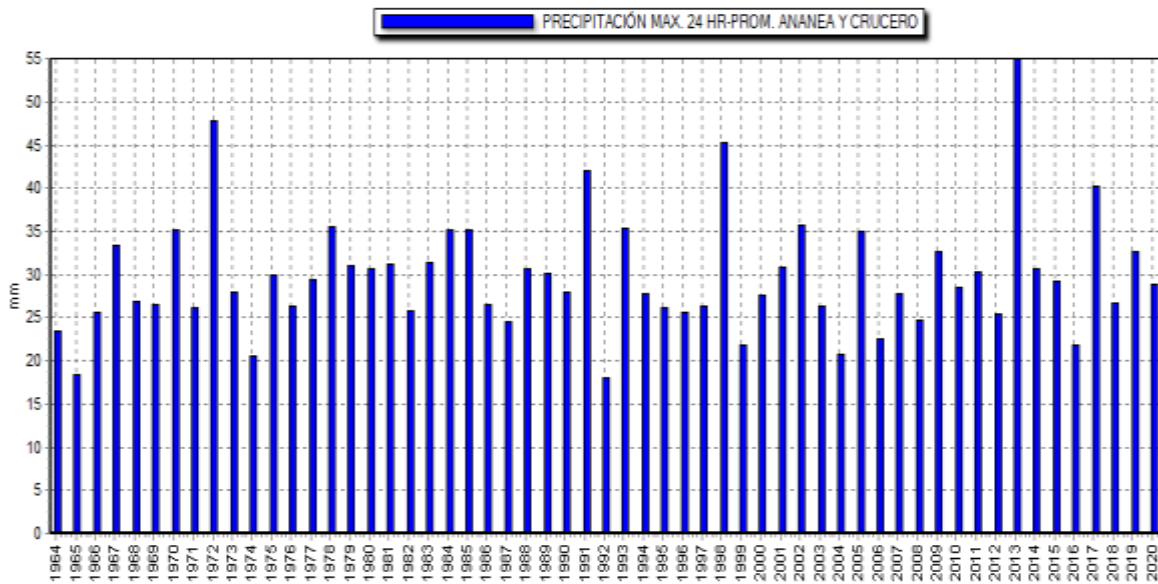


Figura 5. Grafica Anual de la Precipitación Máxima de 24 hr. Estación Promedio.

Observándose que los valores que superan los 45 mm es en el año 1973 con 47mm, en el año 1998 con 45mm y en el año 2013 superando los 55 mm, indicando que son los años más lluviosos.

Así mismo, en la Figura 6, se puede observar el análisis de las precipitaciones extremas, este se elaboró para las E.M. de Ananea, Crucero, Progreso, elaborándose 06 distribuciones teóricas: Normal, LogNormal, Gamma, Gumbel, Pearson III y Log Pearson III, de los cuales se seleccionó la distribución con excelente ajuste en cada estación, y a partir de estas se realizaron las representaciones de precipitaciones máximas para distintos periodos de retorno (10, 25, 50 y 100 años). En la Figura 13 y Figura 14 del Anexo 5, se aprecia el análisis estadístico de la Estación Progreso y Crucero respectivamente.

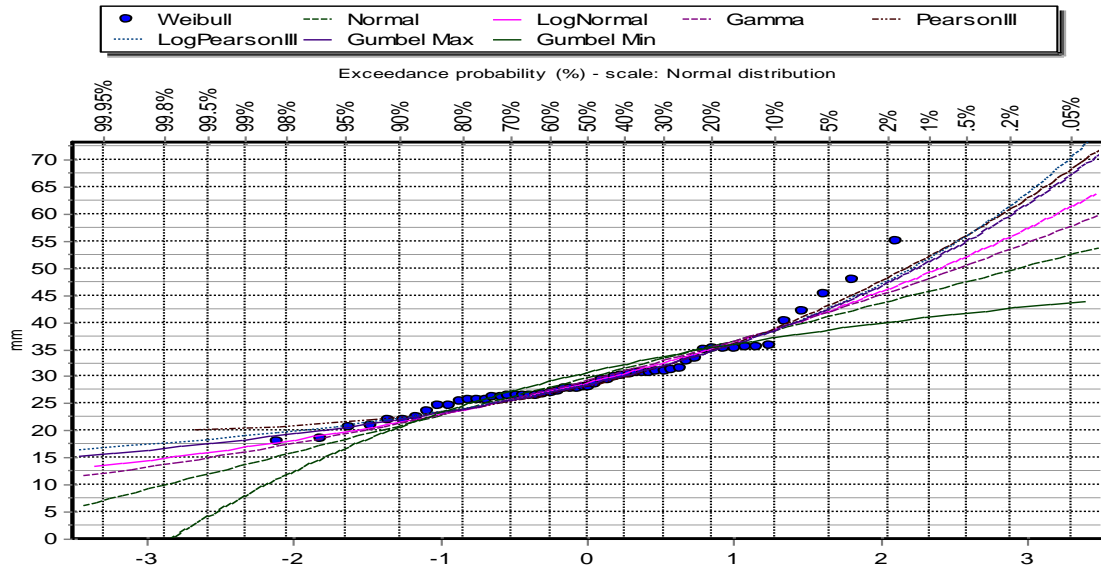


Figura 6. Análisis Estadístico de Distribuciones Estación Promedio.

En el gráfico el análisis estadístico de la estación promedio se observa que las 6 distribuciones que se aproximan a cero llegan una probabilidad de 50% indicando que la escorrentía se distribuye normalmente y se aproxima entre 25 y 30 mm.

Para la Prueba de Ajuste de función de distribución de probabilidad se ajusta a una determinada función de probabilidad teórica que determina el ajuste mediante las distribuciones de Gumbel max, Gumbel min, Normal, Log Normal, Gamma, Pearson III y Log Pearson III de las distintas series de datos de las estaciones meteorológicas (Ananea, Crucero, Progreso y el promedio de Crucero y Progreso), el test comprueba distribuciones teóricas que se ajusta sus registros. Los datos se ajustaron a las distribuciones con una probabilidad del 95% es decir con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$, la hipótesis se ACEPTA debido a que el delta teórico (D_c), es menor que el delta tabular (D_t). Las pruebas de ajuste estadístico, es ejecutada por el método Smirnov Kolmogorov para un valor de P mayor al nivel de significancia 5%, valores mayores de P implica un mejor ajuste. Según las distribuciones estadísticas el delta máximo resultante se ajusta mejor cuando se acerca próximo a cero entonces se observa que la distribución que más se ajusta es la de Log Pearson III con un delta máximo de 0.1655. (Ver Tabla 11, Anexo 5); así mismo, el delta máximo resultante se ajusta mejor cuando se acerca próximo a cero entonces se observa que la distribución que más se ajusta es la de Gamma con un delta máximo de 0.07822 (Ver Tabla 13, Anexo 5). Así mismo el ajuste de

test Kolmogorov-Smirnov, donde se ha realizado para la Estación Promedio de Crucero y Ananea, como se observa en la tabla 2

Tabla 2: Ajuste test Kolmogorov-Smirnov estación Promedio - Estación Promedio Crucero y Ananea.

Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	22.31%	0.13989
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	64.10%	0.09913
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	48.27%	0.11207
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	36.92%	0.12258
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	60.72%	0.10181
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	60.56%	0.10194
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	REJECT	REJECT	2.24%	0.20026

Fuente: Elaboración Propia.

Las distribuciones estadísticas, donde el delta máximo resultante se ajusta mejor cuando se acerca próximo a cero, observándose que la distribución que más se ajusta es la de LogNormal con un delta máximo de 0.09913.

En la elaboración de la Curva de intensidad, duración y Frecuencia, se realizaron los procedimientos precipitación – escorrentía, requiriendo la obtención de precipitaciones instantáneas, conformando la entrada del Modelamiento del HEC-HMS. Para esto se elaboraron las Curvas IDF Figuras 15- 17 (Ver anexo 5), se definio los histogramas de diseño que determinaron la distribución temporal de la precipitación durante una tormenta. El cual se calcula con la ecuación 7.

Una vez obtenidos las intensidades de diseño mediante la ecuación IDF se han definido los hietogramas de diseño para tiempos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años respectivamente, el desarrollo hietogramas sintéticos de tormentas con duraciones de 6 y 24hrs. Para el método de análisis de tormentas de 24hrs, aplicaremos tormentas del Tipo II, ya que esta se asemeja a las condiciones de la sierra peruana. Los hietogramas calculados para la estación Progreso se presentan en las Figuras 18-20 (Ver anexo 5).

Modelación Hidrológica para caudales máximos, en la siguiente tabla se muestra, el área, longitud del río principal y pendiente para las subcuencas Ananea, San Antón y Antauta., la información ha sido obtenida mediante la simulación del HEC HMS.

Tabla 3: Área, longitud del río principal y pendiente de las subcuencas.

Subcuencas	Area (Km2)	Longitud rio principal	Pendiente m/m
Subcuenca Ananea	2826.3	144.80186	0.0018511
Subcuenca San Antón	728.86	84.10431	0.0027183
Subcuenca Antauta	371.34	45.65656	0.0021483

Fuente: Elaboración propia.

Tiempo de concentración TC, se muestra el tiempo de concentración de subcuencas, Para las Subcuencas Ananea San Antón y Antauta obtenidos en HEC-HMS

Tabla 4: Tiempo de concentración subcuencas.

Sub-cuencas	Kirpich (min)	Temez (min)	Formula California (min)
Subcuenca Ananea	2066.3	1088.1	2058.4
Subcuenca Antauta	802.3	439.9	799.2
Subcuenca San Antón	1172.9	669.3	1168.4

Fuente: Elaboración propia

Numero de curva CN, para la subcuenca de crucero es de 74.89, este parámetro es determinado en base a las físicas de la cuenca que tiene nuestra zona de estudio.

Con la información obtenida se implementa los elementos hidrológicos y asigna los métodos de cálculo procediendo a la generación de caudales máximos instantáneos en puntos de interés de las salidas de la cuenca Progreso, en los periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años. Con la Simulación en el HEC-HMS, se observa en la Figura 21 (Ver Anexo 5), se observa la para un periodo 10 años con una duración de tormenta de 6 horas con un caudal pico del hidrograma de 39,3 m³/s, en la figura 22 (Ver Anexo 5), también se observa para un periodo de retorno 25 años con duración de tormenta de 6 horas muestra puntualmente un caudal pico del hidrograma de caudales de 65,6 m³/s. En figura 7, se puede

observar para un periodo de retorno de 50 años y una duración de tormenta de 6 horas un caudal pico del hidrograma de caudales de 98,7 m³/s.

En la siguiente tabla se presenta el resumen de los caudales máximos para periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años, utilizando la modelización hidrológica, hidrograma unitario de SCS

Tabla 5: Resumen de caudales máximos para un periodo de retorno de 10, 25, 50 y 100 años Subcuenca Crucero.

Periodo de retorno (Años)	Subcuenca Crucero (m3 /seg)
10	39,3
25	65,6
50	98,7
100	149,2

Fuente: elaboración propia.

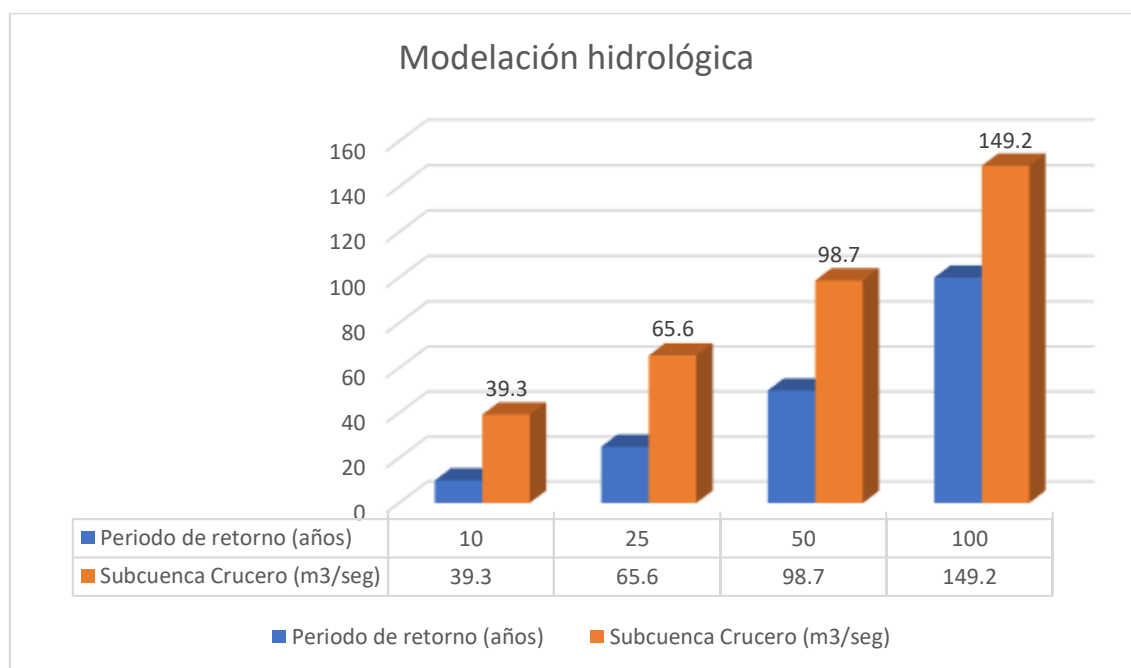


Figura 7. Modelación Hidraulica de Caudales Máximos.

Modelación Hidráulica para mapas de inundaciones: Se utilizó las secciones transversales derivadas del levantamiento topográfico, de las simulaciones se obtuvieron para cada sección y para cada caudal de diseño, los parámetros hidráulicos para distintos caudales en distintos periodo de retorno se pudo determinar zonas de inundación, estos resultados se trabajó en HEC-RAS 5.0.7. Con la herramienta Rasmapper se generó primeramente los mapas de Inundación, secciones transversales, lámina de Inundación y por último generar las áreas inundables. En el sector Cangalli se observó que es una zona inundable ya que se ubica en una zona vulnerable con riesgo de inundación, el cual se encuentra en la parte final de la subcuenca Crucero siendo propenso usualmente a desbordes. Para generar el mapa de inundación se necesitó determinar la longitud de río, siendo un total de 9.6 Km considerando los márgenes derecho e izquierdo. Se observa que en el margen derecho afecto un total de 104.21 Km², para el margen izquierdo afecto un total de 80.98 Km², siendo un porcentaje mayoritario de áreas de cultivo debido a que la zona es agrícola. En la figura 9 (lado izquierdo), se observa el mapa de inundación para la sección 8+178 km para un periodo de retorno 100 años. Para la figura 10 (Lado derecho) se observa en la progresiva 3+209 Km, como una zona vulnerable del desborde del río Crucero. La lámina de inundación se encuentra en el margen izquierdo cercano al sector Cangalli, con un total de 872Km² de área afectada para las zonas agrícolas. Para el margen derecho, la inundación del río se extiende al sector Kalahuala afectando 2.3Km² en zonas agrícolas.

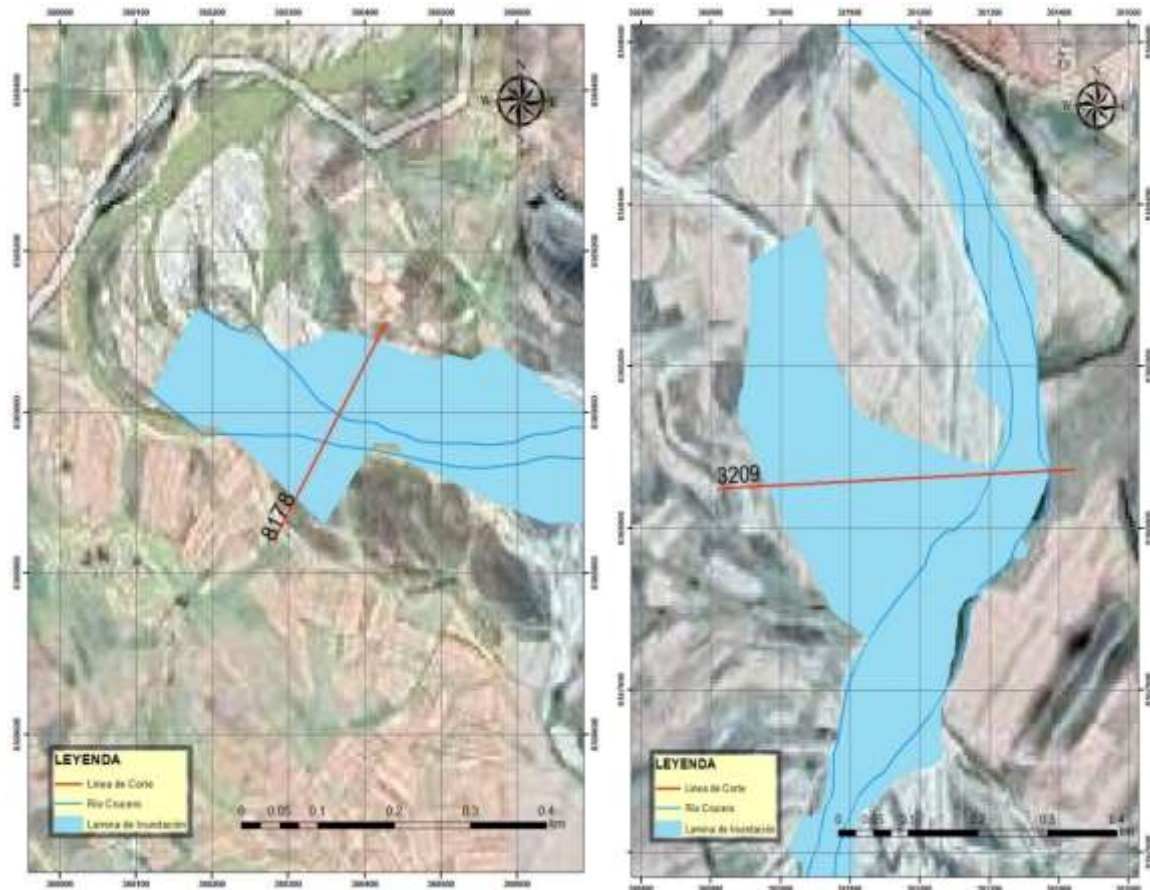


Figura 8. (Lado Izquierdo) Mapa de Inundación Progresiva 8+178 km. TR= 100 años. (Lado Derecho) Mapa de Inundación en la Progresiva 3+209 km. TR= 100 años.

