



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Determinación de caudales máximos del río Pomabamba para identificar las zonas de inundación en el distrito de Pomabamba, Ancash - 2021.”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Alonso Diestra, Alberto (ORCID:0000-0002-7387-4695)

ASESOR:

Mg. Contreras Velásquez José Antonio (ORCID:0000-0001-5630-1820)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

HUARAZ - PERÚ

2021

Dedicatoria

Esta tesis está dedicada en primer lugar a mis padres, por ser quienes día a día me brindan ánimo para seguir con las metas trazadas, a mis siempre recordados abuelos: Bertila y Alberto, quienes forjaron en mí ser una persona perseverante y con valores, a mi hija Ángela y mis familiares que están conmigo, confiando y apoyando siempre en mis objetivos.

Agradecimiento

Agradezco a mis docentes de la Universidad Cesar Vallejo, Ingenieros que con sus conocimientos y experiencias impartidas, me han permitido el desarrollo técnico-científico en esta carrera de Ingeniería Civil; así mismo agradecer a todos mis compañeros, amigos de la universidad, por compartir momentos de solidaridad, unión y aventuras, a todos mis amigos que siempre me han alentado a seguir con la superación académica y personal.

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	i
Agradecimiento.....	ii
Índice de contenidos.....	iii
Índice de tablas.....	iv
Índice de figuras.....	v
Resumen.....	vi
Abstract.....	vii
I.- INTRODUCCIÓN.....	01
II.- MARCO TEÓRICO.....	06
III.- METODOLOGÍA.....	40
3.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	40
3.2. Variables y operacionalización.....	40
3.3. Población, Muestra y Muestreo.....	41
3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	42
3.5. Procedimientos.....	44
3.6. Métodos de Análisis de datos.....	45
3.7. Aspectos Éticos.....	45
IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
4.1. Resultados.....	47
4.2. Discusión.....	75
V.- Conclusiones.....	79
VI.- Recomendaciones.....	81
Referencias	82
ANEXOS.....	87
Anexo 1. Matriz de consistencia.....	87
Anexo 2. Matriz de operacionalización de variables.....	88
Anexo 3. Instrumentos de recolección de datos.....	89
Anexo 4. Procedimiento.....	101
Anexo 5. Resultados de HEC-RAS.....	104
Anexo 6. Aporte Científico Para la Comunidad.....	110
Anexo 7. Verificación de la huella máxima histórica del río Pomabamba.....	111

Anexo 8. Información obtenida del ALA Pomabamba.....	112
Anexo 9. Fichas de recolección de datos de campo	113
Anexo 10. Mapas y planos.....	114
Anexo 11. Turnitin.....	115

Índice de Tablas y cuadros

Tabla 01. Índice de compacidad y la forma que lo caracteriza.....	13
Tabla 02. Fórmulas para determinar el tiempo de concentración.....	19
Tabla 03. Tiempos de retorno según tipo de estructura.....	27
Tabla 04. Estratificación de niveles de peligrosidad.....	34
Tabla 05. Niveles de peligrosidad.....	35
Tabla 06. Estratificación de riesgos.....	36
Tabla 07. Hoja de presupuesto para elaboración de proyecto de investigación	47
Tabla 08. Hoja de financiamiento.....	48
Tabla 09. Hoja de cronograma de ejecución de proyecto de investigación.....	48
Tabla 10. Análisis de doble masa.....	53
Tabla 11. Precipitación máxima en 24 hr. Corregida, estación Pomabamba..	54
Tabla 12. Resumen de resultados de prueba de bondad y ajuste SMIRNOV – KOLMOGOROV.....	61
Tabla 13. cuadro de probabilidad de precipitación según la distribución Log Normal.....	62
Tabla 14. cuadro de intensidades máximas por el método de Dick Peschke..	63
Tabla 15. Intensidades máximas de diseño en diferentes periodos de retorno.....	66
Tabla 16. Parámetros fisiográficos de la cuenca Rio Pomabamba.....	67
Tabla 17. Obtención de la curva hipsométrica.....	68
Tabla 18. Obtención del coeficiente de escorrentía por el método Mac Math.	69
Tabla 19. Obtención de caudales máximos promedio de ambos métodos.....	72
Tabla 20. Datos de maning para causes naturales, fuente UCS, USA.....	73
Tabla 21. áreas de inundación.....	74

Índice de Figuras

Figura 01. Ciclo hidrológico del agua.....	11
Figura 02. Caracterización de una cuenca.....	12
Figura 03. Orden de ríos según el modelo STRAHLER.....	13
Figura 04. Rectángulo equivalente.....	14
Figura 05. Registro de un fluviógrafo.....	17
Figura 06. Medidor de precipitación, pluviómetro convencional.....	20
Figura 07. Clasificación de la precipitación según la Intensidad.....	20
Figura 08. Niveles de almacenamiento.....	28
Figura 09. Prueba de bondad de ajuste por método gráfico.....	30
Figura 10. Zonas de sismicidad.....	37
Figura 11. Histograma de precipitación máxima en 24 hr. Estación Pomabamba.....	48
Figura 12. Histograma de precipitación máxima en 24 hr. Estación Sihuas.....	50
Figura 13. Histograma de precipitación máxima en 24 hr. Estación Yungay.....	51
Figura 14. Análisis de doble masa	53
Figura 15. histograma de precipitaciones máximas 24 hr. Corregidas, estación Pomabamba.....	55
Figura 16. verificación de datos dudosos con umbral máximo y mínimo, estación Pomabamba.....	56
Figura 17. Distribución de la serie observada y teórica D. NORMAL.....	57
Figura 18. Distribución de la serie observada y teórica LOG. NORMAL 2P.....	58
Figura 19. Distribución de la serie observada y teórica PEARSON TIPO III.....	59
Figura 20. Distribución de la serie observada y teórica LOG. PEARSON TIPO III.....	60
Figura 21. Distribución de la serie observada y teórica GUMBEL.....	60
Figura 22. Curva Intensidad Duración Frecuencia IDF.....	64
Figura 23. Obtención de la ecuación para Intensidad máxima.....	65
Figura 24. Gráfico que ubica la altitud de frecuencia media.....	68
Figura 25. Ábaco para determinar periodo de retorno.....	70

Resumen

El presente proyecto ha tomado el método probabilístico para el tratamiento de información meteorológica de precipitación, a falta de datos hidrométricos. Es así que siguiendo los lineamientos y publicaciones de Ven To Chow y Máximo Villón, se han hecho los cálculos de análisis de consistencia, verificación de distribución de probabilidades, entre otros que forman parte del procedimiento para obtener una tormenta de diseño o curva IDF; en base a esta información ha sido posible determinar las intensidades máximas de diseño en diferentes periodos de retorno. Seguido a ello la información fisiográfica de la cuenca recolectada en el proceso de investigación han sido determinante para la estimación de caudales, parámetros como son: el área, coeficiente de escorrentía, tiempo de concentración, entre otros; con la información básica obtenida se procedió al cálculo de caudales máximos empleando los métodos de Mac Math y Racional Modificado; se planteó un hipótesis general el que ha sido posible demostrar que las áreas de inundación varían en función de los caudales máximos de los diferentes periodos de retorno, es así que se pudo determinar mediante herramientas computacionales y aplicando el método del modelamiento hidráulico con el software HEC RAS, las áreas vulnerables a inundaciones. Con la generación de mapas de inundación se ha podido establecer un indicador de niveles de peligro en la zona de influencia del río Pomabamba. Con la información verificada en mapas e identificada las zonas vulnerables se plantea obras hidráulicas que mitiguen el impacto de las máximas avenidas.

Como un aporte adicional a la investigación en esta línea de obras hidráulicas se ha logrado instalar una regla limnimétrica que servirá como una estación hidrométrica, que se hace la entrega a la Autoridad Local del Agua Pomabamba para su monitoreo permanente.

Palabras claves: Intensidades máximas, Caudales máximos, métodos probabilísticos, periodo de retorno, vulnerabilidad, inundaciones.

Abstract

This project has taken the probabilistic method for the treatment of meteorological precipitation information, in the absence of hydrometric data. Thus, following the guidelines and publications of Ven To Chow and Máximo Villón, the calculations of consistency analysis, verification of probability distribution, among others that are part of the procedure to obtain a design storm or IDF curve have been made; Based on this information, it has been possible to determine the maximum design intensities in different return periods. Following this, the physiographic information of the basin collected in the research process has been decisive for the estimation of flows, parameters such as: area, runoff coefficient, concentration time, among others; With the basic information obtained, the maximum flows were calculated using the Mac Math and Modified Rational methods; A general hypothesis was raised which has been possible to demonstrate that the flood areas vary as a function of the maximum flows of the different return periods, so it could be determined using computational tools and applying the method of hydraulic modeling with the HEC software. RAS, areas vulnerable to flooding. With the generation of flood maps it has been possible to establish an indicator of danger levels in the area of influence of the Pomabamba river. With the information verified on maps and identified the vulnerable areas, hydraulic works are proposed to mitigate the impact of the maximum avenues.

As an additional contribution to research in this line of hydraulic works, a limnimetric rule has been installed that will serve as a hydrometric station, which is delivered to the Pomabamba Local Water Authority for permanent monitoring.

Keywords: Maximum intensities, Maximum flows, probabilistic methods, return period, vulnerability, floods.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel global se atraviesa por una etapa de cambios, principalmente se relaciona por el elevado calor de nuestro planeta y la variedad de climas que se presenta, sus consecuencias nos han llevado a situaciones lamentables de pérdidas humanas y pérdidas materiales incalculables; según **Gares, Pichs y Gonzales** nos indican que hablar de cambios climáticos conlleva a determinar las alteraciones de las variables meteorológicas o climáticas en periodos suficientemente largos que mantienen un medio, cuando se observen fluctuaciones considerables en base a este periodo de tiempo que diferencian con los valores promedio, se puede preestablecer que se está en presencia de un cambio climático.

Nuestro país no es ajeno a ello, por lo contrario en las últimas décadas se puede notar las consecuencias severas de los sucesos denominados el niño y la niña, últimos más notorios en los años 1997-1998, 2016-2017; se han manifestado con una intensidad extraordinaria según cuadro de INDECI. En tal sentido lo primero es necesario identificar desde su origen; el suceso *“El Niño es un acontecimiento que se encuentra en el Océano-Atmosférico, sus características del océano y de la atmósfera por el cambio intensivo de las aguas de la superficie del mar oceánico Pacífico Ecuatorial y frontis de la costa del Perú y del Ecuador genera cambios a diferentes escalas regionales y globales”*. **INDECI 2017, pag.11**. Durante la ocurrencia del fenómeno del niño costero 2016-2017 dejó como saldo muy resaltantes las zonas inundadas los territorios del norte Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad, principalmente causados por el tránsito de avenidas en ríos que desembocan en el océano pacífico; según la publicación de **INDECI 2017** más de un millón 782 mil 316 personas resultaron afectados y damnificados entre Tumbes, Piura y Lambayeque, perjudicándolos en pérdidas parciales y en otras totales de sus bienes; en más del 50 % de las familias pertenecientes a territorios norteños del Perú según una publicación de Mongabay Latam¹. En este acontecimiento 138 personas perdieron la vida, 459 personas resultaron heridas y 18 resultaron desaparecidos. Muchas de las importantes infraestructuras de transporte y comunicaciones también se vieron afectadas como son el caso de puentes, carreteras y estructuras de irrigación; con fecha 10 de febrero, el gobierno del Perú dictó el Decreto Supremo N° 014 - 2017- PCM, lo cual

declaró que los territorios de ubicados en Cajamarca, Ancash y La Libertad están en eventualidades por siniestros producidos por efectos de lluvias intensas y permanentes.

En la región de Áncash, las severas crecientes de quebradas y ríos han resultado muy destructivas en lo que respecta a infraestructuras de transporte y comunicaciones, daños a la propiedad e infraestructuras de irrigación que sumados todas estas acciones han generado un retraso en el proceso de desarrollo, aumento de los niveles de pobreza extrema e induce a la proliferación de enfermedades, virus y plagas en las zonas de inundación; según INDECI, las provincias más afectadas en la región de Áncash son Huarmey, Santa y Casma por su ubicación en la zona de descarga de la cuenca hacia el océano pacífico, por sus características morfológicas costera resulta ser de muy poca eficacia los trabajos de descolmatación y defensa riveriega instalados en los ríos mencionados, este último a razón de que los ríos mantienen altitudes muy similares que las ciudades. Al respecto, en la zona sierra-andina de Áncash los efectos principales provocados por las excesivas precipitaciones son las destrucciones de carreteras, puentes, deslizamientos a causa de factores erosivos, inundaciones a ciudades adyacentes a los ríos y quebradas; por ello se podría deducir que las estructuras hidráulicas que fueron calculadas sin considerar los caudales elevados para diversos tiempos de venida se ven seriamente afectados y/o destruidos.

En la ciudad de Pomabamba también han existido eventos extraordinarios en lo que se refiere a precipitación y consecuentemente avenidas máximas de las quebradas y ríos que conforman la microcuenca de Pomabamba, motivo principal que se mencionó anteriormente. Según las publicaciones del diario *El Peruano*, el 09 de febrero del 2019 la provincia de Pomabamba es declarada en estado de emergencia bajo decreto supremo N° 020-2019/PCM y prorrogado con DS N° 111-2019/PCM por 60 días, por el inminente peligro de erosión e inundación pluvial debido a las intensas precipitaciones, este acontecimiento nos hace comprender la existencia de las avenidas máximas en los diferentes periodos de retorno, que a su paso genera destrucción de viviendas, carreteras, puentes, inundación y socavación de predios, entre otros. Las carreteras y los puentes construidos en los últimos 30 años no han considerado los caudales máximos del río, razón por el cual muchos de ellos se

han visto afectados hasta el grado de destrucción. En los últimos años también se ha podido notar un crecimiento población muy rápido, a su vez invasión de la faja marginal del río por la construcción de viviendas u otras instalaciones por personas negligentes y desinformados, convirtiéndose así en una preocupación alarmante en vista de que el río siempre recupera su cauce natural. La municipalidad provincial de Pomabamba no cuenta con un estudio hidrológico detallado con el cual apoyarse y generar un plan estratégico de contingencia y mitigación ante acontecimientos de avenidas del río, delimitación de faja marginal; no están establecidos las posibles zonas de inundación que debería ser protegidas con estructuras hidráulicas de defensa; de este modo la franja del río Pomabamba en la ciudad del mismo nombre es escenario perfecto para los desastres naturales producidos por las intensas precipitaciones y descarga de caudales extremos.

Es por ello que se plantea el **Problema general:** ¿Cómo influye el caudal máximo en la identificación de las zonas de inundación del río Pomabamba, distrito de Pomabamba, Ancash - 2021?; **Problemas específicos:** ¿Cómo influyen los métodos estadísticos basados en precipitaciones, en la determinación de los caudales máximos del río Pomabamba, del distrito de Pomabamba - Ancash 2021?; ¿De qué manera influyen los parámetros fisiográficos de la cuenca en el comportamiento hidráulico de las máximas avenidas del río Pomabamba, en el distrito de Pomabamba, Ancash - 2021?; ¿Cuáles son las áreas inundadas por los caudales máximos del río Pomabamba en el distrito de Pomabamba, Ancash - 2021?; ¿Cuáles son los niveles de vulnerabilidad ante la ocurrencia de caudales máximos del río Pomabamba en el distrito de Pomabamba, Ancash - 2021?.