Para la figura 10 se observa en la progresiva 0+820 Km, como una zona vulnerable del desborde del río Crucero. La lámina de inundación se encuentra en el margen izquierdo cercano al sector Cangalli, con un total de 567 Km² de área afectada para las zonas agrícolas. Para el margen derecho, la inundación del río se extiende al sector Kalahuala afectando 88.28 Km² en zonas agrícolas.

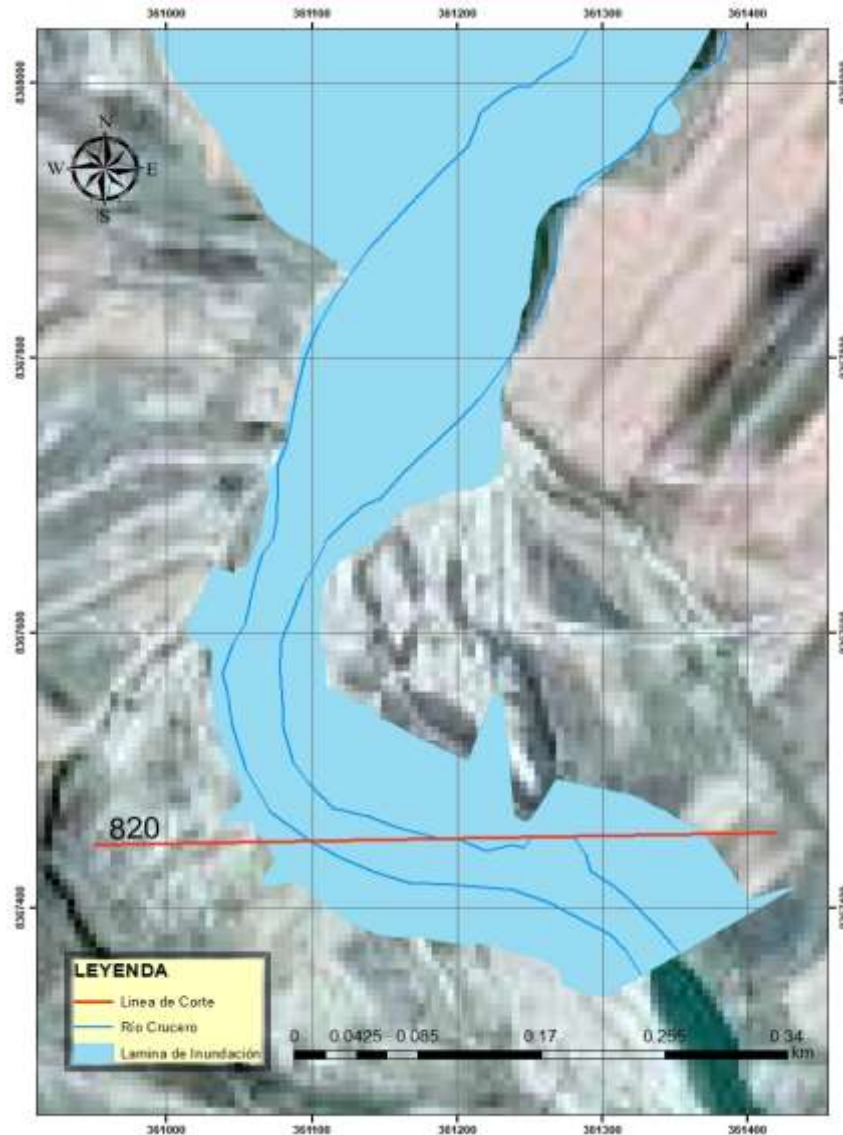


Figura 9. Mapa de Inundación en la Sección 0+820 km. TR= 100 años.

En las secciones transversales, figura 9, lado izquierdo, muestra la sección transversal 8+178 km., resultados obtenidos en el software HEC-RAS 5.0.7, apreciándose que el límite del río esta inferior al límite del borde del río en un periodo de retorno de 100 años, inundándose los márgenes izquierdo y derecho, 80.98 metros margen izquierdo, con referencia al límite del río y 104.21 metros margen derecha. Así mismo, en la figura 9, muestra la sección transversal 3+209 km., apreciándose que el límite del río esta inferior al límite del borde del río para un periodo de retorno de 100 años, inundándose el margen izquierdo, 326.42 metros margen izquierdo con referencia al límite del río y en la figura 10, muestra la sección transversal 0+820 km, apreciándose que el límite del río esta inferior al

límite del borde del río para un periodo de retorno de 100 años, inundándose el margen izquierdo y derecho, 31.73 metros margen izquierdo, con referencia al límite del río y 88.28 metros margen derecha.

En la Figura 23 del Anexo 5, se observa el mapa resultante donde se puede apreciar las zonas inundables y vulnerables, siendo el resultado del modelamiento tanto para el margen izquierdo y derecho, se muestra un resumen de los resultados en la tabla 06 de las áreas afectadas para los periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años para las tres secciones analizadas. Así mismo, en la figura 24-26 se muestra las secciones transversales del río, en las secciones de estudio.

Tabla 6: Áreas de Inundación para la zona de estudio río Crucero.

Tiempos de Retorno (años)	Secciones de desborde	Margen derecha	Margen izquierda	Área afectada	Área total afectada	Unidades
TR=10	Seccion 8+178	23.4	25.2	123	1210	km ²
	Seccion 3+209	1.8	213.5	609		
	Seccion 0+820	12.5	14.7	478		
TR=25	Seccion 8+178	65.3	43.7	480	1523	km ²
	Seccion 3+209	2.2	288.2	789		
	Seccion 0+820	34.6	19.9	254		
TR=50	Seccion 8+178	98.4	69.9	345	1455	km ²
	Seccion 3+209	4.3	311.67	678		
	Seccion 0+820	76.9	45.6	432		
TR=100	Seccion 8+178	104.21	80.98	632	2071	km ²
	Seccion 3+209	2.3	326.42	872		
	Seccion 0+820	88.28	31.73	567		

Fuente: Elaboración propia.

V. DISCUSIÓN

Según la información obtenida por las estaciones meteorológicas se obtuvo la prueba de ajuste. En el caso de la prueba de bondad de ajuste, Peña Villegas y Nuñez Guevara usaron la estación Aerial de la Cuenca Pindolas, determino que la distribución que más se ajustaba a sus datos se ajusta a la función Log Normal con un valor de 0.27. De manera similar se evaluó las distribuciones estadísticas donde el delta máximo resultante se ajusta mejor cuando se acerca próximo a cero entonces se observa que la distribución que más se ajusta es la de Log Pearson III con un delta máximo de 0.1655 en la E. M Progreso; el delta máximo resultante se ajusta mejor cuando se acerca próximo a cero entonces se observa que la distribución que más se ajusta es la de Gamma con un delta máximo de 0.07822 en la E.M Crucero y el delta máximo resultante se ajusta mejor cuando se acerca próximo a cero entonces se observa que la distribución que más se ajusta es la de LogNormal con un delta máximo de 0.09913 en la estación promedio de Ananea y Crucero

Según la información obtenida con la modelación hidrológica del HEC HMS, se determinó el tiempo de retorno para eventos de máximas avenidas es de 50 y 100 años, obteniendo como caudal de diseño de 98,7 y 149,2 m³/s. Al respecto Peña Villegas & Nuñez Guevara en su investigación determino el tiempo de retorno para eventos de máximas avenidas de 50 y 100 años, obteniendo caudal de diseño de 69,8 y 85,1m³/s respectivamente.

Tabla 7: Resumen de caudales máximos para un periodo de retorno de 10, 25, 50 y 100 años.

Periodo de Retorno (Años)	Autor	(Peña Villegas, y otros, 2020) (m ³ /s)	(Yépez, 2016) (m ³ /s)
	SubCuenca Crucero (m ³ /s)		
10	39.3	39.8	50.87
25	65.6	56.1	60.84
50	98.7	69.8	68.24
100	149.2	85.1	75.59

Fuente: elaboración propia.

Los resultados de los antecedentes indican que utilizo el método racional modificado, utilizando un número de curva para condiciones húmedas CN (III) con un valor de 72,24 siendo una consideración de caso más crítico. Mientras que en nuestro estudio se utilizó un método empírico resultante por la metodología SCS, el CN tiene un valor de 74.89.

Mientras en el trabajo de investigación de Chalco Collantes y Cullanco Canchaya, determino el tiempo de retorno para eventos de máximas avenidas de 50 y 100 años, obteniendo caudal de diseño de 426,48 y 511.56 m³/s respectivamente, utilizando la metodología SCS, el CN con un valor de 69, es el caudal aportante generado en la cuenca alta del Río Rímac.

Tabla 8: Resumen de caudales máximos para un periodo de retorno de 10, 25, 50 y 100 años.

Periodo de Retorno (Años)	Autor	(Chalco Collantes, y otros, 2020)
	SubCuenca Crucero (m ³ /s)	
10	39.3	285,92
25	65.6	426,48
50	98.7	511,56
100	149.2	671,22

Fuente: elaboración propia.

(Peña Villegas y Nuñez Guevara) aplicando el software HecRAS usando un gasto de 56.061m³/s para un tiempo de retorno 25 años inundándose 18 058.055m², para un periodo de retorno 50 años, con un caudal de 69.877m³/s inundándose 20,512.277m², en un periodo de retorno 100 años, con un caudal de 85.059m³/s, inundándose 21 760.196 m² y en un tiempo de retorno 200 años, con el caudal de 101.648 m³/s inundándose 24 488.547m².

Del mismo modo (Yépez, 2016), con el uso del software Hec RAS determino un gasto de 60.84m³/s para un tiempo de retorno de 25 años inundándose 76,905.04m², para un tiempo de retorno de 50 años, con un caudal de 68.24m³/s inundándose 81 557.95m², en un tiempo de retorno 100 años, con un caudal de

75.59 m³/s, inundándose en la quebrada cruz blanca es de 91 593.83m² y en un tiempo de retorno 200 años, con el caudal de 82.90m³/s, el área a inundar es de 104 128.44 m².

Mientras que en nuestro estudio en un tiempo de retorno 25 años con un caudal de 65.6m³/s inundándose 1523km², así mismo en un tiempo de retorno 50 años, con un caudal de 98,7m³/s, inundándose 1455km², en un tiempo de retorno 100 años, con un caudal de 149,2 m³/s, inundándose un área inundable en el Sector Cangalli es de 2071 km².

Tabla 9: Resumen de caudales máximos para un periodo de retorno de 10, 25, 50 y 100 años.

Periodo de Retorno (Años)	Autor		(Peña Villegas, y otros, 2020)		(Yépez, 2016)	
	SubCuenca Crucero (m ³ /s)	Área Inundable (m ²)	Cuenca Pindolas (m ³ /s)	Área Inundable (m ²)	Quebrada Cruz Blanca (m ³ /s)	Área Inundable (m ²)
25	65.6	1523x10 ⁶	56,061	18058,055	60.84	76905.04
50	98.7	1455 x10 ⁶	69,877	20512,277	68.24	81557.95
100	149.2	2071x10 ⁶	85,059	21760,196	75.59	91593.83

Fuente: Elaboración propia.

VI. CONCLUSIONES

- Se elaboró los mapas de inundación de la zona, como medida de mitigación en la zona de estudio, ya que se encontraron zonas afectadas.
- Partiendo de las curvas: -Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) se obtuvo las precipitaciones máximas de 24 horas para los periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años, diseñado para una tormenta de 06 horas.
- Para el modelamiento hidrológico, se calculó caudales máximos para periodos de retorno (TR) 10, 25, 50 y 100 años, como resultado se obtuvo 39.3, 65.6, 98.7, 149.2 m³/s, según corresponda. Resultados al ser simulados en el software HEC-HMS.
- Se realizó la modelación hidráulica de la zona de estudio denominado río Crucero de la subcuenca Crucero, con el fin de identificar y determinar las áreas de inundación concluyéndose para las secciones más significativas: 8+178 km.; 3+209 km. y 0+820 km. son más vulnerables a los desbordes de ese río estudiado en ese tramo 01, con áreas inundables de 1210, 1523, 1455 y 2071 Km², en periodo de retorno de 10, 25, 50 y 100 años correspondientes.

VII. RECOMENDACIONES

- Implementar estudios de medidas de mitigación no estructurales, para evitar riesgos de inundación.
- Se notó dentro de la cuenca la escases de estaciones meteorológicas, por tal razón se recomienda implementar más estaciones pluviométricas e hidrométricas ya que no se cuenta dentro de esta subcuenca Crucero con una estación hidrométrica, el cual permita la calibración del modelamiento hidrológico e hidráulico.
- Se recomienda realizar la calibración de los resultados del modelamiento hidrológico ya que no se pudo calibrar los resultados obtenidos debido a que no se cuenta con una estación hidrométrica y también al calibrar empezar de las subcuencas altas a las bajas de tal manera se ajuste mejor.
- Debido a la identificación de que es una zona inundable de los resultados obtenidos se recomienda construir una estructura hidráulica de encauzamientos y defensa ribereña permitiendo el control de los caudales máximos para las secciones definidas como áreas vulnerables con mayor significancia a desbordarse del río Crucero

VIII. REFERENCIAS

- ALAN y otros. 2018 pág. 27. 2018 pág. 27.
- APARICIO, F.J. 1996. Fundamentos de Hidrología de Superficie. Lima : Editorial Limusa S.A., 1996.
- BANCO MUNDIAL. 2017. Medidas de protección contra inundaciones basadas en la naturaleza, principios u orientaciones para la implementación. Washington D. C. : Banco Mundial, 2017.
- BELÉN Esparza, Jesica. 2019. identification and analysis of floodable areas from a space scale integration methodology. case study: la plata, buenos aires, argentina. 2019, vol. 27, págs. 135 - 163.
- CAHUANA, A y Yugar, W. 2009, Pág. 248. Material de apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de Hidrología. Cochabamba, Bolivia. : Universidad Mayor de Simón, 2009, Pág. 248.
- CAMPOS Cedeño, Antonio. 2016. Hidráulica e Hidrología para Ingeniería. Moscú : Российский университет дружбы народов, 2016.
- CATIE. 2017. El clima, el cambio climático, la vulnerabilidad y acciones contra el cambio climático: Conceptos básicos. Costa Rica : s.n., 2017.
- CENEPRED. 2019. Escenarios de riesgos por lluvias para el verano 2020 (Enero - Marzo 2020). 2019.
- CEPAL. 2013. Medio Ambiente y Desarrollo. Programa del cambio climático en Colombia. Publicación de las Naciones Unidas. Colombia : Publicación de las Naciones Unidas, 2013.
- CERRI, Marco. 2017. Flood simulation using HEC-RAS model calibrated with remotely sensed water mask: a case study of Mulde River, Germany. Department of Civil, Geo and Environment Engineering, Technical University of Munich. Munich. Germany : s.n., 2017.
- CERVANTES Jaime, C, y otros. 2012. Generación de mapas de riesgo de inundación. Guerrero, Mexico : XXII Congreso Nacional de Hidráulica, 2012.
- CHALCO Collantes, Johan Alejandro y Cullanco Canchaya, Mary Carmen. 2020. Determinación de zonas vulnerables a inundaciones en el tramo puente huachipa la atarjea del río rímac, distrito lurigancho-chosica para la mitigación de desastres. Universidad San Ignacio de Loyola. Lima, Perú : s.n., 2020.

CHEREQUE Morán, Wendor. 1989. Hidrología: Para estudiantes de Ingeniería Civil. Lima-Peru : CONCYTEC, 1989.

CHOW, Ven te, Maidment, David y Mays, Larry. 1994. Hidrología Aplicada. Bogotá, Colombia : Mc GrawHill, 1994.

CORREA, K, AVALOS, G y CUBAS, F. 2020. Orientaciones para el análisis del clima y determinación de los peligros asociados al cambio climático. Lima : SENAMHI, 2020. Nota Técnica N° 001-2019/SENAMHI/DMA .

DAS, Braha M. 2014. Fundamento de ingeniería geotécnica. Santa Fe : Cengage Learning Editores, S. A., 2014. 9786075193724.

DAS, Braja M. 2014. Fundamentos de ingeniería geotécnica. Santa Fé : Cengage Learning Editores S. A., 2014. 9786075193724.

DUEÑAS, C. 1997. Marco normativo vigente ante el riesgo de inundaciones, en Jornadas Parlamentarias sobre prevención de riesgos relacionados con el agua: VI La protección civil ante el riesgo de inundaciones. Madrid : s.n., 1997.

EIRD/ONU - UNICEF. 2003. Aprendamos a prevenir los desastres! Los niños y las niñas también participamos en la reducción de riesgos. San Jose, Costa rica : s.n., 2003.

FAJARDO, R. 2006. Evaluación hidráulica mediante el uso de modelos del tramo final del río Villalobos. USAC. Guatemala : s.n., 2006.

FELDMAN, A.D. 2000. Hydrologic Modelling System HEC-HMS, thecnical reference Manual. s.l. : U.S. Army Corps of Engineers. Hydrologic Engineering Center. Davis., 2000.

GARCIA F., Willman, Suárez Lima, Ysamar y Herbas B., Estala. 2017. Evaluación del riesgo y medidas de mitigación para eventos de inundación en el Municipio de Santa Ana Del Yacuma (Beni, Bolivia). 2017, Vol. 8, págs. pp. 165-185.

GARCIA naranjo, Manuel E. 2011. Estimación de caudales máximos en cuencas sin información. Cajamarca, Perú : s.n., 2011.

GÓMEZ Vásquez, Nataly Suguey y Monge Vargas, Karen de los Angeles. 2019. diseño de obras de mitigación y encauzamiento mediante modelaciones hidráulicas e hidrológicas para disminuir la condición por vulnerabilidad de inundaciones en un tramo de 3 km de río comprendido en la cuenca media baja del río corredor. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica : s.n., 2019. Tesis Pre Grado.

HELMY, Helmy, y otros. 2019. Flood vulnerability level analysis as a hydrological disaster mitigation effort in Krueng Jreue Sub-Watershed, Aceh Besar, Indonesia. Cape Town : s.n., 2019, Vol. 11.

HELMS, Douglas. 1991. Readings in the history of the Soil Conservation Service. EE.UU. : s.n., 1991.

HERNANDEZ y otros. 2014. 2014. pág. 4.

HERNÁNDEZ Sampieri, R., Fernandez Collado, C y Baptista Lucio, M. 2014. Metodología de la Investigación. Mexico : McGRAW-HILL, 2014. Vol. 6ta ed.