Es así que se plantea cinco justificaciones de la investigación, la primera **justificación teórica:** en la hidrología están establecidos métodos probabilístico para el tratamiento de información de precipitación, apoyadas por los diferentes métodos más conocidos: Gumbel, Nash, Normal, Log. Normal 2P y Log. Normal 3P; se pretende emplear estos métodos existentes conjuntamente con los software Hidro Esta, Hec-RAS, Civil 3d, que podrán ser de base teórica para estudiantes de ingeniería y diferentes proyectistas que busquen estimar caudales de diseño; aportando positivamente de esta manera a calcular y verificar rápidamente las zonas de inundación con el modelamiento

hidráulico; la segunda, **Justificación práctica:** los fenómenos naturales frecuentemente provocan avenidas máximas de los ríos, en los diferentes periodos de retorno; principalmente en las últimas décadas se notan más diversos, esto a medida que el calentamiento global provoca los cambios climáticos, en este sentido se requieren conocer y dominar los diferentes métodos convencionales de cálculo para estimar caudales máximos en los ríos, a fin de evitar cuantiosos daños. La tercera, **Justificación económica:** los eventos extremos de caudales en ríos generan inundaciones que en muchas ocasiones han dejado pérdidas invaluable económico y de vida humana; por tal motivo el presente proyecto pretende realizar una modelación hidráulica del río Pomabamba al margen de la ciudad del mismo nombre, de esta manera, llamar la atención para que las entidades gubernamentales intervengan con la implementación de zonificación y delimitación de zonas urbanas y obras de defensa riveraña. La cuarta, **Justificación metodológica:** presenta justificación metodológica porque permite estudiar el problema, las cuales no se pueden tener el resultado exactamente certero, pero si aproximaciones muy importantes empleando los métodos probabilísticos y los modelamientos. La quinta, **Justificación social:** tiene justificación social porque la población ubicada cercana al margen del río podrá identificar las zonas vulnerables por niveles y hacer una inversión segura para construir viviendas o instalación de alguna infraestructura pública, de ese modo garantizar la seguridad ante el peligro que representan los caudales máximos del río Pomabamba.

Por tanto, como **Objetivo general** se pretende determinar la influencia de los caudales máximos del río Pomabamba en las zonas de inundación del distrito de Pomabamba, Ancash - 2021; a su vez como **Objetivos específicos** se tuvo: determinar la influencia de los parámetros fisiográficos de la cuenca en el comportamiento hidráulico de las máximas avenidas del río Pomabamba, en el distrito de Pomabamba, Ancash - 2021; determinar la influencia de los parámetros fisiográficos de la cuenca en el comportamiento hidráulico de las máximas avenidas del río Pomabamba, en el distrito de Pomabamba, Ancash - 2021; identificar y cuantificar las áreas de inundación provocados por el escurrimiento de los caudales máximos del río Pomabamba, en el distrito de Pomabamba, Ancash - 2021; establecer un indicador de niveles de

vulnerabilidad ante amenazas de inundación producidas por los caudales máximos del río Pomabamba, en la ciudad de Pomabamba, Ancash - 2021.

Por tanto se plantea la **Hipótesis general** de la siguiente manera: los caudales máximos del río Pomabamba afectan proporcionalmente las zonas de inundaciones que puede modelarse hidráulicamente y evaluarse mediante herramientas computacionales, en el distrito de Pomabamba, Ancash - 2021.

Así mismo se tiene las **hipótesis específicas**: Los caudales máximos del río Pomabamba son determinados mediante métodos estadísticos basados en precipitaciones, en el distrito de Pomabamba, Ancash - 2021; Los parámetros fisiográficos de la cuenca determinan en gran medida el comportamiento hidráulico de las máximas avenidas del río Pomabamba del distrito de Pomabamba, Ancash - 2021; Los caudales máximos del río Pomabamba provocan áreas inundadas que varían según los periodos de retorno, en el distrito de Pomabamba, Ancash - 2021; El análisis con modelamiento hidráulico contribuye a establecer indicadores de niveles de vulnerabilidad ante amenazas de inundación producidas por los caudales máximos del río Pomabamba, en la ciudad de Pomabamba, Ancash - 2021.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Según **Días, Guacaneme y Alonso (2017), Colombia**. Tuvo como **objetivo** estimación de los caudales máximos de la zona hidrológica del sector denominada quebrada el Diamante. Determinar el flujo máximo del tramo fluvial en el riachuelo. Su investigación se apoya al **tipo** aplicada y diseño no experimental – descriptiva correlacional; en su investigación realizó la similitud de tres metodologías a fin de obtener los flujos máximos generados en la zona hidrológica del sector denominado quebrada el Diamante, obteniendo resultados: método del hidrograma unitario triangular 342.57m³/s, método HEC-HMS 350.39 m³/s y el método Racional 436.77m³/s.

También manifiestan que el método racional presenta limitaciones para dar resultados confiables, por lo que no es recomendado para cuencas mayores a 80Ha.

Así mismo concluyen que los flujos máximos generan que la sección hídrica de la zona quebrada el Diamante, son esenciales a fin de obtener el detalle de la estructura que admita la defensa de las construcciones contiguas al río, que hagan enfrenten sucesos extraordinarios, el cual si se llega a mostrar y se evite que cuente con alguna construcción a fin que reduzca el impacto, perturbaría potencialmente la calidad sobre la vida de los mismos.

A su vez **Bermeo, León y López (2018), Bogotá D.C.** Su **objetivo** principal es la determinación de la condición de los caudales máximos al iniciar la modelación con el software HEC-HMS y la técnica de consideración por utilidad de área; de la subcuenca hídrica hasta la jurisdicción del territorio de San Francisco, Cundinamarca. Su investigación se apoya al **tipo** aplicada y diseño no experimental – descriptiva correlacional, que describe y aplica los procedimientos ordenados de conocimientos ya establecidos en búsqueda de un resultado diferenciados por la precipitación y los diferentes parámetros

de la cuenca en estudio; en el cual recomienda que los datos más cercanos y confiables son las técnicas de la realización de gráficos hídricos unitario: como SCS, Snyder y Unimorf en vista la inexistencia de estaciones hidrométricas.

Obtiene como resultado que los rangos de cauces máximos de las diversas etapas de retorno son tal como se muestra que : TR 2 años= 16.7 – 22.8 m³/s; TR 5 años= 45.9 – 59.3m³/s; TR 25 años= 71.5 – 92.6m³/s; TR 50 años= 96.759 – 124m³/s; TR 100 años= 121.328 – 161.3m³/s.

Por otro lado **Cuesta (2017), Bogotá - Colombia**. El **objetivo** principal es la aportación a entender a nivel regional, del procedimiento fluvial e hídrico del complicado cenagoso del territorio Bajo Magdalena, vigilando el movimiento entre años de los cambios hidráulicos del río-ciénagas. El autor realiza la investigación de **tipo aplicada**, apoyándose también de conocimientos ya adquiridos y plasmados en ingeniería; la investigación presenta un diseño no experimental descriptiva – correlacional. Como resultado obtiene que para la realización de la modelación hídrica se usa el programa HEC- HMS se base de los datos cálculos por la técnica del hidrograma unitario CSC para convertir la precipitación en escorrentía, obteniendo caudales en temporadas de venidas de 50 y 100 años: 14700m³/s y 15000m³/s respectivamente; se estimó la regionalización, planteando de este modo una delimitación que va desde el río Magdalena 3.4 km. A fin de seguridad en futuras proyecciones urbanas.

ANTECEDENTES NACIONALES

Según Yépez (2016), tuvo como **objetivo de investigación** la determinación de la componente de la elevada avenida y de las probables secciones de desbordamientos derivada de la quebrada del territorio Cruz Blanca, ubicada en el sector urbano de la localidad de Cajamarca. Su investigación está basada en el tipo investigación aplicada, con un diseño no experimental - descriptivo correlacional. Obtiene como resultados que al aumentar las elevadas avenidas de la quebrada del sector Cruz Blanca, los sectores de desbordamientos aumentan. Asimismo con la ejecución de

resultados, se realizó la determinación que la ecuación que principalmente se adaptó a los resultados encontrados, el cual fue una ecuación que consta en polinómica con un valor de r^2 igual a 0.9775.

Así mismo se estimaron los caudales máximos en el siguiente orden: para el tiempo de retorno para 200 años fue de 82.90 m³/seg, para el tiempo de retorno para 5 años de 42.97 m³/seg,

También el autor elaboro un mapa cuantificando que las zonas de inundación se incrementan a medida que el caudal incrementa en sus diferentes periodos de retorno; preexistiendo el máximo sector de avenida de 104, 128.44 m²., en los tiempos de retorno de 200 años, entre tanto la menor fue de 53, 256.69 m² en un tiempo de regreso de 5 años.

También mencionan **Canaza y Gamarra (2017)**, tuvieron como **objetivo de investigación** fue determinación de la variedad de los caudales del río del sector Asmayacu que se ocasionó por la presencia de los tiempo anomalos denominados fenómeno del Niño y en otra llamada fenómeno La Niña , en los posteriores 30 años es necesario encontrar los posibles sectores de desbordamientos de la cuenca del sector Asmayacu – Curahuasi. Se apoya en una investigación práctica, con una representación no experimental – descriptivo. Obtiene como resultado que el caudal elevado que se obtuvo por la técnica racional modificado fue de 21.287m³/s; así mismo demuestra que mediante la modelación con el software HEC-HMS logra obtener resultados de caudales máximos para los diferentes periodos de retorno de 50, 100, 348 y 500 años = 19.9, 24.00, 30.7 y 32.9m³/s respectivamente. Los autores lograron identificar las zonas de inundación, que en épocas de avenida provocados por el periodo de retorno de 500 años, el tirante asciende 2m en la sección 02; a la vez que la zona de inundación se extiende por una longitud de 50 a 100m. al margen derecho.

Por su parte **Gutiérrez (2018)**, presentó su estudio de ejemplo aplicativo sostuvo como propósito elemental la determinación de los cauces elevados y reconocer los sectores sensibles, encontrar las cualidades Geomorfológicas, a la vez plantear dimensiones de amortiguamiento en

frente de los peligros de avenidas y derrumbamientos de los sectores de cercanos a la zona de río Pachatusan. Se apoya con un nivel de investigación descriptivo correlacional de diseño no experimental. Para poder determinar los caudales máximos, el autor hace un análisis probabilístico para determinar las precipitaciones máximas, considerando los tiempos de concentración y periodos de retorno, proyecta una precipitación regionalizada en base a tres estaciones meteorológicas existentes en la zona de estudio; realizó las valoraciones de los cauces elevados a través de las ecuaciones prácticas, además de ello considera como determinante el HEC-HMS, en sus resultados que son como se describe: para tiempos de retorno de 50, 100 y 500 años, los caudales máximos 77.40, 95.40 y 147.50 m³/s respectivamente; el autor nos menciona que las zonas de inundación asciende a 3².3 ha. Con la ocurrencia del caudal máximo en TR de 100 años; a su vez, apoyándose de lineamientos y de los manuales elementales sobre de inseguridades del organismo de Defensa Civil (INDECI), se estableció las áreas sensibles y proclives a las afectaciones del desbordamiento del río.

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

Según **Ramirez, Ghanem y Lárez (Venezuela, 2006)**, en su artículo científico, cuyo objetivo fue la realización de estudios comparativos frente a los diversos métodos usados para predecir una precipitación máxima más precisa para proyectar obras de drenaje; la investigación es de tipo aplicada de nivel descriptivo correlacional y de diseño no experimental; los autores realizan el análisis comparativo utilizando los métodos: Gráfico, Gumbel y Log. Pearson tipo III, cuyos resultados concluyen de la siguiente manera, que para tiempos de retorno menores a 25 años la distribución de Gumbel es que mejor se adapta, por lo cual recomiendan este método del esquema de construcciones hídricas; por otro lado para tiempos de retorno mayores o iguales a 25 años, nos mencionan que el método Gráfico es el que presenta mejores resultados; por lo cual los autores lo recomiendan.

Por su parte **Herencia y carrera (Perú, 2019)** en su revista científica, planteó como propósito a la composición del mediado morfo métrico para los cauces a través del estudio del uso de la ciencia estadística del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología nombrada como SENAMHI, para la evaluación de los cauces medios y elevados caudales máximos aplicando, la comparación de las funciones sintéticas y las funciones racionales, la investigación fue aplicada a nivel de descripción correlacional, tipo de diseño no experimental, los autores realizan el cálculo de precipitación promedio mediante los métodos aritméticos y de las isoyetas; determinado de esta manera la precipitaciones fluviales a mediados del año fue de 714mm cuyo factor de esorrentía fue de 0.54; los resultados de los caudales medios con las dos ecuaciones sintéticas son 10.032 y 10.02 respectivamente; los elevados caudales fueron encontrados a través de la metodología racional modificado el tema de los tiempos de retorno de: 15, 30, 60 y 90 años son 35.43, 38.84, 46.68 y 50.05m³/s respectivamente.

BASES TEÓRICAS

Aguas superficiales

Los fluviales que circulan sobre el área de la tierra son significativos para la existencia de los seres vivos, lo que se conjetura que es una sección inferior del agua que hay en el planeta. La calidad radica en la porción de existencia de sales que contienen diluidas en semejanza a las aguas de mar, es por ello que se denomina agua dulce, ya que viene de la precipitación de la lluvia con el uso de gravedad caen y forman riachuelos que se desemboca al mar.

Ciclo hidrológico

La estación hídrica conforma la parte del centro hidrológico, la secuencia de un ciclo no contiene ni inicio ni fin y sus diversos procedimientos ocurren de manera permanente. Surge la evaporación del agua del medio oceánico y también sobre la superficie de la tierra y así continuar siendo parte de la atmósfera; la evaporación del líquido elemental se evapora en el medio

atmosférico inclusive se aglomera y sufre precipitaciones que son aprovechadas por las plantas (Chow, Maidment, & Mays, 2000).

El ciclo hidrológico va cambiando conforme va cambiando el clima y sus derivados, provocando de esta manera anomalías en los efectos climatológicos que es lo mismo que decir el fenómeno del Niño y la Niña.

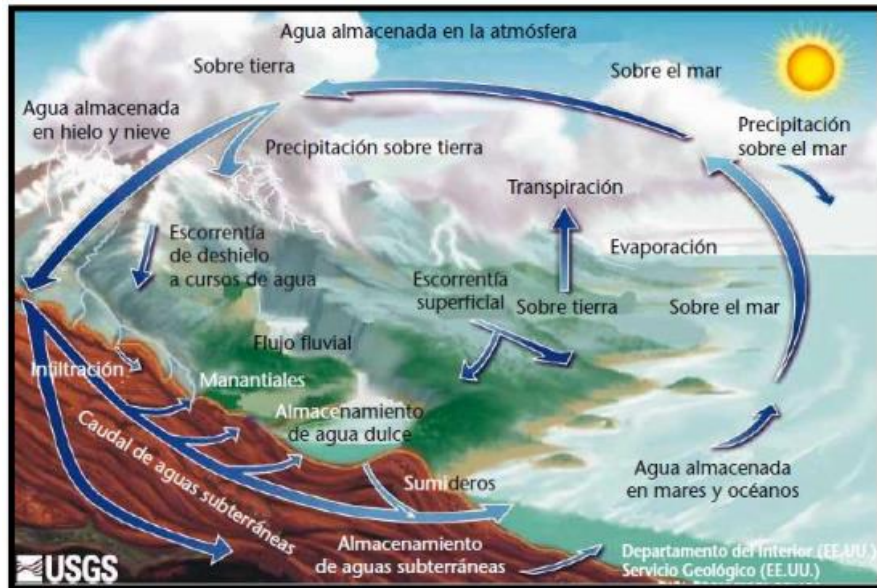


Figura 01: ciclo hidrológico del agua, fuente- internet

La cuenca hidrológica

Son secciones de territorio cuando caen las aguas por precipitación, estas se unen en la formación de aguas, es el área del terreno donde todas las aguas caídas por precipitación, se unen para formar un solo curso de agua. Las aguas corrientes contienen una cavida que se define en cada sección recorrida. (Villón Béjar, 2002).

Características fisiográficas de la cuenca

Las descargas de precipitaciones ocurridas durante un espacio geográfico provocan escorrentías que al superar el tiempo de concentración determinados por el tipo de suelo, a ello sumado la pendiente promedio de la cuenca y los tipos de vegetación incluidos se genera la descarga hacia las quebradas y ríos, que en ocasiones superan los las riveras usualmente conocidas; se presenta a través de la figura siguiente la representación se

caracteriza tal como son consideradas por la organización Autoridad Nacional del Agua (ANA)

Cuadro N°3: Características fisiográficas de las cuencas				
Características	Rango	Clase	%	Comentario
Superficie (km ²)	0 - 250	pequeña.	0	De las 10 cuencas estudiadas, dos son consideradas como medianas y ocho son grandes.
	250 - 2 500	mediana.	20	
	> 2 500	grande.	80	
Pendiente de la cuenca (%)	1-15	accidentado.	10	Una cuenca presenta pendiente fuerte, siete de ellas tienen pendiente escarpada y una tiene pendiente muy escarpada.
	15 - 30	fuertemente accidentado.	10	
	30 - 50	escarpado.	70	
	> 50	muy escarpado.	10	
Elevación media (msnm)	0 - 1 000	baja.	0	Una de las cuencas tiene una elevación mediana y nueve de ellas tienen una elevación alta.
	1 000 - 2 000	mediana.	10	
	> 2 000	alta.	90	
Compacidad	1.00 - 1.50	oval redonda.	10	Una cuenca tiene una forma oval redonda, cinco de ellas tienen forma rectangular oblonga y cuatro de ellas tiene forma alargada.
	1.50 - 1.75	rectangular oblonga.	50	
	> 1.75	alargada.	40	
Factor de Forma	≤ 0.30	buena respuesta.	30	Tres de las cuencas tienen buena respuesta a las crecidas y siete de ellas tienen regulara respuesta a las crecidas.
	> 0.30	regular respuesta.	70	
Longitud del cauce (km ²)	0 - 50	corto.	0	Cinco de las cuencas tienen una longitud de cauce mediano y cinco de ellas tienen longitud de cauce largo.
	50 - 100	mediano.	50	
	> 100	largo.	50	
Pendiente del cauce (%)	0 - 1	baja.	10	una de las cuencas tiene una pendiente del cauce baja, cuatro de ellas tienen pendiente de cauce mediana y cinco tienen pendiente de cauce alta.
	1 - 2	mediana.	40	
	> 2	alta.	50	

Figura 02: caracterización de una cuenca, fuente- ANA

Índices representativos

Índice o factor de forma de una cuenca (kf)

Es la relación entre el ancho promedio de la cuenca y su longitud:

$$Kf = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

A: área

L: perímetro

Lo que nos indica, que si un fluente contiene F excesivo que otra, existirá elevada oportunidad de presentar una tormenta intensa simultanea sobre toda la extensión del fluente. (Villón Bejar, hidrología, 2002)

Orden de los ríos

Para determinar el orden de los río en un fluente se apoya de la muestra de STRAHLER. Respecto a este tipo de modelo se considera a manera de río de primer nivel, respecto de los que no contengan torrentes. Al existir la unión de dos ríos de primer nivel constituyen un fluentes de segundo nivel

y así consecutivamente conforme se van uniendo los ríos van subiendo también el número de orden. Los lugares de todas las corrientes contiene alguna cuenca de contribución, toda fluente contiene y solamente una habitual corriente fundamental. (Aparicio Mijares, 1992)

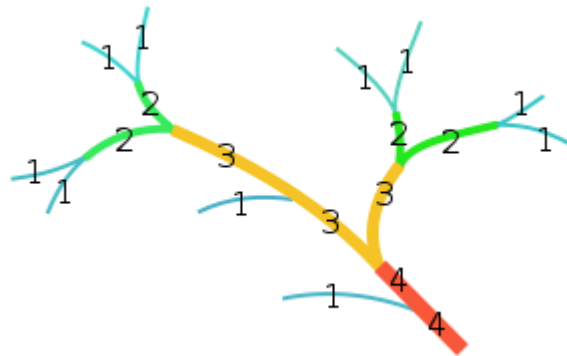


Figura 03: orden de ríos según el modelo STRAHLER

Índice de compacidad

Se denomina índice de compacidad de cuencas, denominadas Gravelious, lo se define como expresión de congruencia donde interviene la longitud del perímetro del cauce y la longitud del perímetro equivale a la longitud de la circunferencia, lo cual contiene la referencia igual al área de la cuenca.(Villon Bejar, HIDROLOGIA,2002), se define como :

$$Kc = 0.28 = \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Dónde:

Kc: Coeficiente de compacidad

P: Longitud del Perímetro de la cuenca (km)

A: Área de la sección de la cuenca (km²)

Los rangos determinan la forma visto en el siguiente cuadro:

Rango	Forma
1,00 – 1,25	Redonda a oval redonda (compacta).
1,25 – 1,50	Oval redonda a oval oblonga.
1,50 – 1,75	Oval oblonga a rectangular oblonga.
>1,75	Casi rectangular (alargada).

Tabla 01: índice de compacidad y la forma que lo caracteriza. Fuente - ANA

Rectángulo equivalente

Significa el cambio geométrico que ayuda a la representación de la cuenca tomando de la formación heterogénea a la forma de rectángulo, lo cual significa que tiene misma sección de área y perímetro, representa el mismo índice de compacidad o denominada también índice de Gravelious, a la división de las alturas que es equivalente a la curca hipsométrica muestra igual a la división del terreno de acuerdo a las posiciones de cubierta.

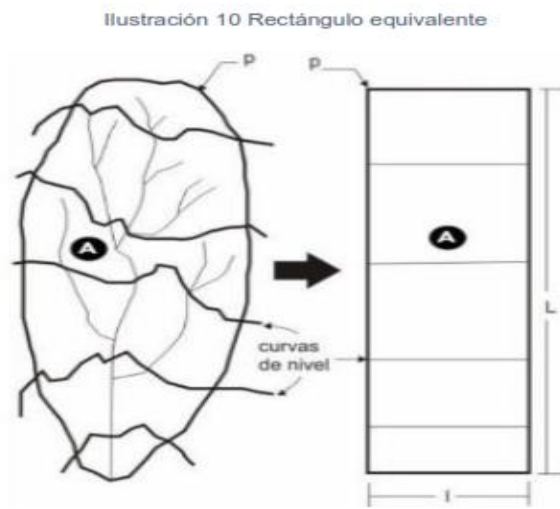


Figura 04: rectángulo equivalente

El cual se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$L = \frac{P}{4} + \sqrt{\left(\frac{P^2}{16}\right) - A} \qquad l = \frac{P}{4} - \sqrt{\left(\frac{P^2}{16}\right) - A}$$

Dónde:

L: Lado mayor del rectángulo en km

l: Lado menor del rectángulo en km

A: Área de la cuenca (km²)

P: Perímetro del cauce en km.

Pendiente de la cuenca

En el estudio de los fluentes son fundamentales este parámetro, porque de ello depende mucho la filtración, también la escorrentía, relacionado con el suelo húmedo y la intervención del agua que existe de manera subterránea a la escorrentía (Villón Bejar, 2002). Utiliza el método de ALVORDS:

$$S = \frac{D(l_1 + l_2 + \dots + l_n)}{A}$$

Hallando $L = \sum l$ longitud total de las curvas de nivel de la cuenca se tiene:

$$S = \frac{DL}{A}$$

Dónde:

S= PENDIENTE DE LA CUENCA, %

D= desnivel constante entre curvas de nivel, km

L= longitud de la curvas de nivel dentro de la cuenca, km

A= área de la cuenca, km² (Villon Bejar, hidrología 2002)

Pendiente del cauce.

Se conoce como declinación al flujo fundamental de una cuenca, este es un cuantificación significativa, del análisis de la conducta del recurso hidráulico, a fin de determinar características relevantes de su beneficios hidroeléctrico, o en el medio de problemas de desboramientos. (Villon Bejar)

El desnivel se una sección del cauce de un río , se considera como el cociente que implica de dividir la pendiente de las excesivas secciones sobre la distancia en forma horizontal de la sección; subsisten diversos conocimientos para hallar la pendiente para el cauce principal, al que se puede mostrar la Pendiente Uniforme que es como sigue:

$$S = \frac{H}{L} \quad \dots(1)$$

Dónde:

S= Pendiente

H= Diferencia de cotas entre los extremos del cauce, en km

L= Longitud del cauce en km

Estudio de una tormenta

Según **Villon Bejar**, menciona que es el acumulado de precipitaciones fluviales y obedece a un disturbio meteorológico, las características están definidas como un cambio está extendida por diversas células; estas son secciones con determinada superficie límite. Al inicio existe una afluente ascendente de corrientes de aire con velocidad de aumento cercano al tope. Cuando va ascendiendo el aire húmedo y tibio de la parte inferior, este se enfría y pasa a la condensación, lleva al aire de los laterales. Cuando se condensa este libera calor y por lo cual continuará representando como elevado calor caliente del aire que circula y continuará elevándose a sectores más frías. La corriente, de aproximadamente 100 kilómetros por hora, subirá obtener a los 10.000 o 15.000 metros sobre el nivel de la superficie terrestre. Según **Bautista** las tormentas presentan las siguientes etapas: etapa de desarrollo, cuando el aire caliente asciende, elevándose hasta altitudes frías, donde se enfría y se condensa, esto trae a cabo las primeras precipitaciones, esta primera etapa dura entre 10 a 15 minutos; seguidamente se pasa a la etapa de madurez, en donde las nubes que se elevaron, llegan a un punto en que las partículas de agua y granizo son tan grande que precipitándose, esta etapa dura aproximadamente 15 minutos en los que los fenómenos atmosféricos se manifiestan de manera turbulenta ya sea vertical u horizontal, por último la etapa de disipación, sucede cuando las corrientes ascendentes se convierten en descendentes producto del enfriamiento y la precipitación, esta etapa dura aproximadamente 20 min. Como interés de estudio de una tormenta en la Ingeniería; concierne en adquirir conocimiento sobre los componentes básicos de un vendaval.

Intensidad, la cantidad de precipitación ocurrida en intervalo de tiempo conocido, en el estudio de caudales máximos, nos interesa conocer la

máxima cantidad de agua caída en un determinado tiempo, está definida por la siguiente ecuación.

$$I_{max} = \frac{\text{altura de precipitación (mm)}}{\text{tiempo en horas}}$$

Duración, nos indica Villon Bejar se identifica como el paso del tiempo desde el comienzo hasta el fin de la tormenta. Aquí se debe delimitar el tiempo de duración, el cual se establece como tiempo de duración de una tormenta. Esto demuestra significancia para determinar la persistencia máxima.

Frecuencia, corresponde al número de repeticiones que se presenta en una tormenta con cualidades de intensidad durante un periodo de tiempo parcialmente extenso se considera habitualmente en años.

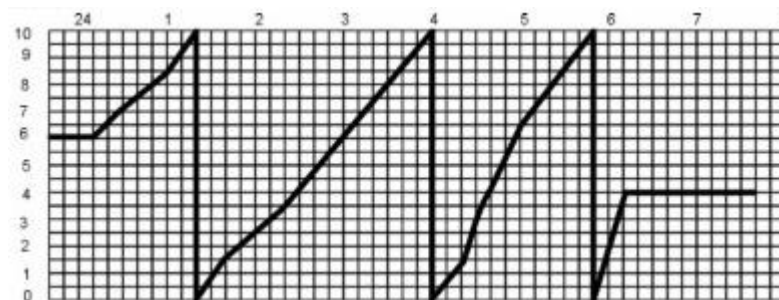


Figura 05: registro de un pluviógrafo, fuente Villon Bejar

Periodos de retorno. Según Villon Bejar, en el procedimiento para los caudales de diseños los periodos de retorno son definidos como lapsus de tiempo para los eventos de dimensión X, puede ocurrir que sean equivalentes o superen al menos algunas veces el promedio. En el documento de hidrología y drenaje que pertenece al MTC, menciona que se deben adquirir tiempos de retronó a fin de usar el modelo de diseño en las obras, es importante observar la semejanza que existe en el tiempo útil de las construcciones de las obras y las inseguridad al presentar fisuras admisibles, dependen de los componentes financieros, el campo social, técnico entre otros.

Nos indica que si existe acontecimientos equivalentes o mayores a Q, pasa alguna ocasión en T años, la posibilidad de que suceda P, debe ser equivalente a 1 en T eventos tal como se muestra a continuación.

$$P = \frac{1}{T} \text{ ó } = \frac{1}{P}$$

P = Sucesos de ocurrencia del evento

T= Periodo de retorno

El periodo de retorno está en función de a la vida útil de una estructura y el nivel de riesgo admisible para tal infraestructura, que esta a su vez depende de factores económicos, sociales, entre otros; es así que se plante a ecuación de la valoración de riesgo en referencia a lo publicado por el Ingeniero Máximo Villón.

$$R = 1 - (\bar{P})^n$$

Dónde P es la probabilidad de que un evento ocurra al menos una vez cada n años; al que se plantea de la siguiente manera:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

R = Riesgo o falla

T= Periodo de retorno

N= Vida útil del proyecto

Ahora bien, para obtener la ecuación del T periodo de retorno, reemplazamos la ecuación de R, para obtener:

$$T = \frac{1}{1 - (1 - R)^{\frac{1}{n}}}$$

Que es la ecuación básica para la determinación del periodo de retorno, que deberá ser siempre mayor que el tiempo de vida útil de una obra.

Tiempo de concentración

Es el requerimiento del tiempo que necesita una gota que recorra a partir del punto hidráulico más lejos inclusive la partida del cauce. Cuando pasa el tiempo de concentración se valora como que en todo el cauce favorece a la salida.

Coexiste la proporción inversa entre el tiempo que dura la tormenta y su intensidad ocurre que a mayor duración reduce su intensidad, por lo cual es asumido como duración crítica que es equivalente al tiempo de concentración t_c .