IBAÑEZ, L, Castillo, M y Arteaga, E. 2004. Metodología para la definición de zonas más propensas a inundaciones. Mexico : s.n., 2004, págs. 177-184.

IPCC. 2014. Escenarios de cambio climático para precipitación y temperatura. Estudio Técnico Completo. . Bogotá. Colombia : s.n., 2014.

JEEVIKA, khadka y jagritee, Bhaukajee. 2018. Rainfall-Runoff Simulation and Modelling Using HEC-HMS and HEC-RAS Models: Case Studies from Nepal and Sweden. Department of Building & Environmental Technology, Lund University. Lund, Sweden : s.n., 2018.

LAVAO Pastrana, Sergio Andres y Corredor Rivera, Jorge Luis. 2014. Aplicación de la teoría del Numero de Curva (CN) a una cuenca de montaña. Caso de estudio: cuenca del rio Murca, mediante la utilizacion de Sistema de Informacion Geografica. Bogota : Diplomado SIG y sensores remotos aplicados a recursos hídricos, 2014.

LEÓN mendez, Alcides, y otros. 2010. Una estrategia de gestión para la alerta temprana ante peligro de Inundaciones debido a Intensas lluvias. Cuba : CUJAE, 2010, Vol. VOL. XXXI.

LEOUL, Abimael. 2015. Dam Breach Analysis Using HEC-RAS and HEC-GeoRAS: The Case of Kesem Kebena Dam. School of Civil and Environmental Engineering, Addis Ababa University. Etiopia : s.n., 2015.

LINSLEY, A. 1988, pág. 386. Hidrologia para Ingenieros. Mexico : 2 Ed McGraw-Hill, 1988, pág. 386.

LÓPEZ Cadenas de Llano, F y Mintegui Aguirre, J.A. 1987. Hidrologia de Superficie. Madrid España : Salazar, 1987.

LÓPEZ, Francisco. 2005. Fundamentos de polímeros. Mérida : Smart Service C.A., 2005.

MARTIN, J. 2003. Ingenieria Fluvial. Barcelona : Ediciones UPC, 2003.

Martinez, Maria, Bakheet, Ramez y Akib, Shatirah. 2021. Innovative Techniques in the Context of Actions for Flood Risk Management: A Review. 2021, Vol. 2, págs. 1 - 11.

MAYS, L W. 2001. hydrology for drainage system design and analysis. Stormwater Collection Systems Design Handbook. 2001.

MEJIA Marcacuzco, Jesus Abel. 2001. Hidrologia Aplicada. Lima : UNALM, 2001.

MOLINA, M. 1975. Hidrologia UNA. Lima : Publidrat, 1975.

MONSALVE, G. 1999. Hidrologia en la Ingenieria. Bogota, Colombia : Escuela Colombiana de Ingeniería, 1999.

MORELLI, C. 2007. Gestión de Inundaciones urbanas. Cordova, Argentina : s.n., 2007.

MTC. 2008. Manual de Hidrologia, Hidráulica y drenaje. Lima : s.n., 2008.

MÚNERA, C. 2013. Analisis comparativos de los Modelo HEC,RAS, CCHE2D, G-STARS y BRI STAR para la modelacion hidrúlico morfologica en el Cauce Aluvial aplicacion al rio negro (Antioquia). Universidad Nacional de Colombia. Colombia : s.n., 2013. Tesis para Magister.

OGRAS, Selman y Onen, Fevsi. 2020. Flood Analysis with HEC-RAS: A Case Study of Tigris River. Hindawi : s.n., 2020, Vol. 2020, pág. 13 pages.

OMM. 2018. Guía de Instrumentos y Métodos de Observación. Geneve, Suiza : OMM-Nº8, 2018. 8.

OTZEN y otros. 2017 pág. 227 - 232. 2017 pág. 227 - 232.

PEÑA Villegas, Juan Carlos y Nuñez Guevara, Dilmer. 2020. Áreas de inundación de la quebrada pindo, al centro poblado perico, distrito chirinos, provincia san ignacio-cajamarca. Jaén : s.n., 2020.

ROCHA, A. 1990. Transportes de edimentos aplicado al Diseño de Estructuras Hidráulicas. Lima : Coleccion del Ingeniero Civil, 1990.

SANDOVAL Erazo, Washington Ramiro y AGUILERA Ortiz, Eduardo Patricio. 2014. Determinación de Caudales en cuencas con poco información Hidrológica cuencas con poco información hidrologica. 2014, Vol. Nº 2, págs. pp. 100-110.

SANTOS Rueda, Martha Daniela. 2017. Modelamiento del escurrimiento por el software hec-hms para predecir el comportamiento hídrico de la subcuenca del río carrizal. escuela superior politécnica agropecuaria de Manabí, manuel félix lópez. Manabi, Ecuador : s.n., 2017. TESIS.

- TORRES Sarmiento, Christian Andrés y Salamanca Pira, William Andrés. 2017. Análisis de la vulnerabilidad por avenidas torrenciales en la vereda pekin y el casco urbano del municipio de fusagasugá. Universidad distrital Francisco José de Caldas. Bogota, Colombia : s.n., 2017.
- TREWARTHA, T. 1995. The Climates of North America: According to a New Classification. EE.UU. : s.n., 1995.
- UNDRR. 2019. Plataforma Global 2019 para la Reducción del Riesgo de Desastres. [aut. libro] Oficina de las Naciones Unidas para las Reducción del Riesgo de Desastres. Plataforma Global 2019 para la Reducción del Riesgo de Desastres. Suiza : s.n., 2019, págs. p, 25.
- VÁSQUEZ, A. 2000. Manejo de Cuencas Altoandinas. Lima Perú : Universidad Agraria La Molina, 2000.
- VILLÓN, Máximo. 2002. Hidrología. Cartago, Costa Rica : Villón, 2002.
- Voscresiensky, K. 1956. Cálculos hidrológicos para el diseño de obras hidráulicas en pequeños ríos y riachuelos. Leningrado (San Petersburgo), Rusia : Ed. Hidrometereológica, 1956.
- YÉPEZ, Cristian Jesus. 2016. Comportamiento de las máximas avenidas y las posibles áreas de inundación producidas en la quebrada Cruz Blanca para la zona urbana del distrito de Cajamarca. Cajamarca : s.n., 2016.

ANEXOS

ANEXO 01:

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DEFICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
Eventos Máximas Avenidas	Cantidad de agua que pasa por un punto específico, en un sistema hidráulico, en un determinado tiempo (MTC, 2013)	Para determinar los eventos de máximas avenidas se usaran datos existentes y mediante análisis estadístico.	parámetros Meteorológicos	Geomorfología	
			Parámetros Hidrológicos	Curvas IDF	
			Alternativas de Mitigación	Caudales, tiempo de retorno, histogramas	
Medidas de Mitigación	Dirigidas a mitigar las condiciones de vulnerabilidad o la exposición a las amenazas de las comunidades y su infraestructura. Normalmente se acostumbra implementar acciones estructurales que disminuyen el impacto del evento, y por ende disminuir los daños, en ello se tiene las medidas de mitigación no estructural	Para determinar las medidas de mitigación no estructural tenemos los mapas de vulnerabilidad, determinación de áreas vulnerables y determinación del caudal máximo. Usando software estadístico para el caudal máximo, el software HEC-HMS para determinar áreas vulnerables y el software HEC-RAS para la determinación del mapa de peligrosidad	Precipitaciones máximas de 24 horas.	las precipitaciones máximas	RAZÓN
			Caudales máximos	Estimación de caudales extremos en el sector <u>Cangalli</u> río Crucero	
			Mapa de Inundaciones	Áreas de Inundación	

ANEXO 02:

MATRIZ DE CONSISTENCIA

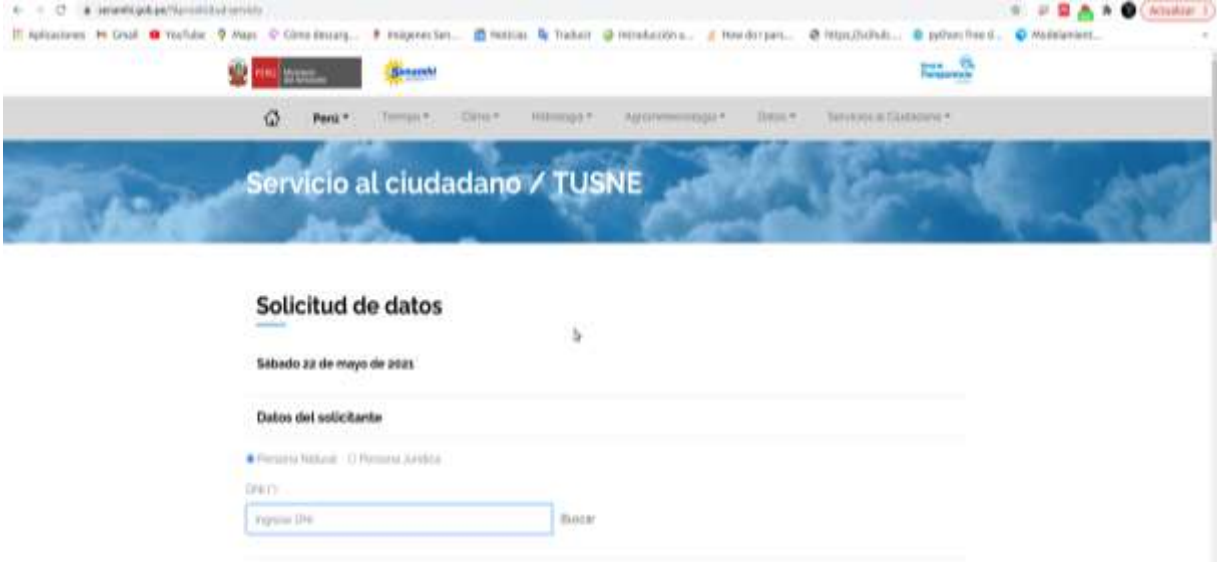
Título: Medidas de mitigación para eventos de máximas avenidas del río crucero en el sector Cangalli del distrito de Asillo - Azángaro - Puno – 2021

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables e indicadores			
			Variable Independiente: Eventos de Máximas avenidas			Tipo y diseño de Investigación
Problema General	Objetivo general	Hipótesis general	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	
¿De qué manera los eventos de máximas avenidas influyen en las medidas de mitigación en el río Crucero del sector <u>Cangalli</u> del distrito de <u>Asillo</u> - Azángaro – Puno - 2021?	Determinar el comportamiento de los eventos de máximas avenidas para plantear las medidas mitigación en el río Crucero del sector <u>Cangalli</u> del distrito de <u>Asillo</u> - Azángaro – Puno - 2021	Los eventos de máximas avenidas tiene implicancia directa en las medidas de mitigación en el río Crucero del sector <u>Cangalli</u> del distrito de <u>Asillo</u> - Azángaro – Puno – 2021.	Parámetros meteorológicos	Geomorfología	Delimitación de Cuenca, Curvas Hipsométricas, Curva de frecuencia de altitudes, Pendiente de Cuenca, Excel	
			Parámetros Hidrológicos	Curvas IDF	Curvas IDT, Tiempo de Concentración, Proyección de Años	
			Alternativas de Mitigación	Áreas vulnerables de Inundación	SIG	
Problemas Específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variable Dependiente: Medidas de Mitigación			El tipo de investigación es de nivel explicativo, El Diseño de investigación es correlacional
¿De qué manera los eventos de máximas avenidas permite obtener el comportamiento de los caudales máximos a partir de las precipitaciones máximas de 24 horas para las estaciones meteorológicas dentro del sector <u>Cangalli</u> del distrito de <u>Asillo</u> - Azángaro – Puno - 2021?	Analizar los eventos de máximas avenidas mediante la obtención de las precipitaciones máximas de 24 horas para las estaciones meteorológicas del río Crucero en el sector <u>Cangalli</u> del distrito de <u>Asillo</u> - Azángaro – Puno – 2021.	Es posible el estudio de los eventos de máximas avenidas mediante el cálculo de las precipitaciones máximas de 24 horas permitiendo el modelamiento hidrológico del río Crucero en el sector <u>Cangalli</u> del distrito de <u>Asillo</u> - Azángaro – Puno - 2021.	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	
			Precipitaciones máximas de 24 horas.	Precipitaciones máximas	Hydrognomon, Hec. 4, Minitab.	
			Caudales máximos	Estimación de caudales extremos	Hec. hms, Excel	
¿Cómo obtener el mapa de inundación mediante los eventos de máximas avenidas del río Crucero en el sector <u>Cangalli</u> del distrito de <u>Asillo</u> - Azángaro – Puno - 2021?	Determinar el mapa de inundación mediante los eventos de máximas avenidas del río Crucero en el sector <u>Cangalli</u> del distrito de <u>Asillo</u> - Azángaro – Puno – 2021.	Es posible obtener los mapas de inundaciones mediante los eventos de máximas avenidas que permitan hallar las áreas afectadas en km del río Crucero en el sector <u>Cangalli</u> del distrito de <u>Asillo</u> - Azángaro – Puno – 2021.	D2.3. Mapa de Inundaciones	Áreas de Inundación	Levantamiento topográfico, Ras mapper, Hec ras, Arc map, Civil 3d.	

ANEXO 03

INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

La información que se utilizó en esta investigación se recolectó de la página web del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, en la cual se solicitó en su “servicio al Ciudadano”



The image shows a screenshot of a web browser displaying the 'Servicio al ciudadano / TUSNE' page. The browser's address bar shows 'servicioalciudadano.senamhi.gob.pe/'. The page header includes the Peruvian coat of arms, the SENAMHI logo, and navigation links for 'Perú', 'Temperatura', 'Clima', 'Hidrología', 'Agrometeorología', 'Datos', and 'Servicio al Ciudadano'. The main content area features a blue banner with the text 'Servicio al ciudadano / TUSNE'. Below the banner, the section is titled 'Solicitud de datos' and shows the date 'Sábado 22 de mayo de 2025'. Under the heading 'Datos del solicitante', there are radio buttons for 'Persona Natural' (selected) and 'Persona Jurídica'. A label 'DPI (*)' is positioned above a text input field containing 'Página DPI'. To the right of the input field is a 'Buscar' button.

ANEXO 04

PANTALLAZO DEL TURNITIN

Resumen de coincidencias

19

Se están viendo fuentes estándar:

Ver fuentes en inglés (Sels)

Coincidencias

1	repositorio lamolina.edu.pe	Fuente de Internet	4 %
2	repositorio.unj.edu.pe	Fuente de Internet	2 %
3	Entregado a Universidad...	Título de estudiante	2 %
4	repositorio.unj.edu.pe	Fuente de Internet	1 %
5	www.firdawi.com	Fuente de Internet	1 %
6	livrosdeweb.com.br	Fuente de Internet	1 %
7	Entregado a Universidad...	Título de estudiante	<1 %
8	es.scribd.com	Fuente de Internet	<1 %

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Medidas de mitigación para evitar de máximas ayudas del HIC CRUCERO EN EL SECTOR CANGALLI - DISTRITO AULLO - AZÁNGARO - PUÑO - 2021*

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

AUTOR:
Flores Bermejo, Diana
https://orcid.org/0000-0003-3205-2790

ASESOR:
Mg. Dorcas Zúñiga José Luis
https://orcid.org/0000-0001-4425-4430

UNIDAD DE INVESTIGACION:
Dirección de Oficiales, Ingenieros y Diseñadores

UMA - PERÚ
2021

Feedback studio

Diana Flores Bermejo | Medidas de mitigación para evitar de máximas ayudas del HIC CRUCERO EN EL SECTOR CANGALLI - DISTRITO AULLO - AZÁNGARO - PUÑO - 2021

Feedback studio

Page: 1 de 53 | Número de palabras: 14736

Escribe aquí para buscar

Text only Report | High Resolution | Activado

1348 | 2/15/2021

ANEXO 05

FIGURAS y TABLAS

Tabla 10: *Precipitación Máxima 24 horas completado y extendido.*

AÑO	ESTACIONES METEOROLOGICAS				AÑO	ESTACIONES METEOROLOGICAS			
	Ananea	Crucero	Progreso	Promedio Ana. Y Cruc.		Ananea	Crucero	Progreso	Promedio Ana. Y Cruc.
1964	23	31.5	31.7	27.25	1992	13.5	70.7	20.3	42.1
1965	15	31.8	28.4	23.4	1993	12.1	24	22.7	18.05
1966	18	18.9	22.5	18.45	1994	18.6	52.3	30.2	35.45
1967	29.4	22	28.5	25.7	1995	18.2	37.5	34.2	27.85
1968	28.77	38	22.4	33.385	1996	22.4	30.1	30	26.25
1969	23.54	30.2	25.8	26.87	1997	16.2	35	37.4	25.6
1970	17.72	35.2	27.1	26.46	1998	18	34.8	28	26.4
1971	16.1	54.3	42.5	35.2	1999	19.2	71.3	26.2	45.25
1972	16.2	36.1	34.1	26.15	2000	25.2	18.5	22.4	21.85
1973	22.6	72.9	38.3	47.75	2001	23.6	31.7	30.5	27.65
1974	14	41.9	17.4	27.95	2002	23.8	37.8	41.2	30.8
1975	15.4	25.7	19.8	20.55	2003	32	39.4	29.8	35.7
1976	14.6	45.2	34.9	29.9	2004	31	21.7	26.2	26.35
1977	18.3	34.4	30	26.35	2005	24	17.6	42.6	20.8
1978	15.6	43.2	37	29.4	2006	47.5	22.4	25	34.95
1979	16.8	54.2	20.2	35.5	2007	23	22	28.4	22.5
1980	16.5	45.4	22	30.95	2008	32	23.7	174	27.85
1981	14.6	46.7	27.5	30.65	2009	23	26.4	29.4	24.7

1982	24.5	37.8	27.2	31.15	2010	33.4	32.1	37.6	32.75
1983	12.2	39.3	19.1	25.75	2011	31.8	25.4	42.8	28.6
1984	26.7	36	73.74	31.35	2012	26.33	34.2	28.99	30.265
1985	19.1	51.1	29.58	35.1	2013	16.91	34.07	22.05	25.49
1986	19.3	51	28.5	35.15	2014	61.57	48.51	171.62	55.04
1987	14	39.1	44.6	26.55	2015	20.32	40.93	29.58	30.625
1988	11.6	37.4	21.5	24.5	2016	21.04	37.43	28.8	29.235
1989	16	45.2	38.1	30.6	2017	19.86	23.86	56.08	21.86
1990	15.2	45	25	30.1	2018	13.14	67.32	39.96	40.23
1991	17.3	38.7	24.8	28	2019	16.54	36.83	29.43	26.685
					2020	24.20	41.28	53.93	32.74

Fuente: Elaboración propia

Análisis de frecuencia

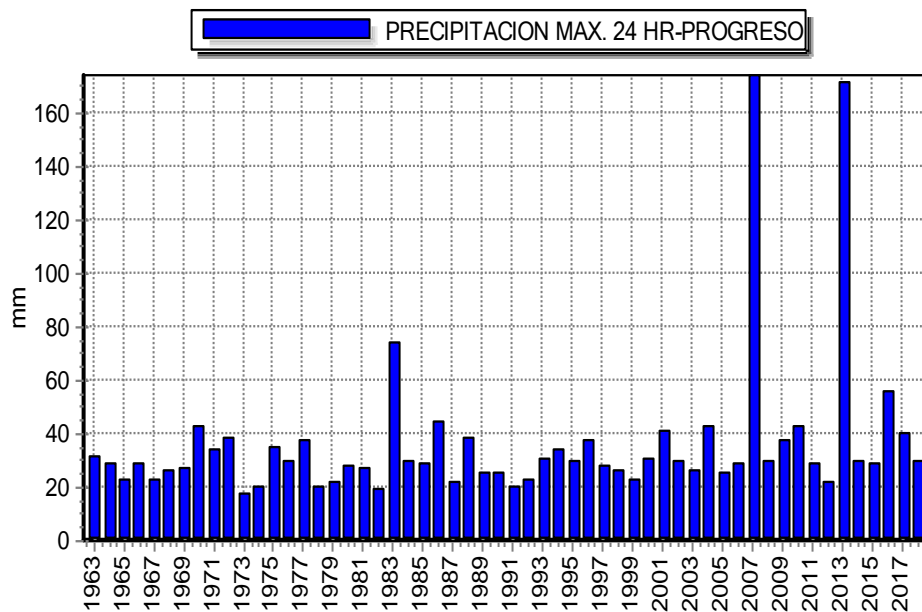


Figura 10. Grafica Anual de la Precipitación Máxima de 24hr. Estación Progreso.