Para obtener el tiempo de concentración efectiva obedece a diversos factores, entre ellos se tiene también a la geometría al inicio de la cuenca; cuando las cuencas son extensas habrá mayor tiempo de concentración, con lo que a mayor pendiente ocasiona flujos veloces y a menos tiempo de concentración depende de las secciones geométricas, topografía del suelo, existencia de vegetación entre otros. Las ecuaciones más conocidas solamente incluyen pendiente, distancia del caudal mayor desde que se divide el área. Para ello se hace uso para el cálculo de la siguiente fórmula que se muestra en el cuadro N°2:

MÉTODO Y FECHA	FÓRMULA PARA t_c (minutos)	OBSERVACIONES
Kirpich (1940)	$t_c = 0.01947.L^{0.77}.S^{-0.385}$ <p>L = longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, m. S = pendiente promedio de la cuenca, m/m</p>	Desarrollada a partir de información del SCS en siete cuencas rurales de Tennessee con canales bien definidos y pendientes empinadas (3 a 10%); para flujo superficial en superficies de concreto o asfalto se debe multiplicar t_c por 0.4; para canales de concreto se debe multiplicar por 0.2; no se debe hacer ningún ajuste para flujo superficial en suelo descubierto o para flujo en cunetas.
California Culverts Practice (1942)	$t_c = 0.0195\left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$ <p>L = longitud del curso de agua más largo, m. H = diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida, m.</p>	Esencialmente es la ecuación de Kirpich; desarrollada para pequeñas cuencas montañosas en California.
Ecuación de retardo SCS (1973)	$t_c = \frac{0.0136.L^{0.8}\left(\frac{1000}{CN} - 9\right)^{0.7}}{S^{0.5}}$ <p>L = longitud hidráulica de la cuenca mayor trayectoria de flujo), m. CN = Número de curva SCS S = pendiente promedio de la cuenca, m/m.</p>	Ecuación desarrollada por el SCS a partir de información de cuencas de uso agrícola; ha sido adaptada a pequeñas cuencas urbanas con áreas inferiores a 800 Ha; se ha encontrado que generalmente es buena cuando el área se encuentra completamente pavimentada; para áreas mixtas tiene tendencia a la sobreestimación; se aplican factores de ajuste para corregir efectos de mejoras en canales e impermeabilización de superficies; la ecuación supone que $t_c = 1.67$ x retardo de la cuenca.

Tabla 02: fórmulas para determinar el tiempo de concentración, fuente manual de hidrología del MTC

Medición de las precipitaciones

Es definido como una elevación laminar de agua en un plano horizontal; el instrumento más utilizado para esta medición es denominada Pluviómetro; se compone de un recipiente cilíndrico de chapa galvanizada, zinc o plástico, abierto y con el eje vertical, la parte superior termina en un orificio con un borde de filo cortante e indeformable, por donde ingresa el agua de lluvia; dentro de este orificio hay un embudo colector que conduce el agua hacia una jarra metálica que permite el almacenamiento entre observaciones.

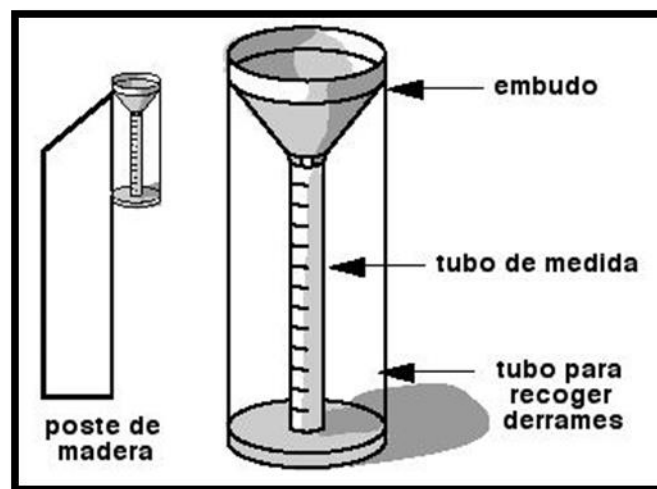


Figura 06: medidor de precipitación, pluviómetro convencional, fuente: Ministerio del Ambiente.

Intensidad	Acumulación en una hora
DÉBIL	entre 0,1 y 2 mm
MODERADO	entre 2,1 y 15 mm
FUERTE	entre 15,1 y 30 mm
MUY FUERTE	entre 30,1 y 60 mm
TORRENCIAL	más de 60 mm

Figura 07: clasificación de la precipitación según la Intensidad, fuente: AEM (Agencia estatal de meteorología)

Precipitación total y efectiva

La elevada ocurrencia de precipitación o denominada también precipitación efectiva (P_e), representa a la precipitación que no se detiene sobre la

superficie de la tierra a la vez no se filtra al suelo. Tiempo seguido al fluir sobre la sección de la cuenca, la elevada precipitación pasa a ser parte de la escorrentía directa que se va al inicio de la cuenca bajo la posibilidad del fluido hortoniano. Los esquemas de precipitaciones son componente importante en el estudio de las correspondencia lluvia-escorrentía.

El contraste del histograma de precipitación general y el histograma de elevada lluvia es conocido como abstractos o carencias. En las carencias significa que el agua impregnada por infiltración con señales de obstrucción y acumulación externo.

Análisis de consistencia de la información

La confianza con la que se trabaja la información hidrológica deberá ser confiable y relativamente segura, por lo que se realiza el diagnóstico de inconsistencia del medio de métodos de física y estadística que permite valorar y depurar probables descuidos del error de sistema y/o humanos; el mencionado estudio de equilibrio se logra realizar mediante los procedimientos siguientes como : el análisis visual del diseño gráfico, según **Villon Bejar** llevar los registros de precipitación en un plano cartesiano del modo en que los mencionados se ubiquen en las ordenadas y el tiempo en las abscisas, se podrá analizar visualmente las cimas de valores elevadas o productos mínimos , propensiones y/o saltos; del cual pueden ser comparados con registros de estaciones cercanas que a su vez deberán serán similares si los datos son correctos; a su vez esta comparación de datos se ejecutan conjuntamente con *Análisis de doble masa*; *el análisis estadístico*, consiste la verificación con resultados obtenidos gráfico y doble masa, se determina los periodos que se corregirá y se proviene del estudio estadístico de: hacer la elaboración de saltos mixtos por (firmeza de la media, consistencia de la desviación estándar y la corrección de datos); *análisis de tendencias*, comprendido por los siguientes parámetros (propósito en la media y el término de desviación estándar)

Estadística en la hidrología

Según **Aparcio Mijares** (1992), menciona que en el modelo de obras hídricas está directamente relacionado las circunstancias hidrológicas en el futuro, por muestra en las avenidas del modelo para los vertedores de una represa muestra el evento que quizás no se ha mostrados antes, a la vez no existe antecedentes inscritos presentes, sin duda es importante encontrar para el modelo de redimensionamiento de estructuras. Las leyes matemáticas y físicas resultan siendo muy complejas, con métodos insuficientes, cuya consecuencia existirá encarecidamente extensa; para tal ocurre que la mayor existencia de la ciencia, el método estadístico resulta mucho más confiable y de fácil aplicación para el camino de la solución al problema. Es así que se deduce que la estadística y la probabilidad son de primera importancia en los estudios hidrológicos.

Análisis de salto.- El estudio de la estadística ocurre en experimentar, a través de la muestra t denominada (prueba de hipótesis), en el valor de medios para las submuestras, en la estadística se manifiesta que son equivalentes o desiguales con la obtención de posibilidad del 95% también puede ser del 5% de nivel de significancia, como se muestra:

a) El computo del medio y de la desviación estándar son para las submuestras, según:

$$\begin{aligned}\bar{x}_1 &= \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} x_i & S_1(x) &= \left[\frac{1}{n_1 - 1} \sum_{i=1}^{n_1} (x_i - \bar{x}_1)^2 \right]^{1/2} \\ \bar{x}_2 &= \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^{n_2} x_i & S_2(x) &= \left[\frac{1}{n_2 - 1} \sum_{i=1}^{n_2} (x_i - \bar{x}_2)^2 \right]^{1/2}\end{aligned}$$

Dónde:

X_i : Valoración de serie del periodo 1

X_j : Valoración de serie del periodo 2

X_j : Valoración de serie del periodo 2

\bar{x}_1, \bar{x}_2 : media de los periodos
 $S^2(x)$: desviación estándar de los periodos
n : tamaño de la muestra

Consistencia de la desviación estándar.-El estudio de la estadística consta en comprobar, por medio del contraste F, cuando el valor de la desviación estándar en las submuestras, ocurre que son de acuerdo a la estadística equivalentes o desiguales con el valor de 95% de posibilidad o también o también un 5% de límite de significancia.

Para el cálculo de F se debe tabular (el valor crítico de F ó también de Ft)
Se encuentra la tablas F con la posibilidad de 95%, significa nivel de significación $\alpha = 0.05$ con sus grados de libertad:

Análisis de tendencias

Según Villon Bejar, menciona que en la realización del análisis de interes, debe considerarse el diagnostico de cambios y evaluar una serie de cambios lo cual se procede a determinar las aspiraciones en la media y también en desviación estándar.

Distribución de probabilidades

Dado un estudio de aleación, ocurre al asignar valores numéricos, se obtiene una valor de la variable de aleación; por lo tanto, una variable aleatoria (X) puede ser definida como una función que va del espacio muestral a un conjunto de números $X(x_1, x_2, x_3...)$; puede ser discreta o continua. Una Distribución de Probabilidades es la correspondencia que existe para el valor de una variable con posibilidad de aleación con su posibilidad de que ocurra, su expresión matemática se realiza por medio de una Función de Distribución F(x). (Bautista Sciortino, 2019)

Parámetros estadísticos

Una población se encuentra propiedades estadísticas variables, con respecto a las propiedades de especímenes adquiridas de una población, también

puede modificar entre sí y con respecto a las de la población, de esto se desprende la importancia de la toma de los datos que conforman la muestra, a fin de que esta última sea representativa de la población y que las propiedades estadísticas no presenten diferencias de consideración. Los parámetros estadísticos característicos de una población se pueden distinguir como: Las medidas de tendencia del centro disperso, a la asimetría y de hundimiento. (Bautista Sciortino, 2019)

Funciones de distribución de probabilidades en hidrología

Apaclla Nalvarte 2010, indica que el estadístico coexisten varias ecuaciones a fin de distribuir la posibilidad de teoría [...], y existen tantos que no es posible verificar y probar todas estas funciones, así que es necesario escoger las que mejor se adaptan a un problema dado, bajo este término entre las funciones más usadas en hidrología son las siguientes:

Distribución normal.-

Se conoce que cuando la variable de aleación X, contiene una comportamiento normal se define que la función densidad, se muestra como:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}S} \text{EXP} \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x - \bar{x}}{S} \right)^2 \right]$$

Dónde:

f(x) = función densidad de la variable x

x = Variable independiente

\bar{x} = Parámetro de localización, igual a la media aritmética de x

S = Parámetro de escala, igual a la desviación estándar de x

EXP = Función exponencial con base e, de los logaritmos neperianos

Distribución Log. Normal de 2 ó 3 parámetros.- Para la variedad de dos parámetros determinan la valoración del coeficiente de asimetría, en determinados muestras no se puede recomendar.

En caso de la distribución Log - Normal para 2 parámetros, se recomienda en caso que el coeficiente de asimetría se aproxima a cero. Para la

distribución Log-Normal del caso de 3 parámetros conviene a ser una variación general, en caso de la continuidad de la Log-Normal de 2 parámetros, se debe que cuenta con uno o más de un parámetros, lo cual ayuda en mejorar la posición de valores, estos parámetros son el de escala y el de forma.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\theta y}} \text{EXP} - \frac{1}{2} \left[\frac{y - \mu y}{\theta y} \right]^2$$

Para $-\infty < y < \infty$ y $y = \ln x$

$y \sim N(\mu y, \theta y^2)$

Siendo:

μy : parámetro de escala

θy : parámetro de forma

Distribución Gamma de 2 ó 3 parámetro.-

Es identificada por la siguiente ecuación

$$f(x) = \frac{(x - x_0)(x - x_0)^{y-1} e^{-\frac{(x-x_0)}{\beta}}}{\beta^y \Gamma(y)}$$

Dónde:

X = Variable aleatoria gamma de 3 parámetros o Pearson tipo III

X₀ = Origen de la variable x, parámetro de posición

β = Parámetros de escala

y = Parámetro de forma

(y) = Representa la función Gamma completa

Distribución Log. Pearson tipo III.-

Según Villón Béjar, manifiesta que la conocida distribución de Pearson tipo III, desempeña como cuando función de probabilidad se manifiesta como:

$$f(x) = \frac{(\ln x - x_0)^{y-1} e^{-\frac{(\ln x - x_0)}{\beta}}}{x \beta^y \Gamma(y)}$$

Para:

$$X_0 \leq x < \infty$$

$$-\infty < x_0 < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

$$0 < y < \infty$$

Dónde:

X_0 = parámetro de posición

B = parámetro de escala

Y = parámetro de forma

Distribución de Gumbel.- Para el caso de distribución Gumbel, considera que las distribuciones del valor extremado, se denomina también valor externo de Tipo I, Fisher-Tippett tipo I ó también denominada distribución doble exponencial. (Villon bejar)

$$F(x) = e^{-e^{-\frac{(x-\mu)}{\alpha}}}$$

Para: $-\infty < x < \infty$

Donde:

$0 < \alpha < \infty$, es el parámetro de escala

$-\infty < \mu < \infty$, es el parámetro de posición, llamado también valor central

Distribución Log. Gumbel.- Para la Juan Bautista Sciortino 2019, menciona que dada una variable aleatoria x , si $y = \ln x$ posee una variedad de Gumbel, como de los valores de x tienen empalme en la distribución en Log Gumbel o Frechet, resultando una función de distribución doble exponencial de dos parámetros idéntica a la de Gumbel:

$$F(x) = e^{-e^{-\frac{(x-\mu)}{\alpha}}}$$

Para: $-\infty < x < \infty$

Dónde:

$0 < \alpha < \infty$, es el parámetro de escala

$-\infty < \mu < \infty$, es el parámetro de posición, llamado también valor central

Caudales de un río

En los caudales de gran cuantía de agua para unidad de periodo que pasa por determinadas áreas como un cauce. Los caudales de los ríos son importantes para la dimensión de represas y obras para la controlación en tiempos de lluvias. Dependen del diseño de la obra, con ello se emplea diversas variedades de caudales con un determinado periodo de recurrencia en un tiempo de retorno; en ingeniería es muy importante conocer los caudales de una cuenca determinada, esto determina las dimensiones de las obras hidráulicas en proyección. En ingeniería siempre se integra la filosofía de seguridad, diseño de Ingeniería y aspecto económico de tal manera que el orden de prelación sea el mencionado; los proyectos de infraestructura de riego, transporte y energía, están directamente asociados a los caudales máximos, es así que **Villón Bejar** propone en su libro de cálculos hidrológicos e hidráulicos, la siguiente tabla que están relacionados con la importancia y el periodo de vida útil de las construcciones.

Tipo de estructura	Período de Retorno (años)
Puente sobre carretera importante	50 – 100
Puente sobre carretera menos importante o alcantarillas sobre carretera importante	25
Alcantarillas sobre camino secundario	5 – 10
Drenaje lateral de los pavimentos, donde puede tolerarse encharcamiento con lluvia de corta duración	1 – 2
Drenaje de aeropuertos	5
Drenaje urbano	2 - 10
Drenaje Agrícola	5 – 10
Muros de encauzamiento	2 – 50 *

*Puede aumentar si estas obras protegen poblados de importancia.

Tabla 03: tabla de tiempos de retorno según tipo de estructura, fuente Villón Bejar.

Tipos de caudales

En el campo de ingeniería es necesario identificar los diferentes caudales denominados en el estudio de un río, desde el panorama de oferta hídrica y la demanda hídrica, se ejemplifica en la imagen los diferentes niveles de caudal según lo requiera el estudio, que podría demandar diferentes necesidades ingenieriles como son: Irrigación, generar fuentes de energía, controlar en tiempos de lluvias, suministro de agua potable, para la navegación, acuicultura, recreaciones y retenciones de sedimentos.

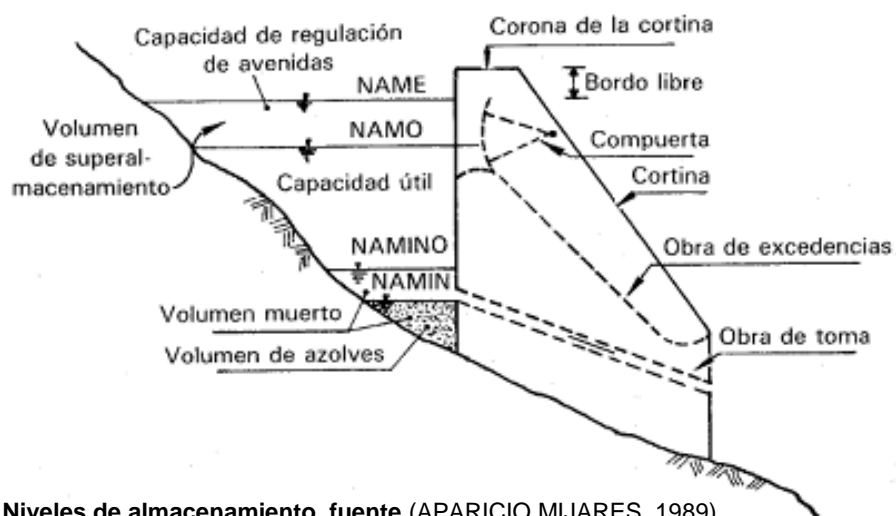


Figura 08: Niveles de almacenamiento, fuente (APARICIO MIJARES, 1989)

Dónde: NAMIN: nivel de agua mínima
NAMINO: nivel de aguas mínima de operaciones
NAMO: nivel de aguas máximas de operaciones
NAME: nivel de aguan máximas extraordinarias

Bajo este aspecto se presentan a continuación los diferentes caudales con sus ecuaciones y/o formulas representativas.

Caudal instantáneo.- Significa que el caudal que se establece en un instante de tiempo determinado del extenso día, de acuerdo a la medición que se tiene. En algunos ríos es posible verificar los caudales instantáneos a través

de limnómetro, que ayuda a verificar los cambios durante el día, se representa con la siguiente ecuación:

$$Q_o = Fq (N_o), \text{ en } m^3/s$$

El caudal medio mensual.- es la media de los caudales medios diarios del mes en examen (M = número de días del mes, 28; 30; o, 31, según corresponda):

$$Q_{mm} = \frac{\sum_{i=1}^M Q_{md}}{M} \text{ en } m^3/s$$

El caudal medio anual.- El caudal medio anual es la media de los caudales medios mensuales.

$$Q_{mm} = \frac{\sum_{i=1}^{12} Q_{mm}}{12} \text{ en } m^3/s$$

Determinación de caudales máximos de diseño

El estudio y diseño de infraestructura que está directa o indirectamente relacionada con el escurrimiento superficial requiere el cálculo y estimación de distintas variables hidrológicas-hidráulicas como: caudal pico o máximo de una avenida, forma del hidrograma, tirante máximo de agua, volumen total aportado por una crecida y/o demás variables, asociadas a una probabilidad de ocurrencia; para la estimación de estos caudales contamos con diferentes técnicas de cálculo:

Técnica Racional Modificado

Técnica de Burkli Zieger

Técnica SCS

Técnica de Fuller

Técnica Racional

Fórmula de Kresnik

Técnica de Mac Mat

HEC - HMS

Las descargas máximas serán verificadas y ajustadas a las distribuciones de Dist. Normal, Dist. Log. Normap 2P ó 3P, Dist. Gamma de 2 ó 3P, Dist. Log. Pearson tipo III, Dist. Gumbel y Dist. Log. Gumbel; para ello se hará el uso del software HEC-HMS.

Pruebas de bondad de ajuste

Nos indica (VILLON BEJAR, 2005), menciona que cuando los exámenes de bondad de ajuste consiste en comparar en el marco gráfico y estadístico los resultados de una frecuencia muestral, que se sujetan a una determinante ecuación para la distribución seleccionada; nos indica que se cuenta con dos métodos de realizar los ajustes de bondad: el método gráfico y método estadístico.

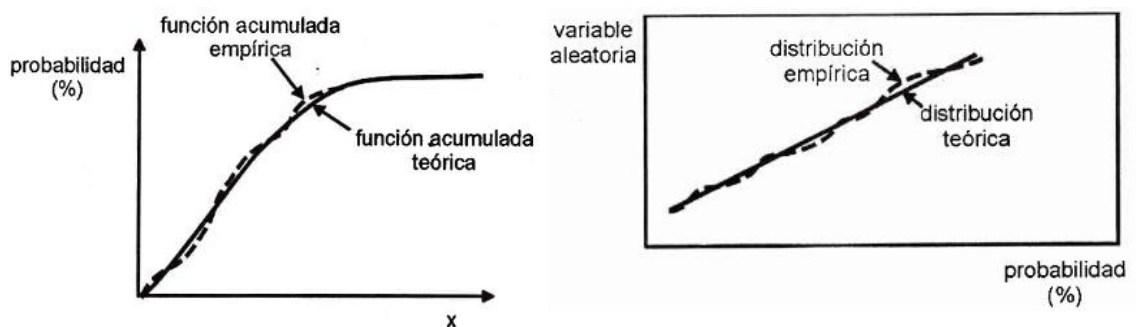


Figura 09: prueba de bondad de ajuste por método gráfico, fuente: (VILLON BEJAR, 2005)

En el marco de los estudios estadísticos, los experimentos denominados bondad de ajuste con mayor frecuencia de uso se relacionan a χ^2 (CHI CUADRADO) y Kolmogorov – Smirnov, que a continuación se describen cada una de ellas.

CHI CUADRADO χ^2 , esta prueba fue plantada por Karl Pearson en el año 1900, su aplicación principal es para los ajustes que se denominan bondad sobre distribuciones normales y log normales. Divide el rango de la variable en intervalos de clases haciendo una comparación entre todas las observaciones en cada intervalo y el valor deseable; se representa con la siguiente ecuación:

$$X_c^2 = \sum_1^r Zi^2 \quad \text{con } Zi = \frac{Oi - NPi}{NPi^{0.5}}$$

Dónde: $i = 1 \dots r$ (numero de intervalos)

O_i , numero de observaciones en el intervalo i

NP_i , representa al número de productos deseados del intervalo i según la función teórica. N es el número total de datos de la serie y P es el intervalo de probabilidades correspondiente al intervalo de clase i .

Para aceptar el ajuste se debe verificar:

$$X_c^2 = X_{\alpha,v}^2$$

Donde: $X_{\alpha,v}^2$, es el valor tabulado es el valor teórico tabulado para un nivel de significación α y v grados de libertad, $v = r - k - 1$; siendo k el número de parámetros de la función de distribución de probabilidades (en la Normal $k = 2$ (μ, σ); en PIII $k = 3$ (α, x_0, β); etc.)

Criterio de decisión según (VILLON BEJAR, 2005):

La disposición de decisión se basa fundamentalmente en la semejanza del valor computado de Chi-cuadrado, respecto al valor de tabulación encontrado, lo cual significa que:

a.- Si ocurre que el Chi-cuadrado obtenido está dentro del rango menor o equivalente que el valor de tabulación, se tiene

$$X_c^2 \leq X_t^2$$

En esta obtención es aceptada la hipótesis, y se deduce que el ajuste es bueno el margen.

b.- Para el caso que el Chi-cuadrado es mayor que la valoración de ingreso, se tiene :

$$X_c^2 > X_t^2$$

Bajo esta obtención, se deduce que el ajuste es malo, y se deniega la hipótesis, viéndose necesario recurrir a evaluar otra distribución de manera teórica.

PRUEBA KOLMOGOROV – SMIRNOV, la técnica por el cual se confirma la denominada bondad de ajuste en las distribuciones, este método permite elegir la distribución con mejor definición y representación; de acuerdo a lo que menciona Villon Bejar, está basado en obtener la diferencia existente, entre los datos obtenidos de la probabilidad empírica de los datos recolectados y la probabilidad teórica, considerando que se tiene el valor máximo obtenido, de la desigualdad entre los valores de la función teórica del modelo, se plantea de este modo:

$$\Delta = \text{máx } F_{(x)} - P_{(x)}$$

Donde: Δ : Estadístico de smirnov – Kolmogorov, cuyo valor equivale a la desigualdad máxima que existe en la probabilidad que se ajustada y la probabilidad práctica.

$F(x)$: Representa la probabilidad de la distribución teórica

$P(x)$: Representa la probabilidad experimental o practica de la información, también se refiere a frecuencia acumulada

El curso de los ríos

El origen de la mayoría de los ríos está en los manantiales generados de filtraciones, cabeceras hídricas y glaciares, en su recorrido, se van sumando afluentes de diferentes orígenes, constituyendo el cauce de un río; a su vez cumplen una función muy importante en el drenaje natural de las cuencas. Uno de los agentes principales en la geodinámica externa son los ríos, que cumplen un rol muy importante en el desarrollo y estabilidad geológica, está determinado por sus edades de río: la etapa juvenil de río, se ubican en los tramos iniciales de los ríos, generalmente en la montañas, en el cual el cauce se torna muy agresivo y de constante degradación en erosión vertical y lateral por presentar pendientes de cambio brusco; la etapa de madurez, se presenta en los valles, en los que la erosión vertical es escasa y se produce en su mayoría de veces la erosión lateral; en esta zona el depósito de materiales arrastrados son comunes y en abundancia; los ríos en su etapa de vejes se presentan en valles ámplios con pendientes escasas, generalmente en estos

ríos se depositan gran volumen de sedimentos arrastrados, que en ocasiones no son descolmatados, de esta manera producen inundaciones extensas en las costas y cerca de la desembocadura.

Régimen hidrológico

El rango de diferencias de caudales con respecto al tiempo es definido como régimen hidrológico. Las diferencias con respecto al tiempo se dan cuando ocurre o al finalizar las tormentas. Ante precipitaciones extremas existe la posibilidad de provocar la activación de los causes aportantes y la crecidas del río, ello sin duda excederá la capacidad de drenaje río y generará desbordes en las zonas de llanuras; se sobreentiende que las aguas que transitan por el subsuelo son lentos y llegaran a los causes del río días o meses después, esto es también conocido como caudal base; estos caudales son la reserva que en épocas de sequía garantizan la sostenibilidad ecológica de los usuarios del río.

Inundación

Se conoce que las características geomorfológicas, en nuestro país es un escenario perfecto para el acontecimiento de desbordamientos imprevistos que se presentan en las montañas relativamente jóvenes y en gran medida se encuentran tectónicamente activadas. Generalmente las grandes inundaciones erosiones se muestran en territorios próximos de los ríos; por su llegada con velocidad considerable del flujo, esto a su vez acarrea material suspendido que erosionan los taludes naturales de la sección natural. Los elementos que intervienen en los desbordamientos, uno de ellos es la composición geológica de la zona, que a ello se suma los acelerados tiempos de precipitaciones generalmente durante la época lluviosa de la sierra, el cual muestra como resultado una variedad de peligros naturales.

Se conoce como inundaciones a los fenómenos más comunes que tras su ocurrencia generan desastres potenciales en nuestro país. Las intensas precipitaciones desencadenan desbordes de los causes de forma intensas, se observa principalmente en regiones de altitud (500 3500 msnm), que a la

vez contribuye las aguas del deshielo de los glaciares acumuladas durante la época verano lluvioso en los andes del Perú. (**Manual de inundaciones, 2014**).

El caudal pico que supera los de valor promedio, es en general el causante de las inundaciones, la ingeniería es la disciplina responsable de diseñar obras de mitigación ante amenazas de inundación; el planteamiento y diseño de una infraestructura de protección frente a probables amenazas de desbordamientos favorece significativamente en la disminución del desastres, por ello es necesario entender que el riesgo no será ser eliminado totalmente; por ello, a su vez las medidas de planeamiento, delimitación y predicción, sistemas de aviso, el planeamiento y otras mediadas no estructurales pueden ser de gran importancia en la reducción del riesgo existente, por lo tanto surge la necesidad

Determinación de niveles de peligrosidad

Siguiendo el manual del (CENEPRED, 2014), en esta etapa corresponde la identificación de las posibles zonas inundación, por tal se hace uso de los documentos gráficos disponibles en la municipalidad, INDECI u otro como es el caso de planos urbanos, recorrido en campo para la identificación visual de la distribución del suelo en el talud natural del río, entre otros existentes ; las medidas aplicadas en esta variable son: denominados peligro bajo, peligro medio, peligro alto y finalmente peligro muy alto.

NIVEL	DESCRIPCION
MUY ALTO	La pendiente de terreno es mayor a 50°. La geomorfología del terreno está caracterizada por ser montañosa. La litología corresponde a presencia de piroclásticos. La hidrogeología en el terreno está formada por grandes acuitardos. La sismicidad es de magnitud mayor a 7.
ALTO	La pendiente de terreno está entre 35° a 50°. La geomorfología del terreno está caracterizada por ser colinas. La litología corresponde a compuestos volcánicos. La hidrogeología en el terreno está formada por acuitardo sedimentario. La sismicidad es de magnitud entre 6 y menor a 7.
MEDIO	La pendiente de terreno está entre 20° a 35°. La geomorfología del terreno está caracterizada por ser altiplanicie. La litología corresponde a intrusivos. La hidrogeología en el terreno está formada por grandes acuitardos. La sismicidad es de magnitud entre 5 y menor a 6.
BAJO	La pendiente de terreno está entre 5° a 20°. La geomorfología del terreno está caracterizada por ser valle abierto. La litología corresponde a depósitos cuaternarios, bofedales y otros. La hidrogeología en el terreno está formada por acuitardo volcánico y en zona de alteración. La sismicidad es de magnitud menor a 4.