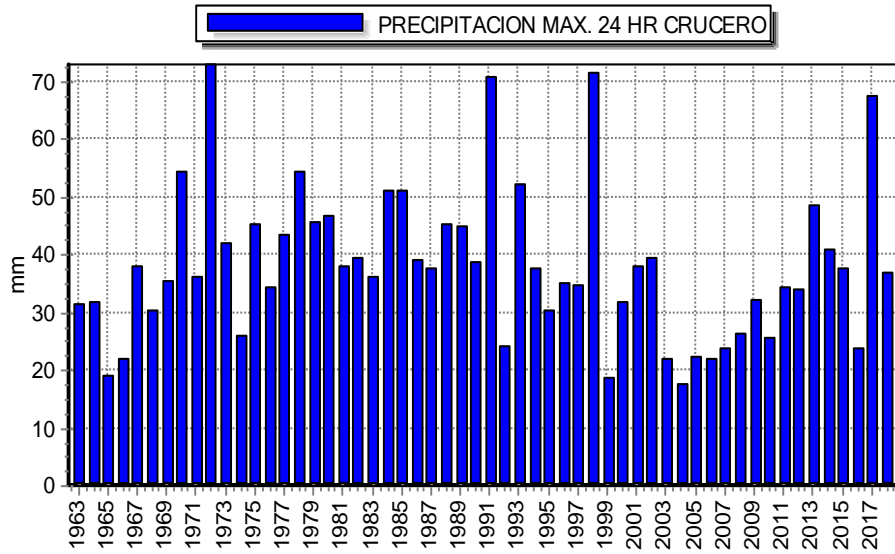


Figura 11. Grafica Anual de la Precipitación Máxima de 24hr. Estación Crucero.

Análisis de estadístico de distribuciones

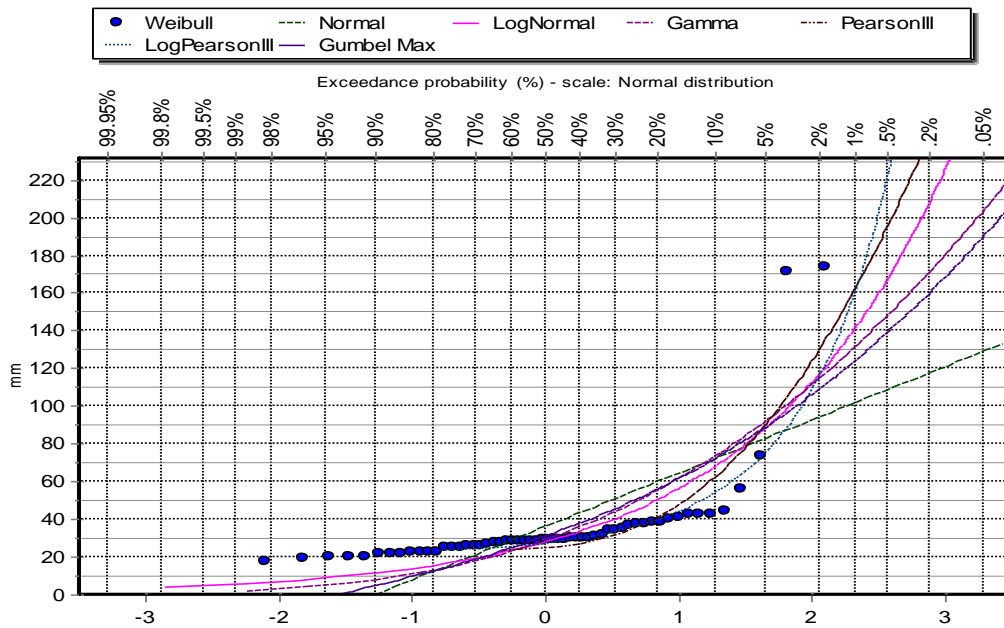


Figura 12. Análisis Estadístico de Distribuciones - Estación Progreso.

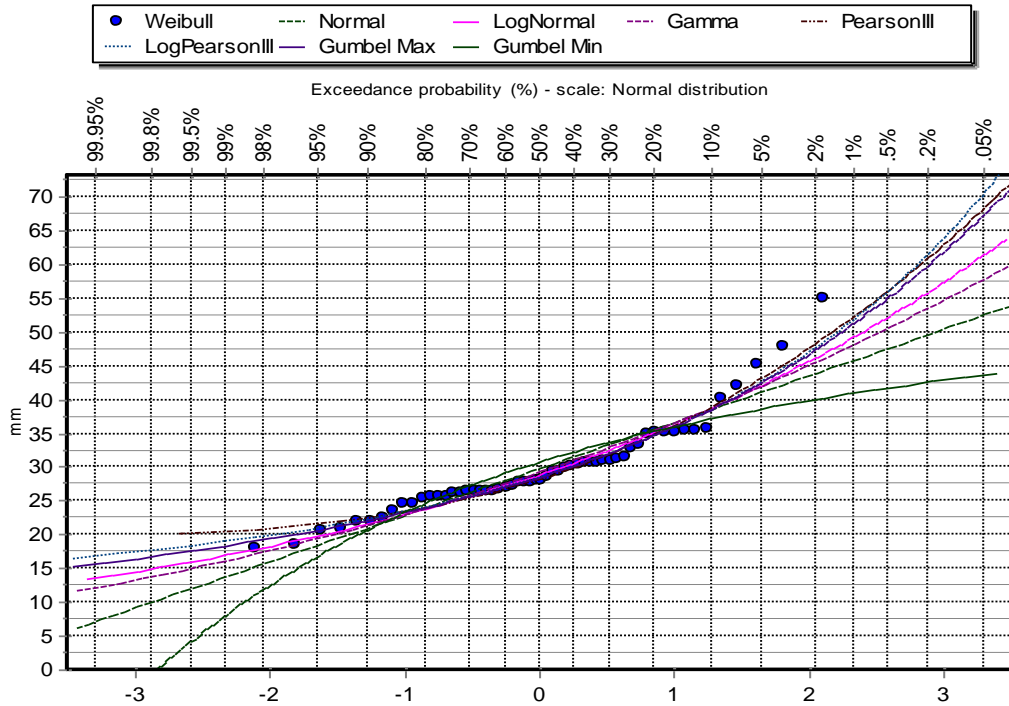


Figura 13. Análisis Estadístico de Distribuciones - Estación Crucero.

Prueba de ajuste

Estación Progreso:

Tabla 11: Ajuste test Kolmogorov-Smirnov estación Progreso.

Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	REJECT	REJECT	REJECT	0.01%	0.29759
LogNormal	REJECT	REJECT	REJECT	0.15%	0.25357
Gamma	REJECT	REJECT	REJECT	0.01%	0.29235
Pearson III	REJECT	REJECT	REJECT	0.01%	0.29644
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	9.31%	0.1655
EV1-Max (Gumbel)	REJECT	REJECT	REJECT	0.07%	0.2659
EV1-Min (Gumbel)	REJECT	REJECT	REJECT	0.00%	0.35792

Fuente: Elaboración Propia.

-Estación Crucero:

Tabla 12: Ajuste test Kolmogorov-Smirnov estación Progreso.

Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	36.79%	0.12272
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	79.06%	0.08698
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	88.30%	0.07822
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	81.44%	0.0849
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	77.72%	0.08812
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	77.50%	0.08831
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	REJECT	REJECT	3.45%	0.19038

Fuente: Elaboración Propia.

CURVAS IDF

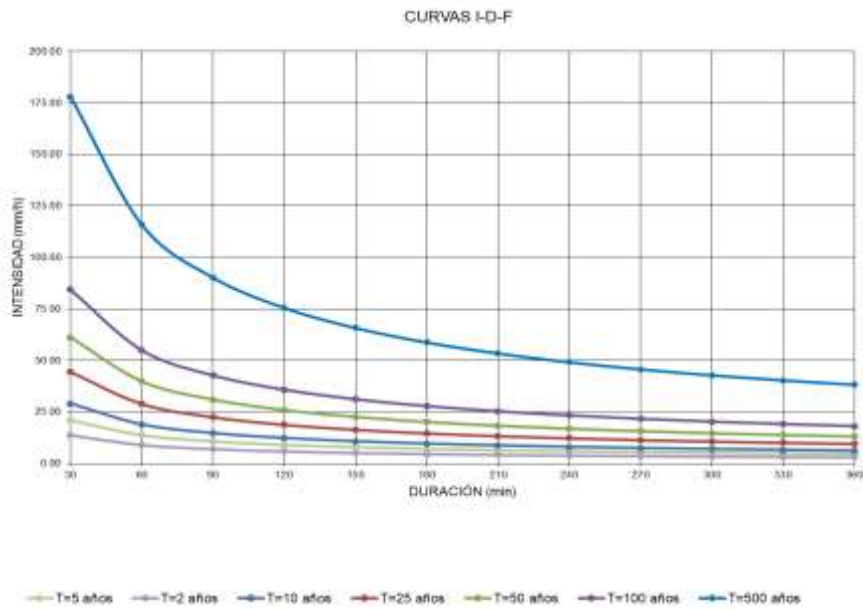


Figura 14. Curvas I-D-F Estación Progreso.

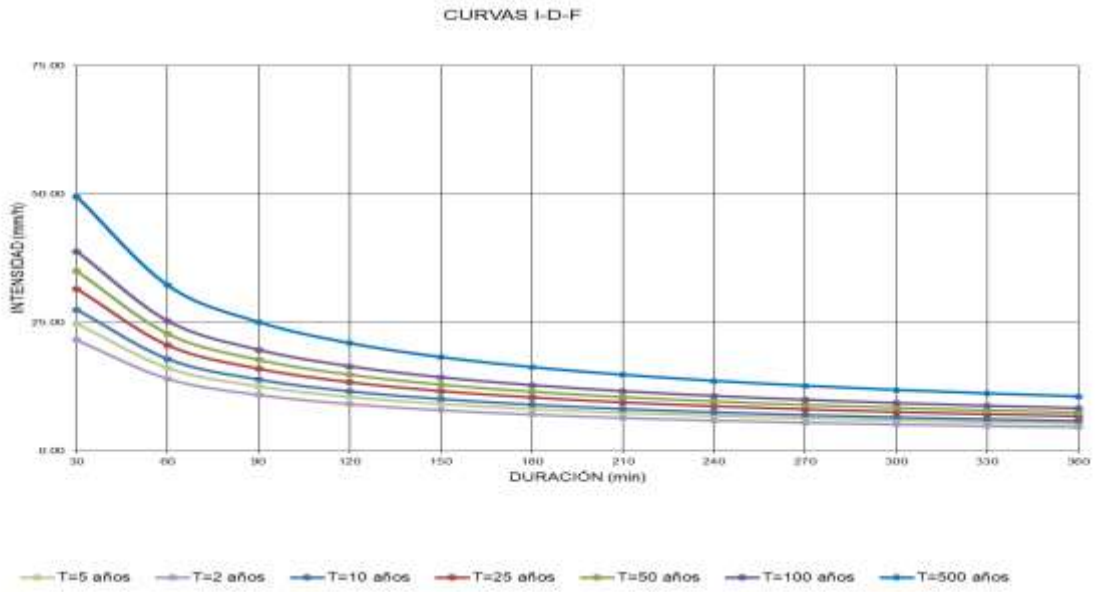


Figura 15. Curvas I-D-F. Estación Crucero

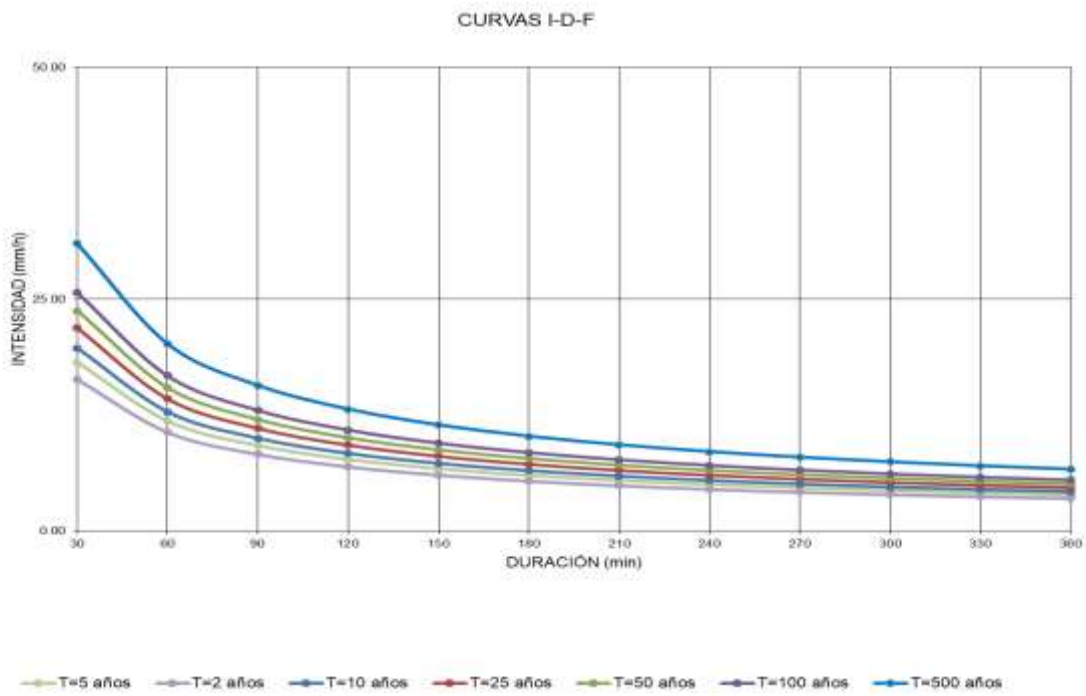


Figura 16. Curvas I-D-F. Estación Promedio Crucero y Ananea

Hietogramas de diseño



Figura 17. Hietogramas de Precipitación Para la Estación Progreso.



Figura 18. Hietogramas de Precipitación para la Estación Crucero.



Figura 19. Hietogramas de Precipitación Para la Estación Promedio Ananea y Crucero.

Modelamiento hidrológico

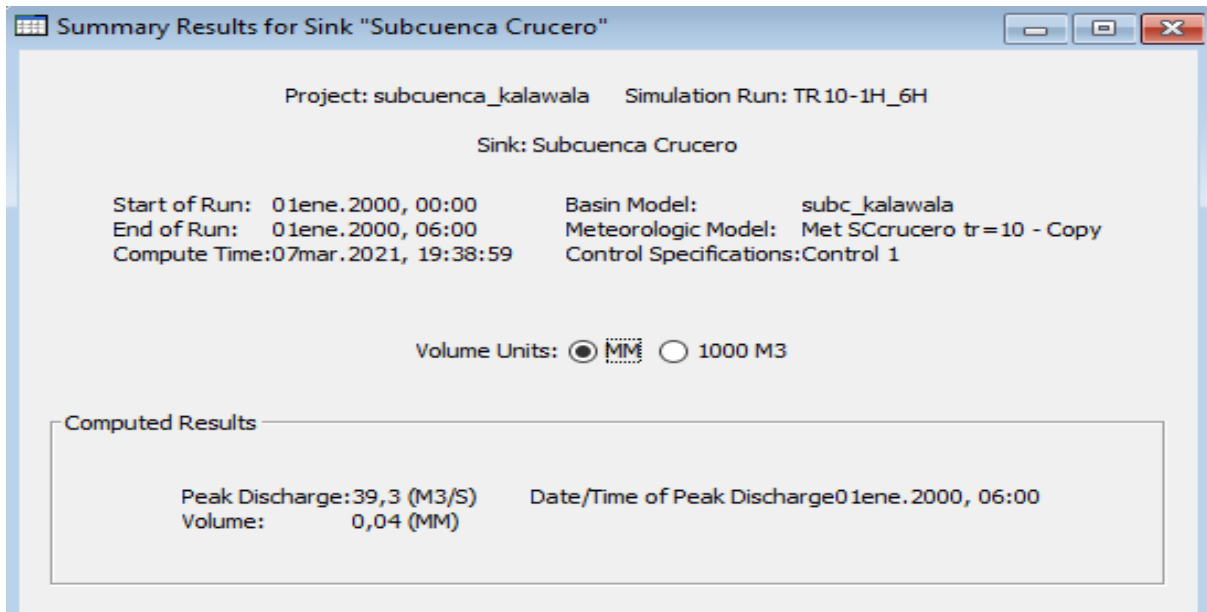


Figura 20. Caudal Máximo Resultante Para un TR=10 años Subcuenca Crucero.