Tabla 04: estratificación de niveles de peligrosidad, según (CENEPRED, 2014)

NIVEL	RANGO
MUY ALTO	$1.04 \leq R \leq 2.515$
ALTO	$0.402 \leq R < 1.04$
MEDIO	$0,136 \leq R < 0,402$
BAJO	$0.035 \leq R < 0.136$

Tabla 05: niveles de peligrosidad, según (CENEPRED, 2014)

Determinación de niveles de vulnerabilidad

Nos indica el manual del (CENEPRED, 2014); la evaluación de riesgos, que es la susceptibilidad que se expone una población, estructura, actividad socioeconómica a ser dañado por algún peligro potencial; cuyos factores principales están englobados en ambiental y ecológico, física, económica, social, educativa, política e institucional, científica y técnica. Que a su vez presenta los factores de la vulnerabilidad:

- a.- Exposición
- b.- Fragilidad
- c.- Resiliencia

NIVELES	DESCRIPCIÓN
RIESGO MUY ALTO	<p>Son los terrenos llanos, con pendiente entre 0° a 1°, área muy susceptibles a inundaciones. Se presentan precipitaciones en exceso acumulada mayor a 2100 mm durante el verano. Grupo etario población menor a 1 año y mayores de 65 años. Población con discapacidad física o mental, para usar brazos y manos, piernas y pies. Estado civil conyugal: viudo (a). tenencia de la vivienda: propia de invasión. No tiene partida de nacimiento. No está afiliada a ningún seguro de salud. No sabe leer o escribir. Sin ningún nivel educativo. vivienda particular: choza, vivienda improvisada o no destinada a vivienda. Servicio higiénico: no tiene, en río, acequia o canal. Material predominante en paredes: estera, piedra con barro, sillar con cal o cemento u otro material. Abastecimiento de agua: río acequia, vecino u otro. Trabajador (a) de hogas. Buscando Trabajo. Rama económica: agricultor, pesca, explotación de mina</p>
RIESGO ALTO	<p>son terrenos llanos, con pendiente entre 1° a 5°, área medianamente susceptible a inundaciones, se presentan precipitaciones en exceso entre 1101 a 2464 mm. Durante el verano. Grupo etario de 1 a 14 años. Discapacidad física o mental: para ver. Estado civil o conyugal: separado o divorciado. tenencia de la vivienda: alquilada. no tiene partida de nacimiento. no está afiliado a ningún seguro de salud. No sabe leer o escribir. Sin ningún nivel educativo. vivienda particular: vivienda en quinta. servicio higiénico: pozo ciego o negro, letrina. Material predominante en paredes: quincha (caña con barro). Abastecimiento de agua: camión cisterna, pozo. Trabajador (a) familiar no remunerado. Buscando Trabajo por primera vez. Rama económica: construcción, hogares privados.</p>
RIESGO MEDIO	<p>son terrenos llanos, con pendiente entre 5° a 25°, área medianamente susceptible a inundaciones, se presentan precipitaciones en exceso entre 601 a 1101 mm. Durante el verano. Grupo etario de 45 a 64 años. Discapacidad física o mental: para oír. Estado civil o conyugal: conviviente. tenencia de la vivienda: cedida por el centro de trabajo u de otra forma. no tiene partida de nacimiento. no está afiliado a ningún seguro de salud. No sabe leer o escribir. Sin ningún nivel educativo. vivienda particular: vivienda en vecindario. servicio higiénico: pozo séptico. Material predominante en paredes: madera (poma, tornillo, etc). Abastecimiento de agua: pilon de uso público. Empleado u obreo. Estudiando y no trabaja. Rama económica: suministro de agua, luz o gas e industrias manufactureras.</p>
RIESGO BAJO	<p>son terrenos llanos, con pendiente entre 25° a 45°, área medianamente susceptible a inundaciones, se presentan precipitaciones en exceso entre 72 a 600 mm. Durante el verano. Grupo etario de 15 a 44 años. Discapacidad física o mental: para hablar o alguna otra discapacidad. Estado civil o conyugal: casado (a) o soltero (a). tenencia de la vivienda: propia pagando a plazos o totalmente pagada. no tiene partida de nacimiento. no está afiliado a ningún seguro de salud. No sabe leer o escribir. Sin ningún nivel educativo. vivienda particular: departamento en edificio o casa independiente. servicio higiénico: conexión red pública dentro o fuera de la vivienda. Material predominante en paredes: ladrillo o bloque de cemento o adobe o tapia. Abastecimiento de agua: conexión red pública dentro o fuera de la vivienda. Trabajador independiente, empleador o patrón. Al cuidado del hogar u otra actividad económica no especificada.</p>

Tabla 06: estratificación de riesgos, según (CENEPRED, 2014)

Características del suelo

Las obras hidráulicas de mitigación a eventos de inundación, además de considerar los parámetros de caudales máximos, es de suma importancia considerar los caracteres físicos y mecánicos del suelo, ya que encima del suelo descasará la construcción de aguante; la información necesaria para el modelo de la estructura son:

- Capacidad de humedad
- Línea de consistencia
- Clasificación de suelo SUCS
- Ensayo de corte directo
- Ensayo de peso específico
- Determinación de la capacidad de carga

Geología y tectónica

Siguiendo los lineamientos que contiene la Norma Técnica E.030, para el modelo de Sismorresistente para el Reglamento Nacional de Edificaciones, del sector de investigación que se encuentran dentro del sector denominado zona 3, de sismicidad alta, correspondiéndole un factor de zona $z=0.35$.



Figura 10: zonas de sismicidad, fuente NORMA E.030

Metodología HIDROESTA

Es un software creado por el Ingeniero Máximo Vilón, patrocinado por la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del Instituto Tecnológico de Costa Rica y ahora se continúa el trabajo para continuas actualizaciones; este programa especializado, permite realizar múltiples aplicaciones y cálculo como son de regresión lineal, no lineal, simple y múltiple así como regresión polinomial, verificaciones estadísticas de distribución entre muchos más, para el presente estudio se ha empleado principalmente para determinar las ecuaciones de intensidad y estimación de caudales.

Modelamiento hidráulico con HEC-RAS

El software Hec-Ras, prosperó en el Centro de Ingeniería Hidrológica (Hydrologic Engineering Center) a cargo del equipo de ingenieros de la escuadra del país de EE.UU. (US Army Corps of Engineers).

El programa Hec-Ras ayuda la automatización del régimen que varia y ayuda a desarrollar la ecuaciones de Saint-Venant , a través del uso de la técnica de diferencias finitas para ello hace uso del esquema denominado Preissmann, en ello se cumple los requisitos, también interviene el método LPI (Local Partial Inertia), en ello se añade la ecuación a fin de reducir el método de la inercia , si el de Froude se aproxima a la unidad y ocurre que habrá variación de régimen, en caso de posibles discontinuidades, el método ocasiona que el diseño se inestabilice ante una posible interrupción del fluido a causa que ocurra perdidas en la precisión de los resultados o el lugar donde se produce. (Ahmed, 2008)

En la modelación con el software HEC-RAS es obligatorio ejecutar el levantamiento topográfico a detalle del sector, a fin de la obtención de las áreas que precise los resultados más cercanos posibles a la realidad.

Mitigación

Las propuestas de solución ante eventos de inundación juegan un papel muy importante para mitigar el peligro; en el modelo de las obras hidráulicas disminuyen los efectos devastadores de la crecida de los ríos, en toda zona media de las cuencas las inundaciones frecuentemente son por la fuerza erosiva lateral de los ríos.

Bajo este concepto, en el proyecto se realiza la mejor evaluación y planteamiento que se adapte al lecho del río y considerando las características del suelo. Los entes involucrados se verán en cierta medida protegidos al plantear las estructuras hidráulicas.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación:

Tipo de investigación. Según la publicación de Tamayo (2002), describe que una investigación es aplicada porque se apoya de los conocimientos obtenidos de una investigación básica, principalmente aplica los conocimientos ya establecidos y no desarrolla teorías.

Diseño de la investigación. Corresponde al tipo de diseño de una investigación no experimental, porque no se manipula la variable independiente para ver los cambios en la dependiente, lo que se hace es observar los fenómenos tal cual son para luego analizarlos.

Nivel de investigación. El grado de estudio es descriptivo correlacional, en vista que los procedimientos aplicados para lograr los resultados son descritos secuencial y progresivamente.

Enfoque de la investigación. El enfoque es cuantitativo porque las dimensiones correspondientes a las variables presentan indicadores que pueden ser medidos y estimados.

3.2. Variables y operacionalización:

Variable independiente:

Caudales máximos.

Es la cantidad de agua se expresa en volumen m^3 por una unidad y el tiempo en segundo "s", lo cual corresponde a m^3/s ; que hace su recorrido por drenajes naturales de las cuencas denominado como río, esta cantidad de agua se ve diferenciada con el caudal medio, a causa de las máximas precipitaciones en los diferentes periodos de retorno, a su vez podemos definir que el caudal es la representación numérica de la cantidad de agua que pasa por cierta área definida con una velocidad también definida.

Variables dependientes:

VD 01 Zonas de inundación

Se denomina a la sumersión en el tiempo de los terrenos, ordinariamente secos como resultado del aporte inusual en los volúmenes de agua elevados a los ordinario, lo cual existe la posibilidad de la provocación de daños a las personas y bienes materiales que pueda existir en las zonas de esos territorios. (Dirección General de Protección Civil y Emergencias Ministerio del Interior. España, 2004)

VD 02 Herramientas de modelamiento

Son tecnologías diseñadas para simular virtualmente escenarios en diferentes condiciones de terreno y datos ingresados; son sistemas integrados de los programas, son diseñados para usar e interactuar en las diversas tareas. El método se compone de interfaces gráficas para los usuarios del (GUI), se hace la separación de los elementos de estudio hídrico, almacena datos y soporta la cavidad en la administración, como gráficas además facilita la administración de la información obtenida. (N FONACIT, 2015)

3.3. Población, muestra y muestreo

Población.

Según el Colegio Mexicano de Inmunología Clínica (México 2016) menciona que *“la población de investigación es un grupo de casos, que se define, es limitado pero accesible, con ello se formará el referido para seleccionar la muestra, y también cumple con una serie de discreciones establecidas”*

La población para la realización del proyecto de investigación, se constituye por todas las quebradas y ríos aportantes al río Pomabamba.

Muestra.

Se denomina muestra a una parte que constituye la población que representa a la vez la tendencia, situación o dirección de una población; al respecto, la muestra para el presente proyecto es el río Pomabamba, entre las

coordenadas -8.81318 latitud sur, -77.46924 longitud oeste y -8.8260 latitud sur, -77.45713 longitud oeste, zona urbana de la ciudad de Pomabamba.

Muestreo.

Se denomina muestre al NO PROBABILÍSTICO debido a que la muestra está delimitada por el investigador, es decir, no se escogió al azar. El investigador escoge dependiendo su interés de análisis. (Hernandez Sampieri, y otros, 2006).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

3.4.1. Técnicas

Según Patton (1980, 1990), menciona que los detalles cualitativos puesto que las descripciones se detallan en situaciones, eventos, personas, interacciones, conductas advertidas de sus muestras. Bajo este contexto, la investigación cualitativa, presenta diferentes características, de los cuales uno de ellos es la observación directa.

Los investigadores cualitativos usan métodos en la recolección de información como son observar, entrevistas libres, realizar los expedientes, discusiones de grupo, evaluar experiencias a través de las personas, protocolos de historia de vida, la interacción y la introspección en los grupos o agrupaciones.

Según (Behar Rivero, 2008), la Observación es un método mediciones sin obstrucción a fin que la herramienta de medición no influya en los comportamientos de los elementos estudiados. Las técnicas que no se obstruyen se registran de manera sencilla sin estimación de factores extraños al instrumento en las mediciones; por su parte (Hernandez Sampieri, y otros, 2006) mencionan que la técnica de la observación es describir lo que se observa, se oye, se olfatea, y se palpa en los casos de la participación de los integrantes en el estudio, se deben ordenar la forma de cronología, ello permite contar la cronología de lo que ocurre en que ,para quien, usar el cómo, para cuándo y el lugar donde).

3.4.2. Instrumento de recolección de datos

Los estudios de investigación se basan de acuerdo al método de recolección de datos, estos métodos ayudan a verificar los temas propuestos, es por ello que cada estudio determinará procesos a usar en cada toma de datos, en ello se establece materiales instrumentos que se emplean.(Behar Rivero, 2008)

De acuerdo a Arias (2012), menciona que se usa instrumentos para la recolección de información en la muestra de estudio durante el tiempo que se encuentra en estudio, sirven también en la consideración de fichas, se puede usar cuestionarios, uso de guía de entrevista, grabador de audios, uso de cámara de fotografía, cámara de video, entre otros.

En las herramientas de la evaluación de los datos obtenidos se usa hoja el Excel para el cálculo, referenciarían mapas necesarios durante un estudio de investigación.

3.4.3. Validez y confiabilidad de datos

3.4.3.1. Validez

Refiere a la extensión en la escala a fin de estimar caracteres para los que se construye, la escala imprecisa, ello hace hacer las mediciones de caracteres que fue construida en otras parecidas. La porción tiene validez cuando mida distintas variables que se superponen, una escala tiene valor cuando realmente realiza mediciones en lo que se propone a medir. (Behar Rivero, 2008)

La validación que se sometió la investigación fue al análisis de tres ingenieros expertos en el área del tema de investigación, lo cual se valoró según los métodos y las extensiones específicas con un puntaje de 26 de 30.

3.4.3.2. Confiabilidad

Consiste en presentar la consistencia del estudio a través del uso del instrumento y a la capacidad de discernir en forma constante entre los valores que se obtiene uno de otro. Cuando produce frecuentemente el mismo valor en un resultado cuando se aplica a una muestra, entonces los mismos objetos se presentan del mismo valor y forma. (Behar Rivero, 2008).

3.5. Procedimientos

Representa el valor y confianza que se establece en los instrumentos, se procede a generar el procedimiento para el proyecto de determinación de caudales máximos para identificar las zonas de inundación, los cuales podemos dividirlo en dos procesos diferentes pero consecuentemente ligados: el trabajo en campo y el trabajo en gabinete.

3.5.1. Trabajo de campo

- a.- levantamiento topográfico
- b.- colección de datos de precipitación
- c.- colección de datos de vulnerabilidad
- d.- extracción de muestra de suelo

3.5.2. Trabajo de gabinete

- a.- procesamiento de la información topográfica a nivel de secciones transversales
- b.- tratamiento de la información meteorológica de precipitación, (03 estaciones meteorológicas).
- c.- verificación de la consistencia de los datos de registro precipitacional
- d.- completación de datos faltantes, aquellos periodos de tiempo en el cual no se ha contado con registros de precipitación
- e.- cálculo de las precipitaciones máximas.
- f.- elaboración de la curva IDF (Intencidad, Duración, Frecuencia)
- g.- análisis de las distribuciones probabilísticas

- h.- análisis de distribuciones para tiempo de retorno de 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años
- i.- verificación de ajuste de bondad
- j.- determinación de caudales máximos
- k.- modelación hídrica con el programa HEC-HMS
- l.- estimación de las zonas de inundación en los periodos de retorno
- m.- elaboración de mapa de riesgo
- n.- planteamiento de estructura hidráulica de mitigación en las zonas de nivel de riego muy alto.

3.6. Métodos de análisis de datos

Para el estudio del análisis se utilizó la estadística de manera descriptiva a fin de estimar el cálculo en caudales máximos de manera probabilística. Para el proceso de cálculos de las diferentes ecuaciones y aplicaciones se usa la plataforma de Microsoft Excel; la información topográfica de la zona de estudio del río se procesa con herramientas del Autocad Civil 3D. Para analizar la caracterización geomorfológica de grandes extensiones se emplea las herramientas del Arc-Gis. En la técnica del estudio de información sigue un formalizamo de orden en exploración de resultados, a continuación se ejemplifica la técnica de análisis de información en correlación tal como.

- a) Indagación fisiografía
- b) Indagación meteorológica
- c) La ecuación de densidad de probabilidad
- d) Comprobación de caudales máximos de diseño
- e) Modelamiento hidráulico con HEC-RAS
- f) Identificación, delimitación y mapeo de las zonas vulnerables a eventos de inundación

3.7. Aspectos éticos

El presente proyecto se desarrolla con mucha responsabilidad, para encontrar el camino correcto de la investigación; el esfuerzo dedicado al presente pretende a ser una de las mejores investigaciones referidas a la especialidad estudiada; con mucho respeto y honestidad referida a los guiones escritos,

citando correctamente los autores de guía y de antecedentes. En nuestra preparación profesional de Ingeniería Civil nos han guiado por el camino de la perseverancia y la perfección, considerando ética y moralmente el amplio respeto a nuestros antecesores y mentores que con dedicación, paciencia y exigencia, hoy en día pueden ver los resultados en nuestros proyectos de investigación.

El camino del Ingeniero civil es de esfuerzo, dedicación, perseverancia y humildad, todos estos valores aprendidos en casa, mejorados en la escuela y la universidad, nos fortalece e inspira para llegar en los diferentes lugares de nuestro país impartiendo las buenas costumbres y convivencias.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

Los resultados se evalúan de acuerdo al orden de los objetivos planteados:

a. Análisis de consistencia de datos meteorológico de precipitación

Obtención de datos de precipitaciones máximas en 24 hr.