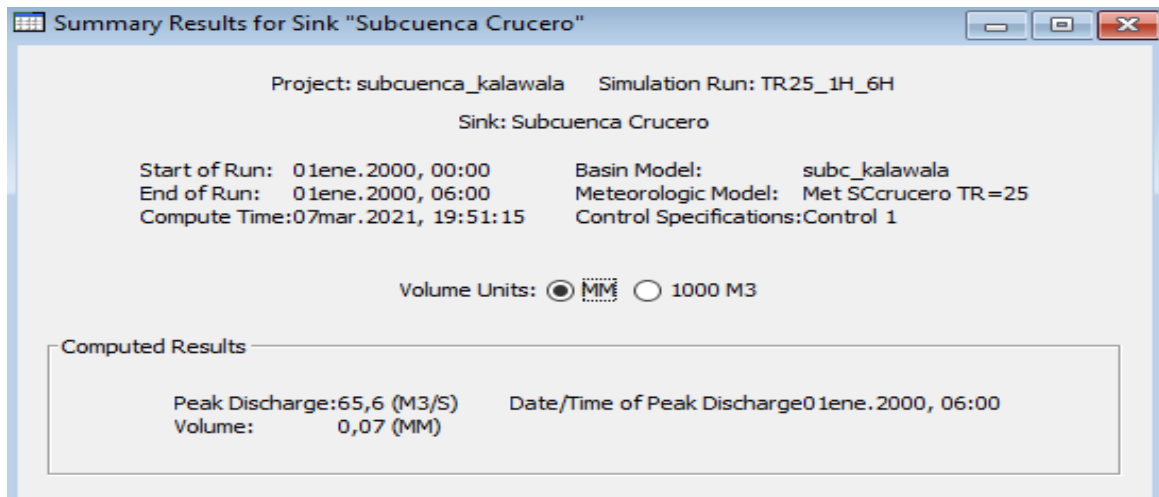


Figura 23. Caudal Máximo Resultante para un T.R=25 Años Subcuenca Crucero.

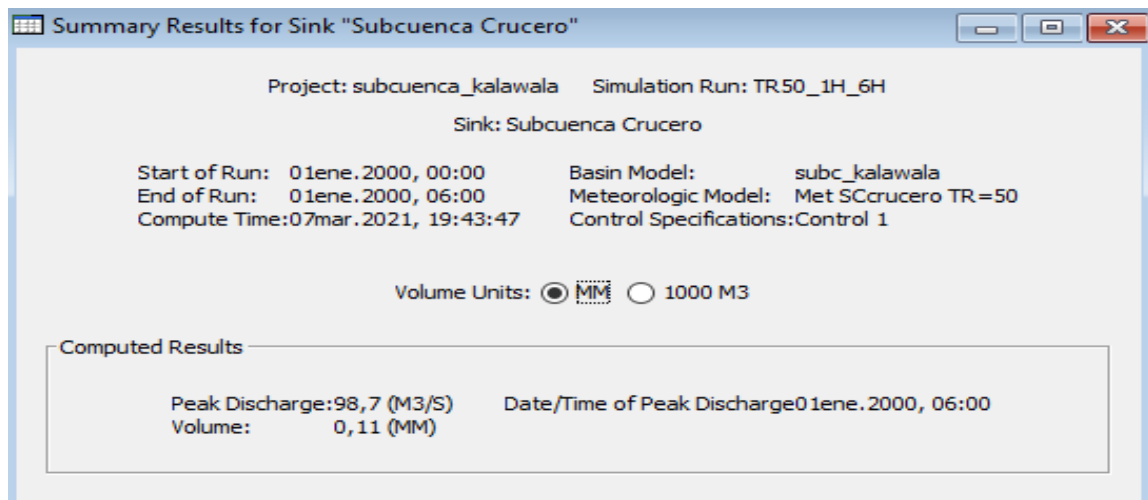


Figura 21. Caudal Máximo resultante para un T.R=50 Años Subcuenca Crucero.

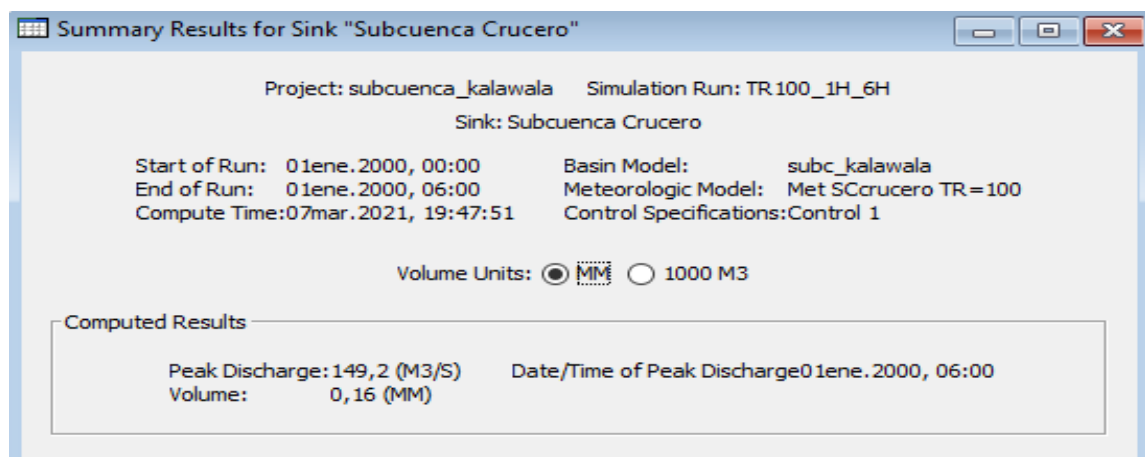


Figura 22. Caudal Maximo Resultante para un T.R.= 100 Años Subcuenca Crucero

Modelamiento hidráulico



Figura 24. Mapa de Inundación Resultante T.R.= 100 Años

Modelamiento hidráulico, secciones transversales.

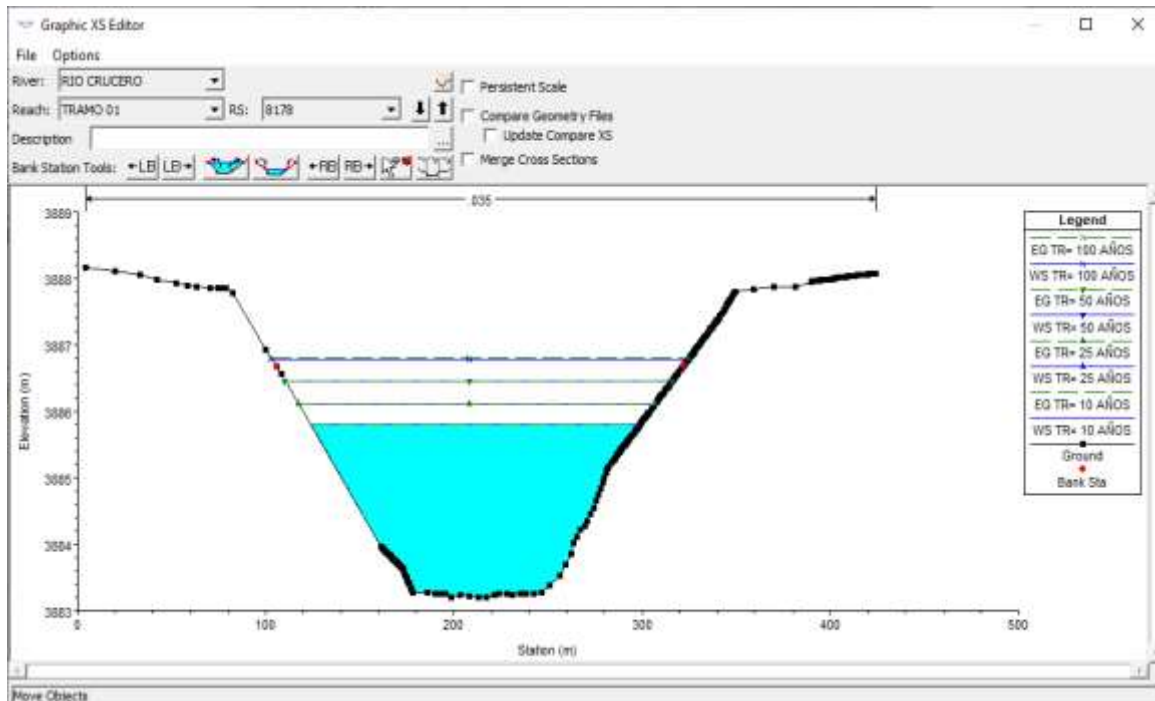


Figura 25. Sección Transversal Río Crucero Sección 8+178 km.

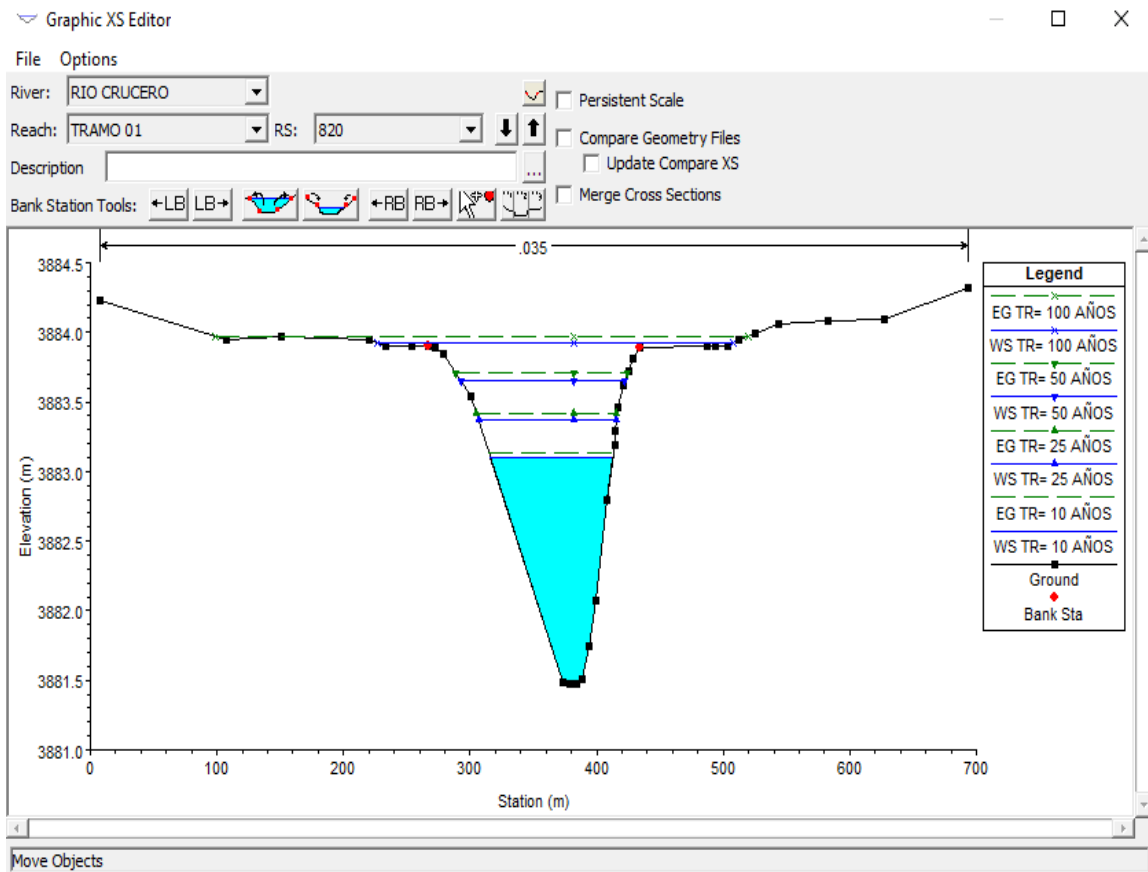


Figura 27. Sección Transversal Río Crucero Sección 0+820 km

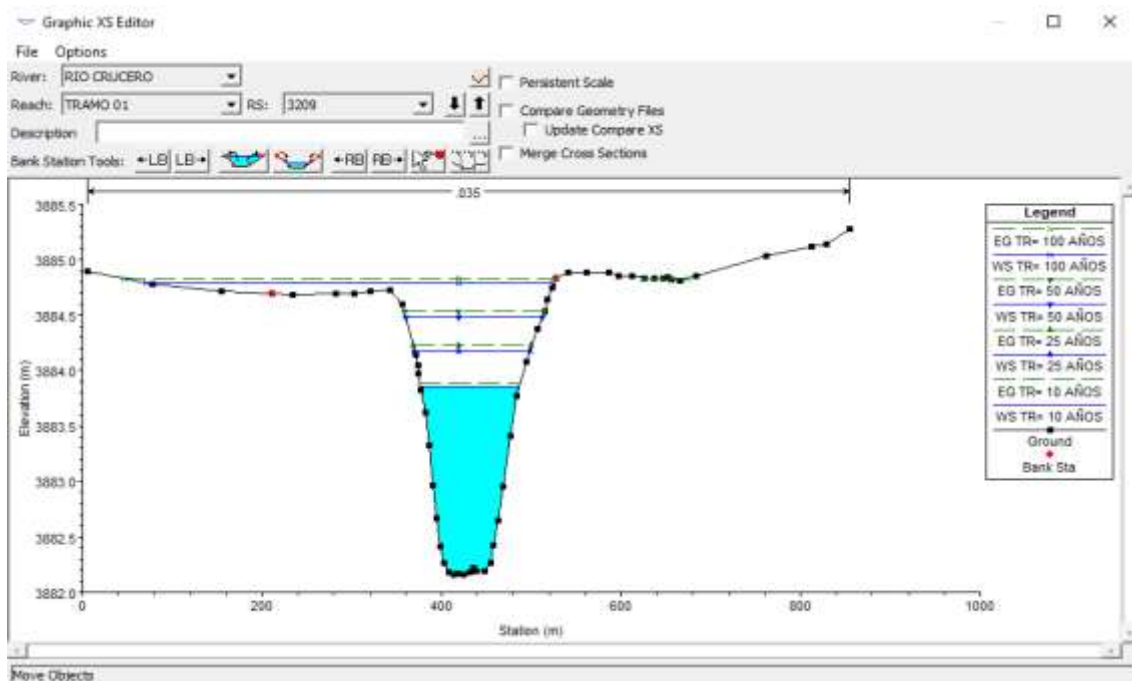


Figura 26. Sección Transversal Río Crucero Sección 3+209 km

ANEXO 06

PANEL FOTOGRAFICO



Fotografía 1. Levantamiento topográfico, en la zona de estudio



Fotografía 2. Ubicación de la zona de estudio



Fotografía 3. Zona Inundable, ubicada en el tramo 3+209 km



Fotografía 4. Zona Inundable, ubicada en el tramo 0 + 820 km




Fotografía 5. Zona afectada en máximas avenidas, ubicada en el tramo 3 + 209 km



Fotografía 6. Zona afectada en máximas avenidas, ubicada en el tramo 8 + 728 km

CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS



CERTIFICADO DE CALIBRACION

Nº 271-20

Nuevo
formateo
Calibración
Mantenimiento
Reparación
Garantía

DATOS DEL CLIENTE

CLIENTE	: ALCIDES MAMANI COAQUIRA
RUC	: 1047732418
DIRECCION	: PUÑO

IDENTIFICACION DEL INSTRUMENTO

INSTRUMENTO	: ESTACION TOTAL
MARCA	: LEICA
MODELO	: TS02POWER
SERIE	: 1331104
NUMERO ARTICULO	: 765274

CONDICIONES DE CALIBRACION Y CONDICIONES AMBIENTALES


LUGAR DE CALIBRACION	: Taller de mecanica de Precision, Optica Y Electronica de GEOCAF S.A.C.
TEMPERATURA	: 20 °C CON VARIACIONES QUE NO EXCEDIERON ± 0.5 °c
FECHA DE CALIBRACION	: 18 DE SETIEMBRE DEL 2020

TRAZABILIDAD DE LA VERIFICACION

EQUIPO	MARCA	MODELO	CODIGO INTERNO
SET COLIMADORES	SOUTH	NCS-1	ST.0023.12

Longitud de Enfoque:	550mm
Apertura Efectiva:	35mm
Campo de Visión:	2 ° 30'
Lectura Mínima:	30 "
Dist. del punto más cercano:	3m

Ángulo entre dos Tubos:	90 ° ± 15'
Sensibilidad de Burbuja:	20 "/ 2mm
Graduación de Rango:	H2: ± 30 "/ ± 30'
Altura de Funcionamiento:	170mm ~ 240mm
Dimensiones del Colima:	93cm x 30cm x 55cm



RESULTADOS DEL AJUSTE Y VERIFICACION

ERROR VERTICAL	: (OK / AJUSTADO)
VERTICALIDAD DEL TELESCOPIO	: (OK / AJUSTADO)
DOBLE CENTRO	: (OK / AJUSTADO)
PIOMADA OPTICA	: (OK / AJUSTADO)

ANGULOS	VALOR DEL PATRON	VALOR LEIDO EN EL INSTRUMENTO	ERROR	INCERTIDUMBRE
VERTICAL	90° 00' 00"	90° 00' 00"	0"	± 5"
HORIZONTAL	180° 00' 00"	180° 00' 00"	0"	± 5"

VERTICAL (OK / ___ ERR. CENTRADO) HORIZONTAL (OK / ___ ERR. CENTRADO)

VERIFICACION DEL DISTANCIOMETRO


MEDIDA INICIAL (METROS)	DIFERENCIA MEDIDA PATRON	MEDIDA PATRON (METROS)
4.3626	0	4.3626

ESPECIFICACIONES DE FABRICACION DEL INSTRUMENTO








LECTURA EN PANTALLA	1"
INCERTIDUMBRE ESTANDAR SEGUN DIN 18723	5"

CERTIFICADO PATRON LEICA

EL SET DE COLIMADORES ES CONTROLADO PERIODICAMENTE CON UNA ESTACION TOTAL LEICA TS15P DE PRECISION 1" CON SERIE 1669395 ESTO ES CON EL METODO DE LECTURAS DIRECTO E INVERSO Y ENFOCANDO AL RETICULO INFINITO.



VENCIMIENTO DE CERTIFICADO : 18 DE MARZO DEL 2021

Cel: 959 103 118

Fax: (01) 633-1707

ventas@gocaf-topografiasac.com

Av. Las Palmeras N° 3992 - Los Olivos Lima-Perú

ANEXO 08: Ficha técnica de levantamiento topográfico

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FICHA TÉCNICA	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
TESIS	"Medidas de mitigación para eventos de máximas avenidas del río Crucero en el sector Cangalli - Distrito Asillo - Azángaro - Puno - 2021"	
AUTOR	FLORES BERMEJO, DIANA	

I. Ubicación geográfica:

CÓDIGO	Levantamiento topográfico	Fecha:
Departamento:		Provincia:
Distrito:		
Coordenadas:	ESTE (m):	
	NORTE (m)	

II. Instrumentación:

Instrumento:	
Prismas:	
Wincha metálica:	
GPS:	
Cámara fotográfica:	
Radio de comunicación:	
Autocad civil 3D	

III. Datos de levantamiento topográfico


Nº	Descripción	Norte	Este	Altura	Observación

 Ing. Edwin M. Torres Arce
CIP. 798119
ING. CIVIL

 ANIBAL JESÚS PINEDA NEYRA
INGENIERO CIVIL
CIP. 66127


 Ing. F. J. A. Chirre
ING. CIVIL
CIP. 86002

ANEXO 09: Ficha técnica de modelamiento en software

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
TESIS :	"Medidas de mitigación para eventos de máximas avenidas del río Crucero en el sector Cangalli - Distrito Asillo - Azángaro - Puno – 2021"
AUTOR	FLORES BERMEJO, DIANA

Ubicación geográfica:

Departamento:		Provincias:	
Distritos:			
Subcuenca:			

Objetivos:		Instrumentos	
Objetivo general	Determinar el comportamiento de máximas avenidas del río Crucero en el sector Cangalli - Distrito Asillo - Azángaro - Puno – 2021	<ul style="list-style-type: none"> • Delimitación de la cuenca. • Curvas hipsométricas • Curva de frecuencia • Pendientes de cuenca 	

Objetivos:	Instrumentos	Información
Objetivos específicos	<ul style="list-style-type: none"> • Hec 4 • Hydromon • Minitab 	<ul style="list-style-type: none"> • Precipitación máxima de 24 horas (SENAMHI) 1964 – 2020.
Analizar los caudales máximos del río Crucero en el sector Cangalli - Distrito Asillo - Azángaro - Puno – 2021.	<ul style="list-style-type: none"> • Hec hms • Excel 	<ul style="list-style-type: none"> • Información de la cuenca • Datos de precipitación
Determinar el mapa de inundación mediante los eventos de máximas avenidas del río Crucero en el sector Cangalli - Distrito Asillo - Azángaro - Puno – 2021.	<ul style="list-style-type: none"> • Hec ras - Ras mapper • Levantamiento o topográfico – civil 3D. 	<ul style="list-style-type: none"> • Datos del Hec hsm • Caudales en distintos tiempos de retorno. • Levantamiento topográfico


 José Rodolfo M. Flores Bermejo
 CIP. 998193
 2002 CIVIL.


 ARISBAL JESÚS PIEDRA UTRILLA
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 63122


 José Antonio Chacón Canga
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 86022

ANEXO 10: Ficha técnica de modelamiento en software

Gmail | Buscar en el correo electrónico

1 de 4/4

REVISIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Diana Flores Bermejo <diaflorib@gmail.com>
para carlos.ruizvasquez

Buenas tardes Lic. Carlos Enrique Ruiz Vasquez, especialista en modelación numérica, soy Diana Flores Bermejo, estudiante de la Universidad César Vallejo me encuentro realizando la tesis "Medidas de mitigación para eventos de máximas avenidas del río Cruceño en el sector Cangalli - Distrito Asillo - Azangaro - Puno - 2021", por este medio solicito encarecidamente que usted pueda validar los instrumentos de recolección de datos, envío los instrumentos utilizados para dicha recolección.

FICHA TECNICA DE...

Carlos Ruiz Vasquez
para mí

Estimada Diana Flores Bermejo

Habiendo revisado sus instrumentos para la recolección de datos de su P. titulado "Medidas de mitigación para eventos de máximas avenidas del río Cruceño en el sector Cangalli - Distrito Asillo - Azangaro - Puno - 2021", doy por **VALIDADO** Para que pueda aplicar en su desarrollo de tesis

Atte

Lic. Carlos Enrique Ruiz Vasquez
CPF 9634, Físico
Especialista en Modelación Numérica
Laboratorio Continental de Puno - Instituto Mar del Perú

Redactor

Recibidos 3/7

Destacados
Prospectos
Importantes
Enviados
Borradores
Categorías
Más

Meet

Nueva reunión


Únirse a una reunión

Hangouts

Acceder

Si aprende, podrá usar Hangouts en todos los productos de Google. Más información

ANEXO 11: Memoria de cálculo

 UNIVERSIDAD CÉSAR VAL	MEMORIA DE CÁLCULO MODELADO	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
TESIS	"Medidas de mitigación para eventos de máximas avenidas del rio Crucero en el sector <u>Cangalli</u> - Distrito <u>Asillo</u> - Azángaro - Puno – 2021"	
AUTOR	FLORES BERMEJO, DIANA	

MEMORIA CÁLCULO

1. GENERALIDADES

1.1. ALCANCE

El presente documento describe el modelamiento numérico de HEC-HMS y HEC-RAS que se emplearán en la ejecución del proyecto: "MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA EVENTOS DE MÁXIMAS AVENIDAS DEL RIO CRUCERO EN EL SECTOR CANGALLI - DISTRITO ASILLO – AZÁNGARO"

1.2. OBJETIVO

Este documento comprende la modelación hidrológica e hidráulica del proyecto, contienen las disposiciones generales, establecidas de acuerdo a los procedimientos requeridos para realizar el proyecto "Medidas de mitigación para eventos de máximas avenidas del rio Crucero en el sector Cangalli - Distrito Asillo - Azángaro - Puno - 2021". El alcance general para la ejecución de la modelación comprende:

- Modelación Hidrológica
- Modelación Hidráulica

2. BASES DE DISEÑO

2.1. PROCESO DE DESARROLLO DEL MODELO

El desarrollo de un modelo lleva implícitas, una serie de fases que, aunque secuenciales, no son totalmente independientes, pues deben ser comprobadas, y el modelo verificado hasta que finalmente se considere apto para las simulaciones para las que ha sido concebido.


Ing. Edwin M. Torres Alvarado
CIP 198119
Ing. Civil.



Ing. Percy Javier Choza Obando
ING. CIVIL
CIP 86022




Diana Flores Bermejo
ING. CIVIL
CIP 64127

- La primera etapa en su construcción es el modelo perceptual. La elaboración de un modelo perceptual se basa en la comprensión por parte de las personas que van a trabajar sobre la unidad hidrológica a representar, de manera que puedan ponerse en común la experiencia del modelador y su interacción con el sistema hidrológico. El modelo perceptual constituye la base del desarrollo de un modelo (o esquema). El modelo conceptual una vez resuelta la manera de entender el funcionamiento de los distintos componentes del sistema por medio del modelo perceptual, el conceptual constituye ya la base del desarrollo de un modelo hidrológico final. Por consiguiente, éste ya es una formalización como modelo a través del cual se decide, por medio de formulaciones matemáticas, la definición de los límites del sistema, sus entradas, las variables de estado, las salidas, las conexiones y flujos de los componentes del sistema, etc. Este tipo de modelo (de diseño) no debe confundirse con el modelo conceptual matemático.
- La segunda etapa construye el modelo teniendo en cuenta dos principales cometidos: (1) su traducción matemática para que se formulen las entradas, procesos intermedios y salidas según el diseño preestablecido por el modelo conceptual y (2) su ensamblaje por medio de código de programación informático para que las ecuaciones puedan resolverse en un modelo de computadora.
- Calibración del modelo. El proceso de calibración consiste en la mejora selectiva de los parámetros iniciales del modelo de manera que este aproxime con mayor verosimilitud (sea más realista) los resultados estimados de la simulación. Normalmente la comprobación de la bondad del ajuste del modelo se realiza por medio de la comparación entre las variables hidrológicas medidas y las obtenidas con el modelo.
- Validación del modelo. La fase de validación consiste en la comprobación, una vez calibrado, por medio de simulaciones, de que el modelo funciona correctamente y conforme a los fines para los que ha sido desarrollado. Además de ser funcional, debe valorarse también que pueda ser utilizado sin dificultades tanto por la comprensión de su funcionamiento como por los requerimientos para su **parametrización**.


 Ing. Edwin M. Torres
 CIP 19819
 Ing. Civil.


 Ing. Pedro Javier Clavero
 ING. CIVIL
 CIR 86022


 Ing. Pedro Javier Clavero
 ING. CIVIL
 CIR 86022

2.2. MODELO HEC-HMS

- *Componentes del modelo meteorológico:* El modelo calcula la precipitación que requiere el modelo de ~~subcuenca~~. Este modelo puede utilizar información de precipitación puntual o por celdas, así como modelar lluvia o nieve incluyendo evapotranspiración. Los métodos para calcular la evapotranspiración incluyen un método de promedio mensual y el de ~~Priestley~~ Priestley Taylor.
- *Componentes de las especificaciones de Control:* Tienen que ver con establecer el tiempo de duración de la simulación, así como la fecha de inicio, la fecha de término y el intervalo de esta.
- *Componentes de datos de entrada:* Las condiciones de frontera en los modelos de cuencas y meteorológicos requieren series de tiempo, pares de datos y datos por celda. Dicha información puede capturarse a mano o puede incorporarse en forma de archivo HEC-DSS (HEC-Data Storage System)
- *Desarrollando un proyecto con HMS:* Para poder desarrollar un modelo hidrológico básico se deben de completar los siguientes pasos:
 - Crear un nuevo proyecto.
 - Definir las características físicas de la cuenca hidrográfica creando y editando un modelo de cuenca.
 - Seleccionar el método para el cálculo de la precipitación de la ~~subcuenca~~ e ingresar la información solicitada.
 - Ingresar datos de entrada: series de tiempo, pares de datos o datos por celda.
 - Definir las especificaciones de control.
 - Combinar el modelo de cuenca, el modelo meteorológico y las especificaciones de control para crear una ejecución de simulación.
 - Crear y ejecutar una simulación.]

2.3. MODELO HEC RAS

Un proyecto ~~Hec~~-Ras tiene una estructura conceptual muy clara, que se traduce en una serie de archivos de datos y resultados muy definidos que cabe conocer para sacar todo el provecho a las posibilidades del


Sergio Martínez
CIP 19819
ING. CIVIL



Ing. Pety-Jean Clavio
ING. CIVIL
CIP 86022



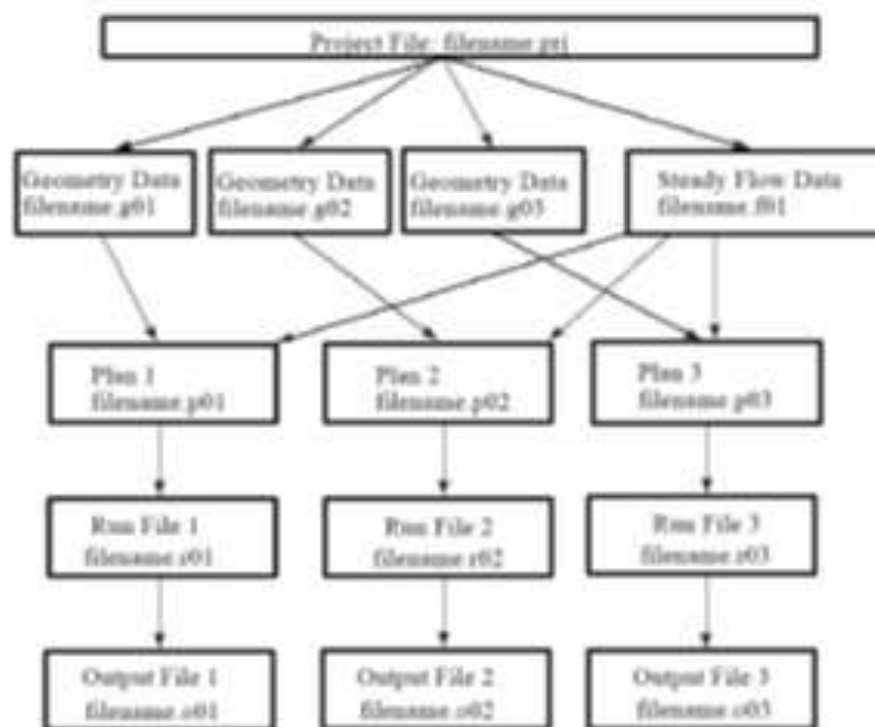
Miguel Ángel
ING. CIVIL
CIP 4137

programa.

Un estudio hidráulico consta de dos elementos fundamentales, que son por un lado la geometría del cauce, y por otra, las condiciones de flujo, definidas por el caudal y las condiciones de contorno. La combinación de distintas geometrías y condiciones de flujo provoca diferentes resultados, que pueden ser analizados por separado o conjuntamente. Esta es la filosofía de la estructura del proyecto Hec-Ras, donde un único proyecto puede contener multiplicidad de cálculos distintos.

Iniciamos el proyecto Hec-Ras asignando un nombre al proyecto ("filename"), que se mantendrá invariablemente para todos y cada uno de los ficheros generados posteriormente.

También es muy importante definir las unidades o métrica utilizada (en Sistema Internacional, SI, en esta parte de Europa). Así, en el primer nivel se genera el archivo "filename.prj", que contiene la información general de la estructura del proyecto (ficheros existentes y enlaces).



 Ing. Jairo Mario Jarama
C.P. 19819
Ing. Civil

 Ing. Jairo Mario Jarama
ING. CIVIL
CIR 001102

 Ing. Jairo Mario Jarama
ING. CIVIL
CIR 001102

3. PRINCIPALES PARAMETROS DE LA CUENCA APORTANTE – CUENCA CRUCERO

Se ha utilizado el Software ArcGis 10.2 para obtener las áreas parciales entre curvas de nivel. Para finalmente obtener las principales características de la cuenca, que a continuación detalla:

A.- AREA DE LA CUENCA

a.1. Datos obtenidos de la cuenca del rio:

A través del programa ArcGis 10.2, obtenemos lo siguiente:

Area total de la cuenca	4234,64	Km ²
Perimetro de la cuenca	485,081	Km

a.2. Cuadro de áreas parciales y acumulados según la altitud

Con el Software ArcGis 10.2 obtenemos el **Área de Acumulo** entre curvas de nivel o cotas, obtenemos las áreas Parciales:

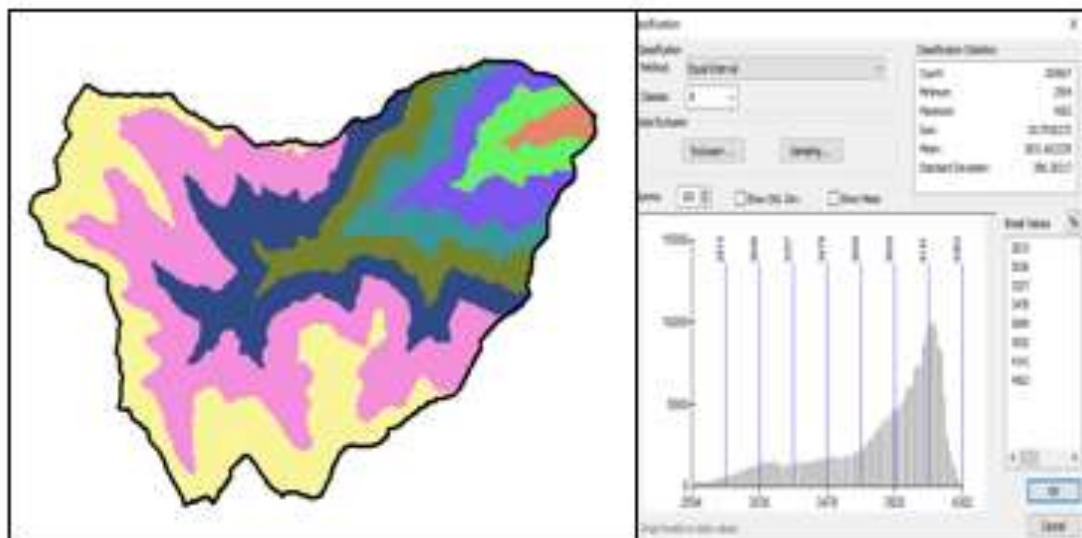


Gráfico N° 01: Áreas parciales y acumuladas para elaboración de Curva Hipsométrica

Soy Inge Micaela
07 190119
2024

ING. CIVIL
07 860122

ING. CIVIL
07 860122

B.- FACTOR DE RELIEVE

b.1. Cálculo de la curva hipsométrica

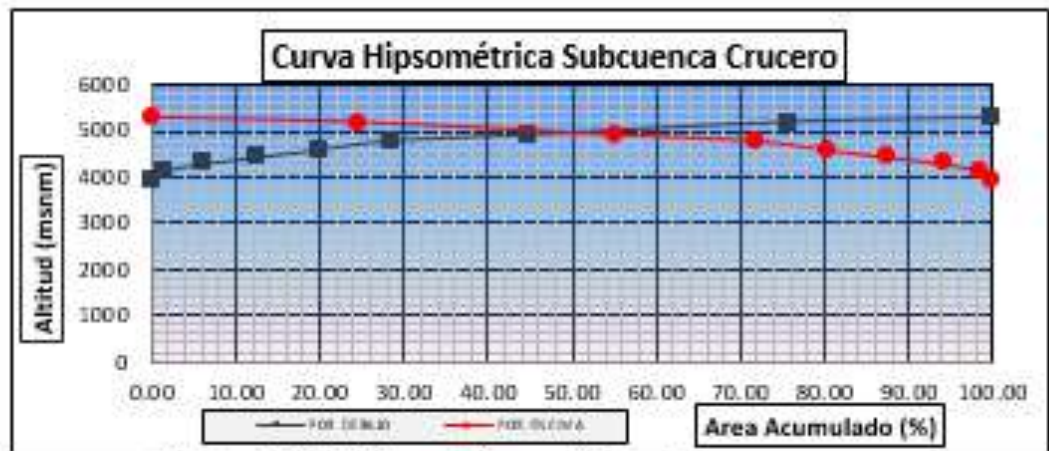


Gráfico N° 02: Curva Hipsométrica de la cuenca

b.2. Cálculo de la altitud media y cálculo de la altitud media ponderada

⊕

$$H = \frac{\sum a_i c_i}{A} \quad c_i = \frac{(c_i + c_{i-1})}{2}$$

Donde :

- a_i = Área parcial de terreno entre curvas de nivel
- c_i = Altitud media de cada área parcial entre dos curvas de nivel.
- A = Área de la cuenca

□

b.4. Cálculo de la altitud media simple

$$H_m = \frac{(c_M + c_m)}{2}$$

Donde:

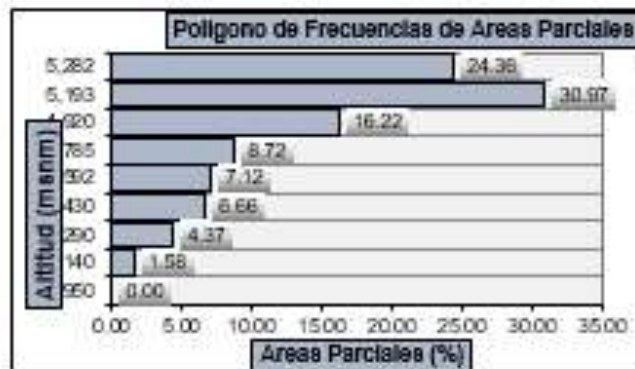
- C_M = Cota o altitud más alta de la cuenca
- C_m = Cota o altitud más baja de la cuenca


 Ing. Edilberto H. Torres Jarama
CIP 19219
2012


 Ing. Percy Javier Chacón Morales
ING. CIVIL
CIP 86022


 Ing. Luis Fernando Torres
ING. CIVIL
CIP 24427

b.5. Cálculo del polígono de frecuencia de áreas parciales



C. PARAMETROS DE FORMA

c.1 Cálculo del índice de Gravelius

$$K = 0.28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

2.016

El Índice de Gravelius (K):

Donde :

P =

Perímetro de la cuenca en Km

485.081

A =

Área de la cuenca en Km²

4234,840

Como el valor de K se encuentra entre los rangos de 1.00 - 1.25, la forma de la cuenca es REDONDA, en caso contrario Alargada

c.2. Cálculo del rectángulo equivalente

Lado mayor:

$$L = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K}\right)^2} \right)$$

214.638

Lado menor:

$$l = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K}\right)^2} \right)$$

19.738

Donde:

K =

Coeficiente de Compacidad o Índice de Gravelius

A =

Área de la cuenca en Km²

c.3. Cálculo del factor de forma

$$F_f = \frac{l}{L} = \frac{A}{L^2}$$



Donde:

L =

Longitud de la cuenca

212.614

A =

Ancho medio de la cuenca

19.917

Handwritten signature and text:
 Ing. Jairo Antonio...
 CIP 19879
 Ing. Civil



F = Factor de forma

0.094

D. PERFIL LONGITUDINAL DEL RIO

$$S = \left[\frac{n}{\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{S_n}}} \right]^3$$

E. PARÁMETROS RELACIONADOS CON LA RED HIDROGRÁFICA

e.1. Cálculo de la densidad de drenaje

$$D_d = \frac{L_t}{A}$$

Donde:

L = Longitud del cauce principal
Longitud de cauces aportantes
L_t = Longitud total de ríos
A = Área de la Cuenca

165,55	Km
33,21	Km
198,76	
4234,54	Km ²

D_d =

0,05

e.2. Cálculo de la frecuencia de los ríos: $Fr = N^{\circ} \text{cauces}/A$

e.3. Cálculo de la extensión media del escurrimiento superficial:

$$E_s = A/4L_i$$

e.4. Cálculo del tiempo de concentración:

$$T_c = \left(\frac{0.87 L^3}{H} \right)^{0.385}$$

1110.86


Ing. Héctor Martínez
C.I. 19819
Ing. Civil


Ing. Fely José Chiribari
ING. CIVIL
C.R. 19812



Ing. José María de León
ING. CIVIL
C.R. 19812

e. 5. Cálculo del índice de pendiente (Ip)

$$I_p = \sum_{i=1}^n \sqrt{\beta_i(a_i - a_{i-1})} \frac{1}{\sqrt{L}}$$

$$\beta_i = \frac{A_i}{A_i}$$

Porcentaje %	Tipo
< 5	Plano
5 – 12	Ligeramente ondulado
12 – 18	Ondulado
18 – 24	Fuertemente ondulado
24 – 32	Escarpado
32 – 44	Fuertemente escarpado
> 44	Montañoso

 Ing. Edna H. Torres
 Ing. Edna H. Torres
 Ing. Edna H. Torres

 Ing. José María Torres
 INGENIERO CIVIL
 C.R. 67012

 Ing. José María Torres
 INGENIERO CIVIL
 C.R. 67012

RESULTADOS MEMORIA DE CÁLCULO

 UNIVERSIDAD CÉSAR VAL	RESULTADOS	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
TESIS	"Medidas de mitigación para eventos de máximas avenidas del río Crucero en el sector <u>Cangalli</u> - Distrito <u>Asillo</u> - Azángaro - Puno – 2021"	
AUTOR	FLORES BERMEJO, DIANA	

OBJETIVO ESPECIFICO 1: Analizar las precipitaciones máximas de 24 horas para las estaciones meteorológicas del río Crucero en el sector Cangalli - Distrito Asillo - Azángaro - Puno – 2021.

PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS

Tabla 1: Resumen de los Parámetros Geomorfológicos de la Subcuenca Crucero.

PARAMETROS		UND	NOMENCLATURA	CUENCA		
Superficie total de la Cuenca		Km ²	At	4234.640		
Perimetro		Km	P	485.081		
Ubicación	Zona Proyección UTM	s/U	Zona	19		
	X	m	Coord. X	381161.79		
	Y	m	Coord Y	8367789.79		
Relación de Forma	Factor de Cuenca	Coeficiente de Compacidad (Gravelius)		s/U	$K_0 = 0.28 P / (At)^{1/2}$	2.016
		Factor Forma	Longitud de la Cuenca		Km	LB
	Ancho medio de la Cuenca		Km	$A M = At / LB$	19.917	
	Factor de Forma		s/U	$K_f = A M / LB$	0.094	
	Rectángulo Equivalente	Lado Mayor		Km	$K_c = (p^2 A)^{1/2} / 2 * (1 + (1 - 4/p^2 K_f^2))$	214.638
		Lado Menor		Km	$K_c = (p^2 A)^{1/2} / 2 * (1 + (1 - 4/p^2 K_f^2))$	19.738
	Densidad de Drenaje		Km/Km	$D_d = L / At$		0.047
Desnivel total de la cuenca		Km	Ht		1.332	
Altura media de la cuenca		m.s.n.m.	Hm		4887	
Pendiente Cuenca promedio (min)		m/m	8		0.0127	
Tiempo de Concentración Kirpich		min	$0.0196(L^2/3h)^{0.38}$		1110.86	
			6			

Fuente: Elaboración Propia.


Diana Flores Bermejo
C.I. 10299
Ing. Civil


Ing. César Clavero
ING. CIVIL
C.R. 88052


César Clavero
ING. CIVIL
C.R. 88052

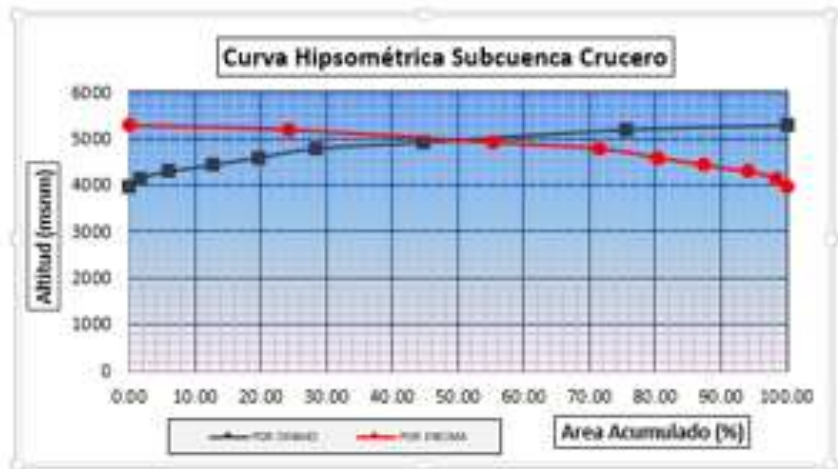
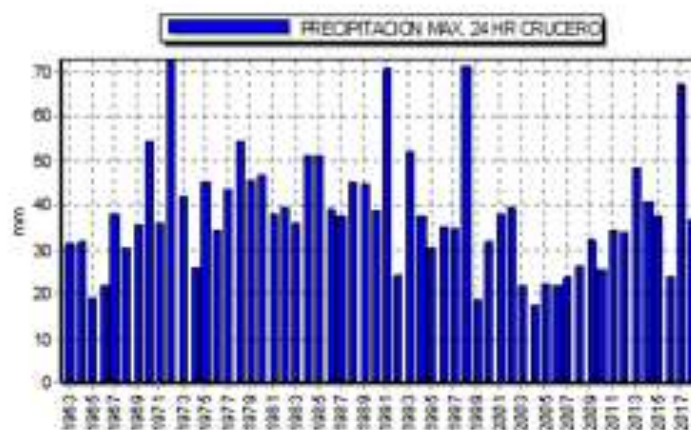
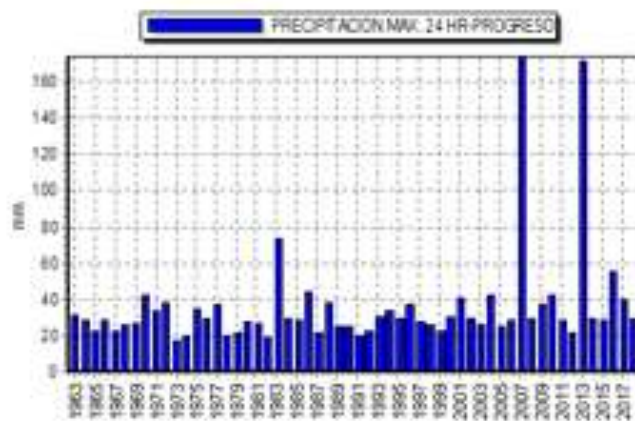


Figura 4. Curva Hipsométrica Subcuenca Crucero.

Análisis de frecuencia



A

Figura 11. Grafica Anual de la Precipitación Máxima de 24hr. Estación Crucero.





Figura 5. Grafica Anual de la Precipitación Máxima de 24 hr. Estación Promedio.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DISTRIBUCIONES

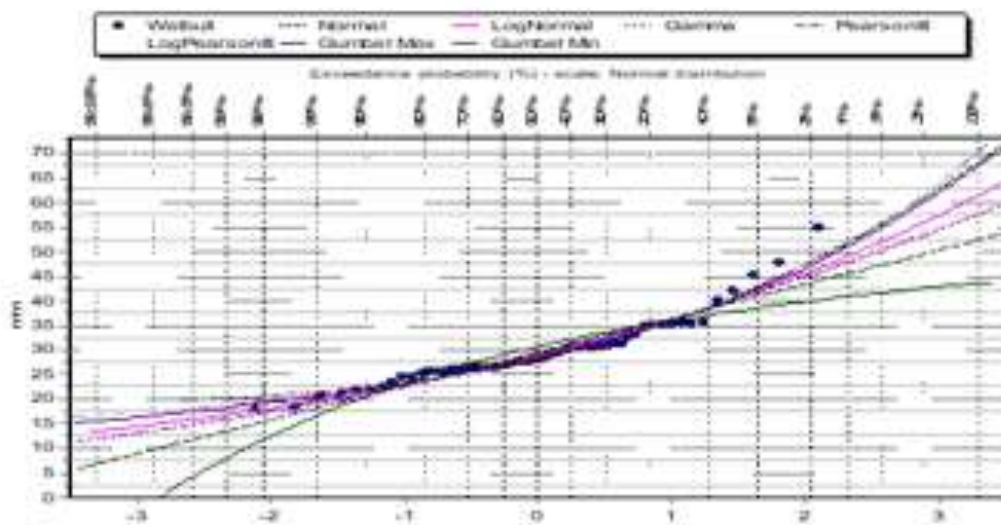


Figura 6. Análisis Estadístico de Distribuciones Estación Promedio.

[Handwritten Signature]
 Ing. Edgar H. Mora Arce
 CIP 118110
 Ing. Civil

[Handwritten Signature]
 Ing. P. J. José Claudio Flores
 ING. CIVIL
 CIP 081102

[Handwritten Signature]
 ING. JOSÉ TIGLA BUSTO
 CIP 0111
 CIP 0111

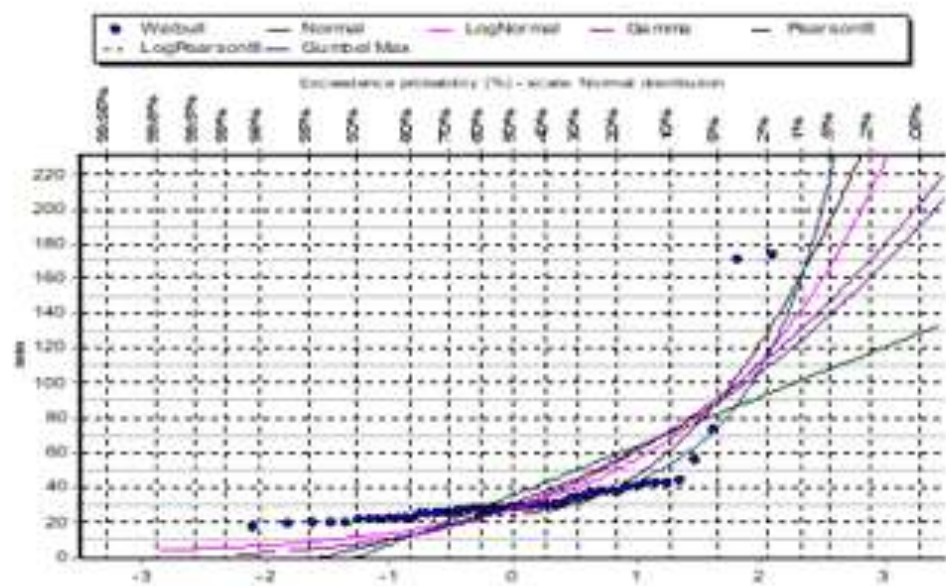


Figura 12. Análisis Estadístico de Distribuciones - Estación Progreso.

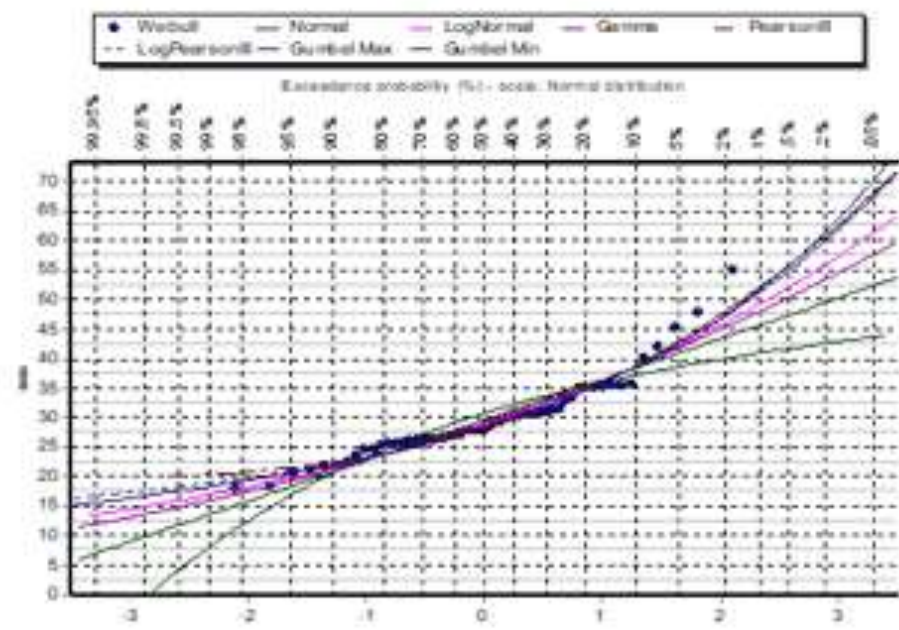


Figura 13. Análisis Estadístico de Distribuciones - Estación Crucero.

[Handwritten signature]
 Ing. Edwin M. Rodríguez
 CIP 70819
 Ing. Civil

[Handwritten signature]
 Ing. José Clavio Serrano
 ING. CIVIL
 CIP 86012

[Handwritten signature]
 Ing. José María Serrano
 ING. CIVIL
 CIP 84517

PRUEBA DE AJUSTE

Tabla 2: Ajuste test Kolmogorov-Smirnov estación Promedio - Estación Promedio Crucero y Ananea.

Kolmogorov-Smirnov test for All data	$\alpha=1\%$	$\alpha=5\%$	$\alpha=10\%$	Attained α	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	22.31%	0.13989
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	64.10%	0.09813
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	48.27%	0.11207
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	36.92%	0.12258
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	60.72%	0.10181
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	60.56%	0.10194
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	REJECT	REJECT	2.24%	0.20026

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 11: Ajuste test Kolmogorov-Smirnov estación Progreso.

Kolmogorov-Smirnov test for All data	$\alpha=1\%$	$\alpha=5\%$	$\alpha=10\%$	Attained α	DMax
Normal	REJECT	REJECT	REJECT	0.01%	0.29759
LogNormal	REJECT	REJECT	REJECT	0.15%	0.25357
Gamma	REJECT	REJECT	REJECT	0.01%	0.29235
Pearson III	REJECT	REJECT	REJECT	0.01%	0.29644
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	9.31%	0.1655
EV1-Max (Gumbel)	REJECT	REJECT	REJECT	0.07%	0.2659
EV1-Min (Gumbel)	REJECT	REJECT	REJECT	0.00%	0.35792

Fuente: Elaboración Propia.

-Estación Crucero:

Tabla 12: Ajuste test Kolmogorov-Smirnov estación Progreso.

Kolmogorov-Smirnov test for All data	$\alpha=1\%$	$\alpha=5\%$	$\alpha=10\%$	Attained α	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	36.79%	0.12272
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	79.06%	0.08698
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	88.30%	0.07822
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	81.44%	0.0849
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	77.72%	0.08812
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	77.50%	0.08831
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	REJECT	REJECT	3.45%	0.19038

Fuente: Elaboración Propia.


 Ing. Jairo David Torres
 OF. 19019
 Ing. Civil



CURVAS IDF

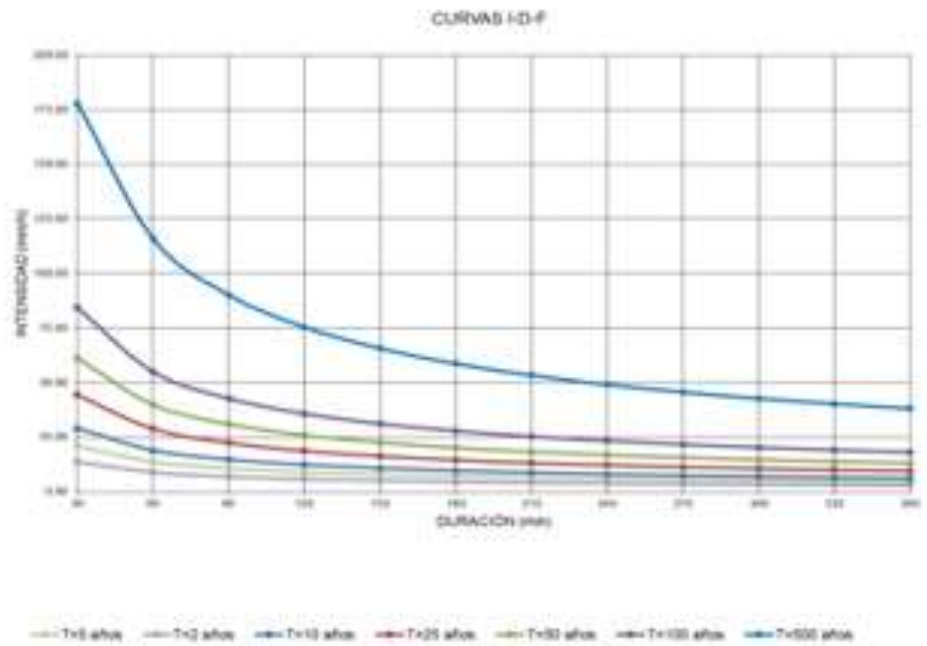


Figura 14. Curvas I-D-F Estación Progreso.

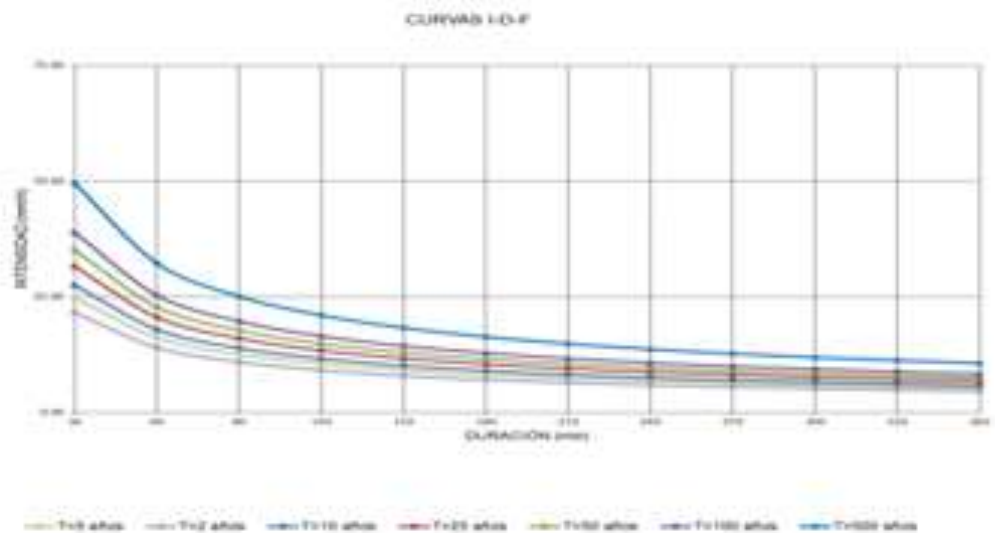


Figura 15. Curvas I-D-F. Estación Crucero


 Sergio H. Rodríguez
 Ing. Civil
 No. 10810
 No. 10810


 Ing. Civil
 No. 081152


 Ing. Civil
 No. 081152

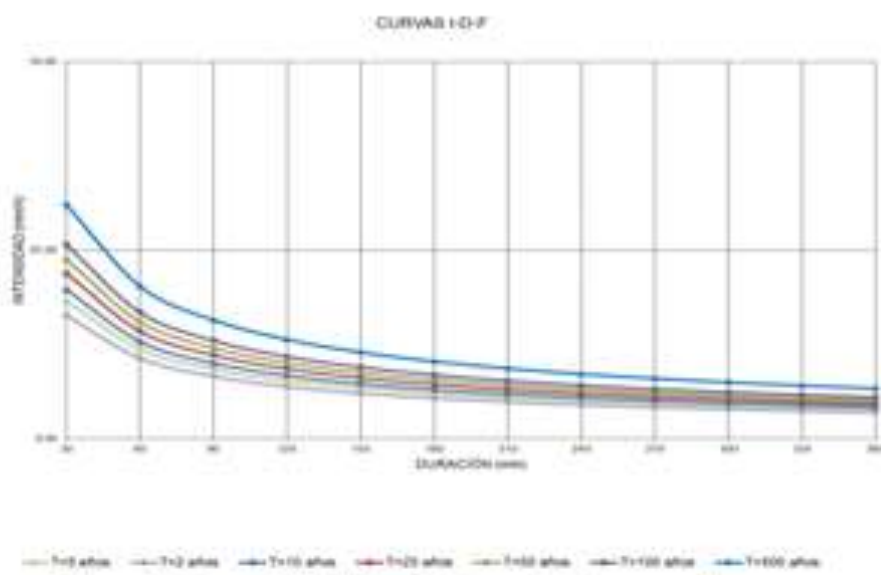


Figura 16. Curvas I-D-F. Estación Promedio Crucero y Ananea

OBJETIVO ESPECÍFICO N° 2: Analizar los caudales máximos del río Crucero en el sector Cangalli - Distrito Asillo - Azángaro - Puno – 2021.

HIETOGRAMAS DE DISEÑO

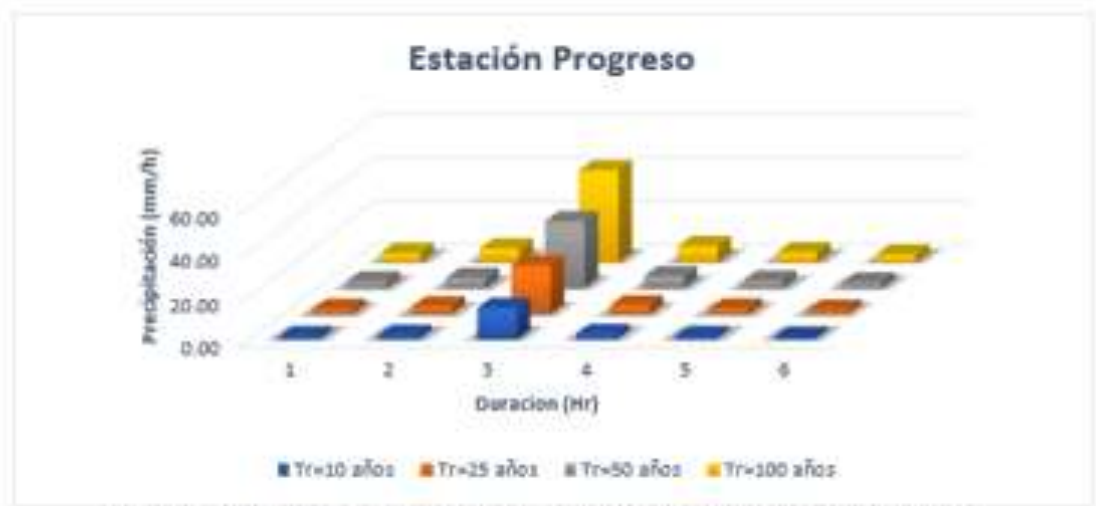


Figura 17. Hietogramas de Precipitación Para la Estación Progreso.

[Signature]
 Ing. Héctor Alvarado
 CIP 170119
 PUNO

[Signature]
 Ing. Pío Jesús Choque Torres
 INDI. CIVIL
 CIR 060022

[Signature]
 INGENIERO EN INGENIERÍA CIVIL
 CIP 170119
 PUNO



Figura 18. Hietogramas de Precipitación para la Estación Crucero.



Figura 19. Hietogramas de Precipitación Para la Estación Promedio Ananea y Crucero.

[Signature]
 Ing. Jairo Chiriqui
 CIP 13819
 Ing. Civil

[Signature]
 Ing. Jairo Chiriqui
 ING. CIVIL
 CIP 13819

[Signature]
 Ing. Jairo Chiriqui
 ING. CIVIL
 CIP 13819

MODELACIÓN HIDROLÓGICA

Tabla 3: Área, longitud del río principal y pendiente de las subcuencas.

Subcuencas	Área (Km ²)	Longitud río principal	Pendiente m/m
Subcuenca Ananea	2826.3	144.80186	0.0018511
Subcuenca San Antón	728.86	84.10431	0.0027183
Subcuenca Antauta	371.34	45.65656	0.0021483

Fuente: Elaboración propia.

Tiempo de concentración TC, se muestra el tiempo de concentración de subcuencas. Para las Subcuencas Ananea San Antón y Antauta obtenidos en HEC-HMS

Tabla 4: Tiempo de concentración subcuencas

Sub-cuencas	Kirpich (min)	Temez (min)	Formula California (min)
Subcuenca Ananea	2066.3	1088.1	2058.4
Subcuenca Antauta	802.3	439.9	799.2
Subcuenca San Antón	1172.9	669.3	1168.4

Fuente: Elaboración propia

Modelamiento hidrológico



Figura 20. Caudal Máximo Resultante Para un TR=10 años Subcuenca Crucero.

[Handwritten signature]
 Ing. Wilson M. Torres Arana
 CIP 73819
 Ing. Civil

[Handwritten signature]
 Ing. José Luis Chaska Morales
 ING. CIVIL
 CIP 84012

[Handwritten signature]
 Ing. Juan Pablo Torres
 ING. CIVIL
 CIP 44177



Figura 21. Caudal Máximo Resultante para un T.R=25 Años Subcuenca Crucero.



Figura 22. Caudal Máximo resultante para un T.R=50 Años Subcuenca Crucero.



Figura 23. Caudal Maximo Resultante para un T.R = 100 Años Subcuenca Crucero


 Sergio M. Torres
 Ing. Civil
 No. 179819
 C.R. 2008



 Juan Carlos Morales
 Ing. Civil
 No. 520122



 Juan Carlos Morales
 Ing. Civil
 No. 520122

OBJETIVO ESPECÍFICO N° 3: Determinar el mapa de inundación mediante los eventos de máximas avenidas del río Crucero en el sector Cangalli - Distrito Asillo - Azángaro - Puno – 2021.

MAPAS DE INUNDACIÓN



Figura 24. Mapa de Inundación Resultante T.R. = 100 Años

Tabla 6: Áreas de Inundación para la zona de estudio río Crucero

Tiempos de Retorno (años)	Secciones de desborde	Margen derecha	Margen izquierda	Área afectada	Área total afectada	Unidades
TR=10	Sección 8+178	23.4	25.2	123	1210	km ²
	Sección 3+209	1.8	213.5	609		
	Sección 0+820	12.5	14.7	478		
TR=25	Sección 8+178	65.3	43.7	480	1523	km ²
	Sección 3+209	2.2	288.2	789		
	Sección 0+820	34.6	19.9	254		
TR=50	Sección 8+178	98.4	69.9	345	1455	km ²
	Sección 3+209	4.3	311.67	678		
	Sección 0+820	76.9	45.6	432		
TR=100	Sección 8+178	104.21	80.98	632	2071	km ²
	Sección 3+209	2.3	326.42	872		
	Sección 0+820	88.28	31.73	567		

Fuente: Elaboración propia.

[Firma]
 Ing. Edwin M. ...
 CIP 15015
 Ing. Civil

[Firma]
 Ing. Fely José Claudio ...
 ING. CIVIL
 CIR. 82012

[Firma]
 ING. ...
 CIP 15015
 CIR. 82012

Modelamiento hidráulico, secciones **transversales**.

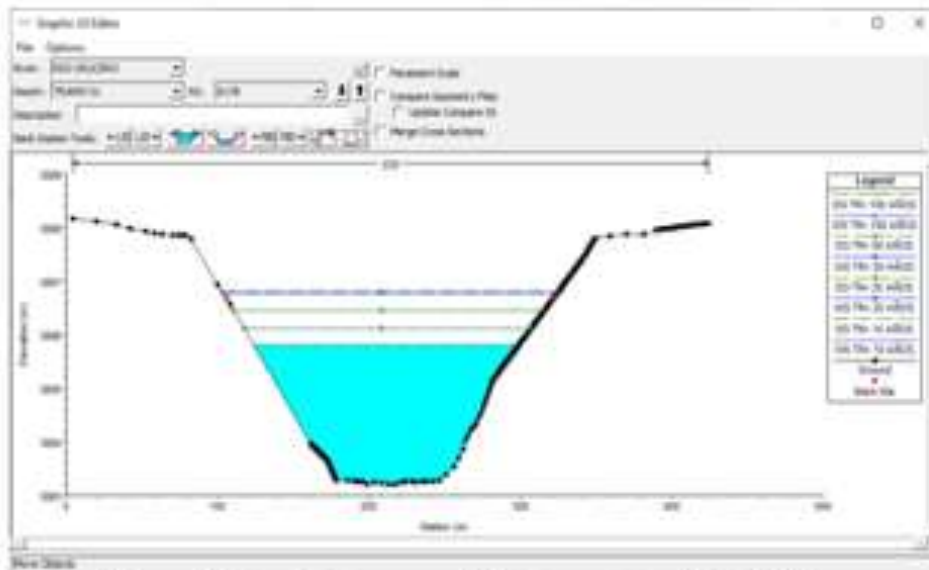


Figura 25. Sección Transversal Río Crucero Sección 8+178 km.

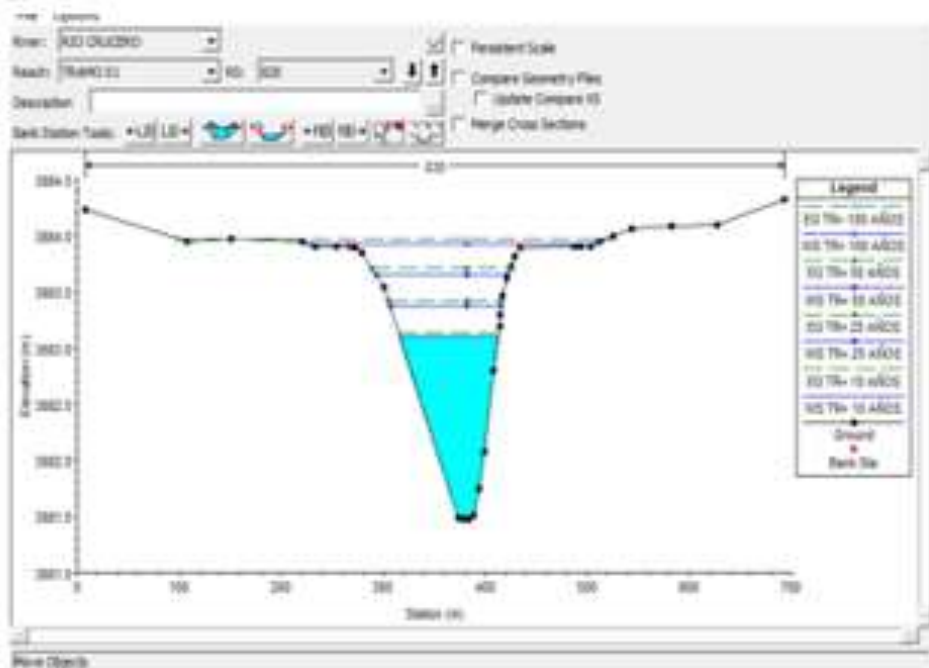


Figura 26. Sección Transversal Río Crucero Sección 0+820 km

[Handwritten Signature]
 Ing. Edgar A. Mora Arce
 CIP 17219
 Ing. Civil

[Handwritten Signature]
 Ing. Juan Carlos Ramos
 ING. CIVIL
 CIP 28002

[Handwritten Signature]
 Ing. Juan Carlos Ramos
 ING. CIVIL
 CIP 28002

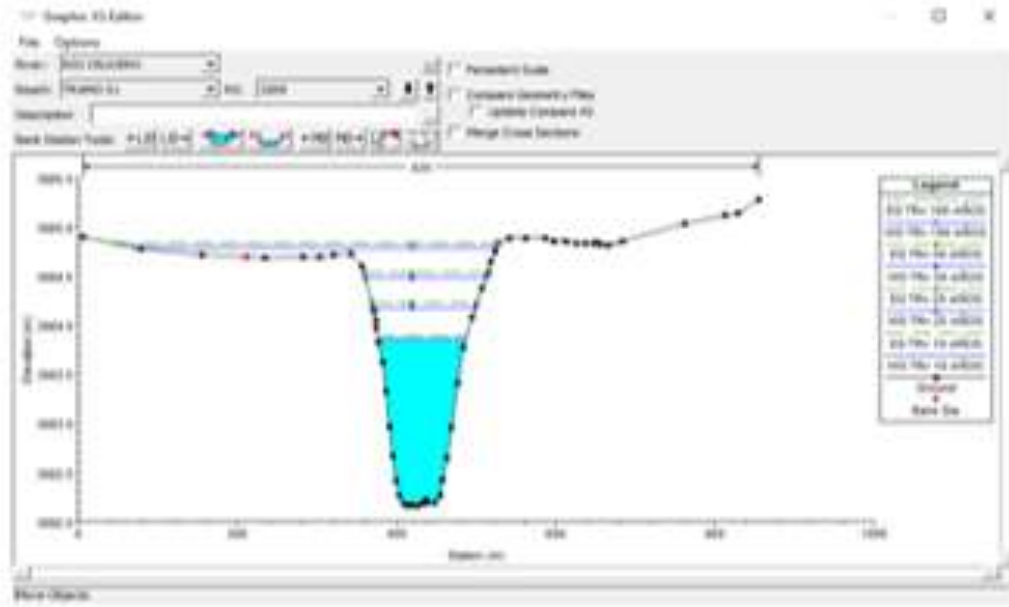


Figura 27. Sección Transversal Río Cruero Sección 3+209 km


 Ing. Edwin A. Torres Arce
 CIP 10819
 Ing. Civil



 Ing. Pety Jovita Chirva
 CIP 10819
 ING. CIVIL
 CIR 08002



 Ing. Pety Jovita Chirva
 CIP 10819
 ING. CIVIL
 CIR 08002