Para el presente caso de investigación se ha empleado datos históricos de precipitación considerando 03 estaciones cercanas que guardan relación, los cuales han sido obtenidos de la página de SENAMHI, y procesados a fin de obtener las precipitaciones máximas en 24hr, de ellos están las estaciones de Pomabamba, Sihuas y Yungay respectivamente.

Estación: Pomabamba

Latitud: 8°49'18.13"S

Región: Áncash

Tipo: convencional

Longitud: 77°27'26.4"W

Provincia: Pomabamba

Fuente: SENAMHI

Altitud: 2985msnm

Distrito: Pomabamba

N° REG	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1980	11.63	14.40	8.29	3.03	2.84	14.73	0.98	1.74	11.33	2.37	26.52	0.65
2	1981	21.83	11.99	12.73	6.89	5.72	12.03	3.19	1.68	8.48	4.17	13.49	15.18
3	1982	11.06	20.56	20.94	23.75	8.23	2.21	0.00	2.39	18.44	32.45	12.01	31.80
4	1983	17.45	5.22	26.24	20.85	18.51	5.40	1.48	0.94	4.44	1.41	16.05	12.71
5	1984	9.68	19.33	13.77	7.90	8.89	10.41	1.41	2.03	26.82	29.68	10.74	4.59
6	1985	2.72	26.66	8.41	3.12	14.80	7.35	4.03	5.05	11.73	7.06	4.47	6.25
7	1986	9.33	10.84	29.98	3.16	13.26	0.30	0.54	4.25	4.56	4.50	28.45	3.44
8	1987	14.83	39.46	7.26	4.78	7.32	0.27	0.84	5.30	8.47	14.99	3.69	2.05
9	1988	28.90	7.24	18.16	12.89	8.14	0.81	0.03	0.42	7.99	2.10	24.46	3.80
10	1989	59.56	30.44	10.38	11.12	9.37	5.78	1.24	4.31	0.00	3.72	1.52	2.58
11	1990	11.93	6.51	7.99	5.19	30.46	7.88	2.16	1.62	12.01	4.88	14.92	12.12
12	1991	17.79	14.82	21.72	28.62	17.03	0.00	0.00	1.04	3.64	0.64	38.20	17.23
13	1992	12.23	3.55	16.16	17.72	0.58	1.79	0.00	7.14	11.46	1.20	19.33	12.60
14	1993	9.19	10.27	20.34	29.09	64.93	3.13	7.13	8.35	16.03	1.72	23.55	2.49
15	1994	7.10	21.60	16.71	22.30	12.40	1.20	0.61	2.28	10.79	3.31	4.16	4.50
16	1995	1.37	27.05	23.88	13.60	12.60	0.60	2.45	5.01	7.85	3.99	13.54	2.27
17	1996	12.17	11.07	11.00	4.36	3.73	10.49	1.19	4.51	11.34	16.46	31.04	4.33
18	1997	6.63	4.02	6.78	12.37	38.83	0.06	0.25	1.06	5.17	136.57	13.66	13.23
19	1998	34.88	13.34	57.36	11.51	2.61	0.00	0.25	3.79	21.43	3.63	13.33	2.55
20	1999	62.90	85.65	15.25	13.33	4.67	1.23	4.50	1.32	17.71	7.61	22.66	13.12
21	2000	6.80	75.54	46.60	22.45	2.12	8.35	2.40	4.27	23.56	7.88	30.26	14.64
22	2001	28.60	64.42	49.12	2.21	8.30	1.96	2.07	2.51	34.89	8.90	19.01	9.22
23	2002	7.58	36.95	40.40	78.68	1.56	3.15	0.15	3.09	7.28	7.89	18.48	13.10
24	2003	85.93	25.69	80.72	9.35	1.04	4.22	0.22	3.40	22.74	12.67	19.85	15.15
25	2004	13.06	85.57	20.02	11.19	0.33	1.00	2.83	2.68	30.76	11.28	12.60	16.74
26	2005	23.74	15.88	59.87	22.68	3.87	1.45	0.66	0.07	8.69	4.61	25.53	14.73
27	2006	23.47	62.48	68.91	38.38	3.71	2.81	0.62	12.67	8.24	33.40	13.16	11.17
28	2007	7.72	9.54	34.05	20.30	3.91	0.17	0.59	2.44	3.29	10.27	9.29	14.01
29	2008	7.88	107.32	49.84	11.62	24.39	5.23	0.06	0.79	3.61	15.01	12.43	10.12
30	2009	15.49	55.30	54.72	37.74	7.39	1.00	0.49	0.00	5.05	4.32	7.63	14.03

31	2010	12.87	41.82	36.55	19.13	0.87	1.57	0.40	5.37	18.02	10.55	19.19	16.01
32	2011	14.37	83.65	29.48	23.13	0.73	1.43	1.78	0.84	12.10	8.89	13.53	15.79
33	2012	38.18	35.80	94.93	27.64	2.50	3.47	0.10	0.54	6.72	19.15	10.90	8.35
34	2013	9.01	44.29	54.46	9.90	1.91	2.68	1.22	4.35	5.76	9.58	19.76	25.72
35	2014	12.58	103.91	86.35	15.72	1.73	0.87	0.00	1.16	12.14	13.99	19.19	14.50
36	2015	99.59	27.27	23.44	6.96	2.70	0.03	1.59	0.00	1.70	0.99	20.90	27.39
37	2016	35.50	53.60	18.40	26.60	9.40	7.00	0.00	0.00	15.50	38.70	36.80	30.30
38	2017	23.20	21.50	19.70	19.40	26.50	24.50	5.00	9.20	7.80	37.60	14.70	26.00
39	2018	20.10	20.00	24.00	24.40	16.80	10.60	4.30	12.80	19.40	30.80	18.00	20.50
40	2019	26.50	40.50	44.80	14.70	10.70	8.70	5.30	2.80	9.20	19.60	17.40	25.20
41	2020	36.30	29.90	16.05	11.83	6.63	6.13	1.33	0.00	9.20	18.80	9.60	13.15

Tabla 07. Datos de precipitación máxima en 24 hr. Estación Pomabamba.
Fuente, Elaboración propia.

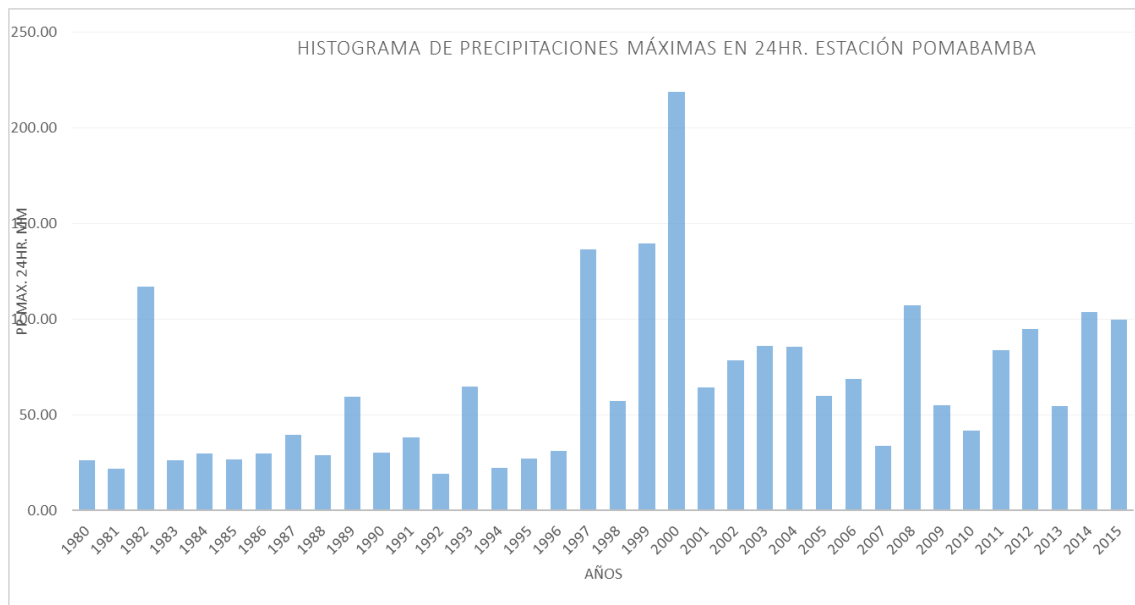


Figura 11: Histograma de precipitación máxima en 24 hr. Estación Pomabamba.
Fuente, Elaboración propia.

PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 hr. (mm)

Estación: Sihuas

Latitud: 8° 33' 18"S

Región: Áncash

Tipo: convencional

Longitud: 77° 37' 51.6"W

Provincia: Sihuas

Fuente: SENAMHI

Altitud: 2730msnm

Distrito: Sihuas

N° REG	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1980	13.37	8.48	9.72	3.39	1.77	11.17	0.43	1.38	13.75	2.48	30.78	1.63
2	1981	25.17	16.53	10.35	6.12	4.11	9.56	1.89	1.38	9.08	5.12	13.76	19.27
3	1982	8.64	26.90	19.58	23.41	10.93	1.78	0.00	1.99	20.92	127.48	14.88	38.05
4	1983	14.72	7.61	27.13	26.33	24.02	5.03	1.00	0.71	5.02	2.29	16.15	17.52
5	1984	9.02	21.23	16.03	9.03	13.03	12.07	0.64	2.00	25.12	38.15	7.25	6.39
6	1985	4.09	31.59	8.01	4.63	21.76	7.41	2.39	4.78	12.97	6.78	3.08	7.50
7	1986	10.26	12.92	37.96	3.19	14.16	0.19	0.33	3.53	4.66	5.56	38.62	6.23
8	1987	17.27	45.76	5.73	4.00	6.41	0.13	0.46	5.15	9.59	19.61	4.40	2.88
9	1988	29.37	8.45	15.59	13.86	7.11	0.00	0.02	0.39	10.27	2.66	31.13	5.35
10	1989	65.13	32.17	11.00	9.98	7.86	4.64	0.84	3.60	0.00	6.58	2.64	1.79
11	1990	13.16	4.68	8.07	5.04	29.87	6.65	1.25	1.22	13.69	4.91	18.05	14.04
12	1991	17.32	22.10	23.72	35.42	19.24	0.00	0.00	0.86	4.02	0.64	28.98	22.99
13	1992	5.79	3.45	10.21	19.87	0.51	0.00	0.00	6.03	8.04	1.06	18.61	15.35
14	1993	8.59	8.52	26.60	32.35	74.52	1.65	4.25	6.00	13.87	2.53	26.12	3.88
15	1994	3.28	18.28	21.22	20.87	13.24	1.36	0.27	1.48	12.20	2.93	6.37	5.21
16	1995	1.28	35.71	24.70	13.38	15.61	0.66	1.23	5.11	5.86	3.21	11.71	3.55
17	1996	14.73	12.52	10.90	5.03	2.77	8.77	0.98	3.07	12.39	22.55	27.12	6.42
18	1997	7.18	6.72	5.22	10.86	34.27	0.00	0.00	0.78	5.71	95.33	19.27	17.92
19	1998	32.39	14.22	66.58	13.48	2.16	0.00	0.13	2.59	22.04	3.14	12.63	2.66
20	1999	84.11	145.46	13.99	15.40	5.22	0.66	3.51	1.00	22.79	10.24	20.95	18.37
21	2000	5.87	266.49	35.39	22.50	3.31	5.62	1.54	3.19	31.66	5.55	26.12	17.87
22	2001	28.11	65.63	35.21	1.91	4.48	1.21	1.13	1.15	36.69	7.15	19.77	12.66
23	2002	9.04	26.96	35.39	52.09	1.73	4.19	0.09	1.93	8.22	7.53	14.63	13.38
24	2003	83.90	18.69	64.25	7.05	0.79	3.04	0.30	2.20	25.81	26.98	16.83	12.15
25	2004	11.18	69.84	20.76	12.81	0.20	0.83	2.71	3.86	36.69	6.80	13.85	15.99
26	2005	20.41	17.11	53.21	23.27	4.01	1.54	0.61	0.03	8.49	5.14	20.60	14.29
27	2006	26.32	47.92	64.25	35.30	4.03	1.89	0.54	14.87	6.73	33.87	12.34	10.06
28	2007	5.76	11.42	32.75	20.39	3.40	0.53	0.12	1.94	5.37	9.90	8.58	12.39
29	2008	9.34	136.70	42.13	11.72	24.57	3.13	0.10	0.64	4.12	12.31	13.55	9.83
30	2009	13.18	60.37	55.70	94.94	9.81	0.91	0.34	0.00	5.91	5.22	8.13	10.59
31	2010	10.24	49.26	34.63	19.64	1.03	2.22	0.20	7.74	19.89	9.52	19.28	16.97
32	2011	13.03	68.72	26.10	37.65	0.10	1.20	0.52	0.28	11.37	7.48	13.65	14.42
33	2012	71.93	24.35	125.27	37.72	1.14	2.22	0.03	0.01	6.80	29.38	8.38	9.65
34	2013	8.56	19.31	43.72	9.04	1.81	2.86	0.64	3.19	5.82	11.11	18.69	19.44
35	2014	9.59	89.26	66.75	15.17	2.37	0.73	0.00	0.94	9.92	14.13	19.28	11.38
36	2015	96.25	25.93	26.02	6.95	2.23	0.22	0.92	0.00	1.77	2.98	17.53	21.31

Tabla 08. Datos de precipitación máxima en 24 hr. Estación Sihuas.
Fuente, Elaboración propia.

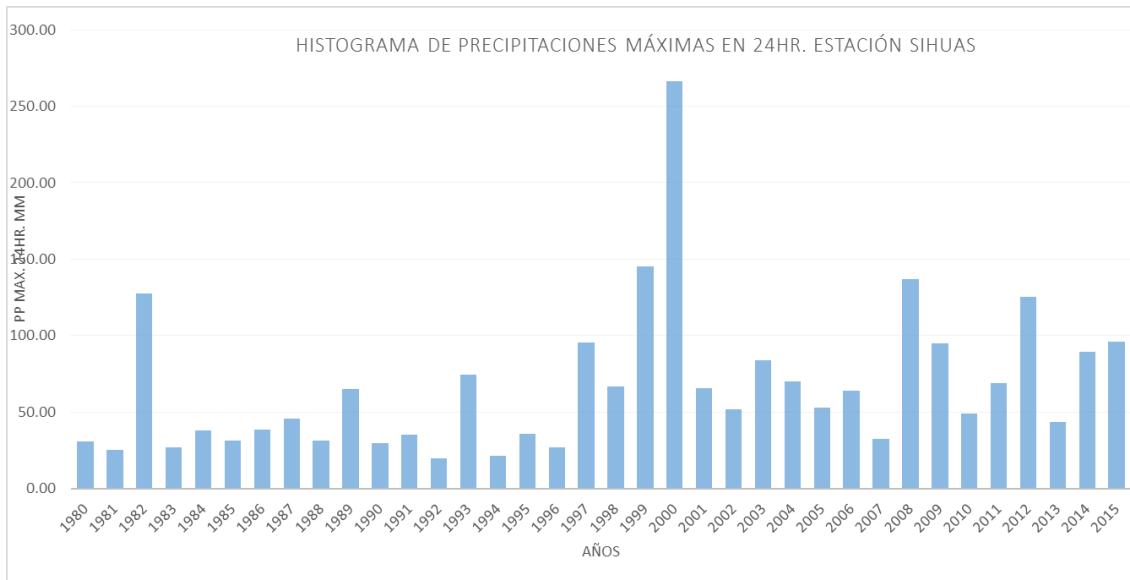


Figura 12: Histograma de precipitación máxima en 24 hr. Estación Sihuas.
Fuente, Elaboración propia.

PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 hr. (mm)

Estación: Yungay

Latitud: 9° 8' 24" S

Región: Áncash

Tipo: convencional

Longitud: 77° 44' 42"W

Provincia: Yungay

Fuente: SENAMHI

Altitud: 2492msnm

Distrito: Yungay

N° REG	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1980	12.53	10.14	4.84	2.14	1.72	11.10	0.34	0.69	10.30	3.14	36.47	1.36
2	1981	23.03	13.69	10.57	4.03	3.13	8.00	1.69	1.47	8.88	3.20	13.92	9.67
3	1982	12.67	20.91	21.31	29.51	6.26	1.56	0.00	0.56	17.92	85.40	18.89	45.40
4	1983	18.54	3.70	43.73	17.40	17.09	6.49	0.19	0.74	4.35	2.11	13.30	17.57
5	1984	6.81	28.02	7.40	5.26	2.95	2.86	0.38	0.51	26.84	17.52	8.07	1.63
6	1985	1.13	37.94	4.88	1.74	5.37	7.49	1.47	3.32	13.38	4.39	3.18	3.83
7	1986	6.01	16.31	30.35	4.60	13.44	0.13	0.12	2.17	3.29	1.13	21.76	1.41
8	1987	12.17	39.66	3.91	4.56	3.77	0.20	0.27	1.24	12.63	13.64	2.77	2.81
9	1988	26.33	3.61	10.61	13.00	2.31	1.83	0.00	0.22	8.99	2.09	31.80	2.34
10	1989	98.15	36.90	11.55	5.85	4.53	5.36	0.15	3.60	0.00	2.86	1.69	2.43
11	1990	6.59	4.02	10.09	2.62	25.21	5.48	0.26	0.87	7.39	2.98	20.12	13.69
12	1991	7.57	4.44	15.21	21.76	15.25	0.00	0.00	0.46	5.53	0.57	55.83	19.28
13	1992	6.43	1.66	12.77	16.78	0.25	3.84	0.00	1.56	15.25	0.69	21.98	10.99
14	1993	11.13	4.50	27.49	20.52	87.89	2.01	1.04	3.93	16.29	1.69	22.74	1.51
15	1994	7.86	29.39	21.17	28.08	5.47	1.05	0.18	1.52	8.98	2.17	1.93	2.29
16	1995	1.22	56.54	14.35	11.28	16.54	0.54	0.65	1.19	8.39	2.46	14.42	1.62
17	1996	23.01	19.83	15.19	4.99	2.04	6.68	0.31	3.00	6.50	26.95	27.48	2.31
18	1997	9.74	2.82	5.21	13.03	30.33	0.09	0.32	0.26	7.92	194.00	17.30	7.93
19	1998	45.13	30.77	80.26	14.70	1.90	0.00	0.13	1.62	13.11	3.29	12.84	1.44
20	1999	71.34	184.62	8.26	16.78	2.95	1.01	0.79	0.22	8.63	11.55	20.72	27.14
21	2000	4.60	180.55	59.77	17.68	1.26	7.42	0.67	2.15	16.34	7.78	37.71	13.99
22	2001	24.39	50.31	70.64	5.08	12.28	2.11	0.84	1.85	52.12	11.18	18.89	7.41
23	2002	8.93	42.04	51.67	111.65	0.36	1.56	0.03	2.10	5.19	11.03	17.28	14.21
24	2003	97.47	55.37	104.45	10.23	1.00	4.28	0.03	1.83	21.43	8.37	15.91	19.16
25	2004	11.67	106.44	20.02	8.96	0.07	0.78	1.00	0.53	17.04	19.14	10.34	17.01
26	2005	22.46	18.31	112.19	19.59	3.58	0.57	0.14	0.02	7.72	5.68	28.73	16.36

27	2006	17.71	46.30	64.36	33.81	3.72	2.77	0.42	7.49	10.18	30.08	11.45	10.99
28	2007	5.49	12.84	36.02	19.19	1.50	0.00	0.08	0.64	1.86	9.31	7.22	15.00
29	2008	9.70	52.23	64.52	10.24	20.53	6.57	0.03	0.39	1.83	18.83	12.27	8.47
30	2009	48.75	40.11	84.42	39.22	4.21	0.48	0.18	0.00	3.26	3.78	5.09	20.33
31	2010	16.01	53.19	35.14	15.75	0.37	0.58	0.00	5.01	9.50	10.96	20.16	15.00
32	2011	17.95	96.51	25.90	14.64	0.00	1.08	0.91	0.37	7.60	6.39	13.85	13.55
33	2012	20.22	78.73	104.74	21.15	0.04	2.97	0.07	1.21	10.41	18.84	11.78	11.09
34	2013	15.68	91.39	71.77	9.21	2.42	0.96	0.43	2.20	3.40	10.79	22.09	23.69
35	2014	17.84	139.88	137.86	14.77	0.11	0.57	0.00	0.05	7.72	19.18	20.16	14.17
36	2015	97.47	38.29	28.89	5.38	3.04	0.00	0.38	0.00	1.03	1.04	19.57	37.71

Tabla 09. Datos de precipitación máxima en 24 hr. Estación Yungay.
Fuente, Elaboración propia.

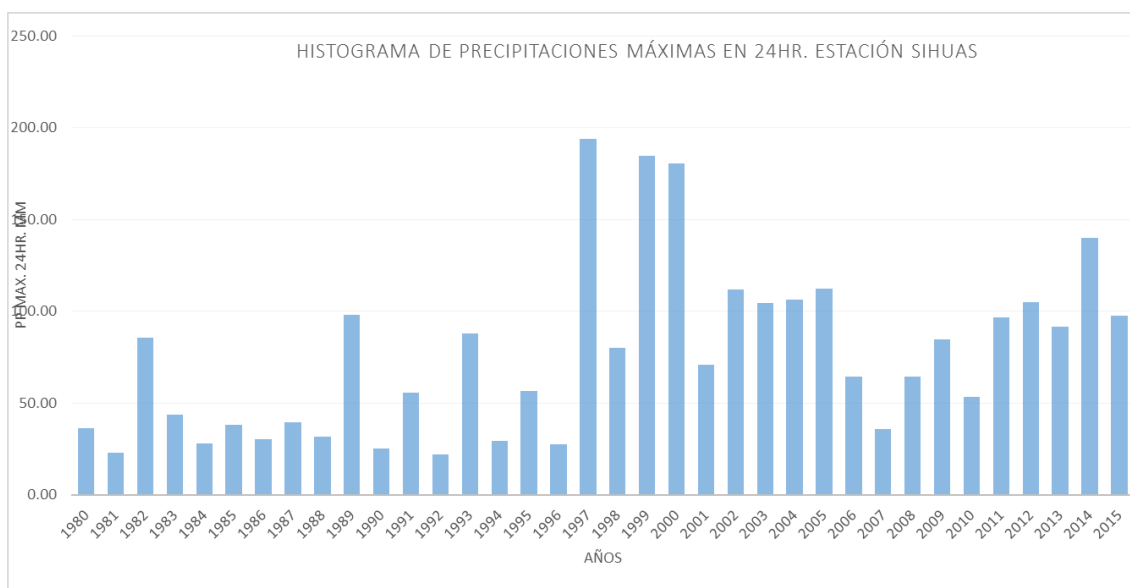


Figura 13: Histograma de precipitación máxima en 24 hr. Estación Yungay.
Fuente, Elaboración propia.

Análisis de doble masa

Estos datos de observación han sido sometidos a la prueba de hipótesis “t”, donde si los valores medios x_1 , x_2 , de las submuestras, son estadísticamente iguales o diferentes con una probabilidad de 95 % según el libro de hidrología estadística de Máximo Villón Béjar. A su vez se empleó el modelo doble masa para ver la frecuencia.

Año	POMABAMBA		SIHUAS		YUNGAY	
	PP mm	PP acum.	PP mm	PP acum.	PP mm	PP acum.
1,980	26.52	26.52	30.78	30.78	36.47	36.47
1,981	21.83	48.34	25.17	55.95	23.03	59.50

1,982	117.23	165.58	127.48	183.43	85.40	144.90
1,983	26.24	191.82	27.13	210.56	43.73	188.63
1,984	29.68	221.50	38.15	248.71	28.02	216.65
1,985	26.66	248.16	31.59	280.30	37.94	254.59
1,986	29.98	278.14	38.62	318.92	30.35	284.95
1,987	39.46	317.60	45.76	364.68	39.66	324.61
1,988	28.90	346.50	31.13	395.81	31.80	356.41
1,989	59.56	406.06	65.13	460.94	98.15	454.56
1,990	30.46	436.51	29.87	490.81	25.21	479.76
1,991	38.20	474.71	35.42	526.23	55.83	535.59
1,992	19.33	494.04	19.87	546.10	21.98	557.57
1,993	64.93	558.97	74.52	620.62	87.89	645.45
1,994	22.30	581.27	21.22	641.84	29.39	674.84
1,995	27.05	608.32	35.71	677.54	56.54	731.38
1,996	31.04	639.35	27.12	704.66	27.48	758.86
1,997	136.57	775.92	95.33	799.99	194.00	952.86
1,998	57.36	833.28	66.58	866.57	80.26	1,033.12
1,999	139.61	972.89	145.46	1,012.03	184.62	1,217.74
2,000	218.85	1,191.74	266.49	1,278.52	180.55	1,398.28
2,001	64.42	1,256.16	65.63	1,344.15	70.64	1,468.92
2,002	78.68	1,334.83	52.09	1,396.24	111.65	1,580.57
2,003	85.93	1,420.76	83.90	1,480.14	104.45	1,685.02
2,004	85.57	1,506.33	69.84	1,549.99	106.44	1,791.46
2,005	59.87	1,566.20	53.21	1,603.19	112.19	1,903.65
2,006	68.91	1,635.11	64.25	1,667.45	64.36	1,968.01
2,007	34.05	1,669.16	32.75	1,700.20	36.02	2,004.03
2,008	107.32	1,776.48	136.70	1,836.90	64.52	2,068.55
2,009	55.30	1,831.78	94.94	1,931.84	84.42	2,152.97
2,010	41.82	1,873.59	49.26	1,981.10	53.19	2,206.17
2,011	83.65	1,957.24	68.72	2,049.82	96.51	2,302.68
2,012	94.93	2,052.17	125.27	2,175.09	104.74	2,407.42
2,013	54.46	2,106.63	43.72	2,218.81	91.39	2,498.81
2,014	103.91	2,210.54	89.26	2,308.07	139.88	2,638.69

2,015	99.59	2,310.13	96.25	2,404.32	97.47	2,736.16
-------	-------	----------	-------	----------	-------	----------

Tabla 10. Análisis de doble masa.
Fuente, Elaboración propia.

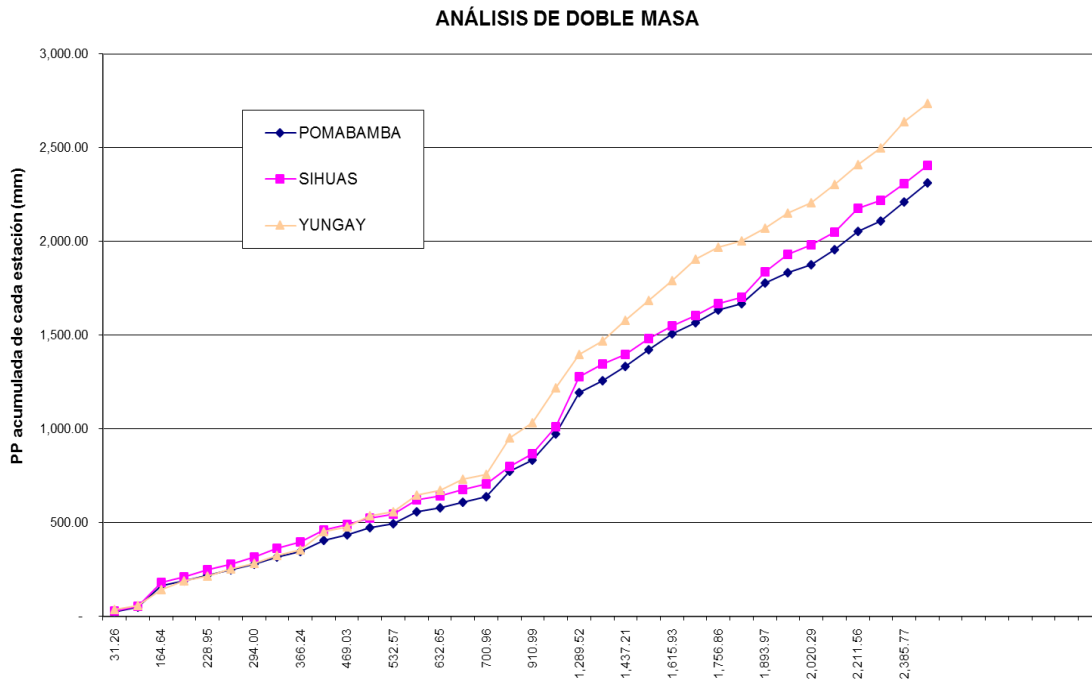


Figura 14: Análisis de doble masa

Corrección de datos en la sub muestra dudosa.

Del gráfico podemos deducir que según la serie de datos de la estación Pomabamba, presenta datos inconsistente, apreciando salto.

Es así que procede a determinar los parámetros estadísticos para las sub muestras comprendidos entre los años S1 periodo no confiable (1980 - 1998), S2 periodo confiable (2001 - 2015); aplicando la ecuación.

$$X'_{(t)} = \frac{x_t - x_1}{S_1(x)} \cdot S_2(x) + x_2$$

Donde:

- $X'(t)$: dato corregido
 X_1 : dato dudoso
 \bar{X} : media de la serie dudosa
 $S_1(x)$: Des. Estándar de la serie dudosa
 $S_2(x)$: Des. Estándar de la serie confiable
 \bar{X}_2 : media de la serie confiable

Obtenemos a serie histórica corregida.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAX. PROM.
1,980	11.63	14.40	8.29	3.03	2.84	14.73	0.98	1.74	11.33	2.37	26.52	0.65	8.21
1,981	21.83	11.99	12.73	6.89	5.72	12.03	3.19	1.68	8.48	4.17	13.49	15.18	9.78
1,982	11.06	20.56	20.94	23.75	8.23	2.21	-	2.39	18.44	32.45	12.01	31.80	15.32
1,983	17.45	5.22	26.24	20.85	18.51	5.40	1.48	0.94	4.44	1.41	16.05	12.71	10.89
1,984	9.68	19.33	13.77	7.90	8.89	10.41	1.41	2.03	26.82	29.68	10.74	4.59	12.10
1,985	2.72	26.66	8.41	3.12	14.80	7.35	4.03	5.05	11.73	7.06	4.47	6.25	8.47
1,986	9.33	10.84	29.98	3.16	13.26	0.30	0.54	4.25	4.56	4.50	28.45	3.44	9.38
1,987	14.83	39.46	7.26	4.78	7.32	0.27	0.84	5.30	8.47	14.99	3.69	2.05	9.10
1,988	28.90	7.24	18.16	12.89	8.14	0.81	0.03	0.42	7.99	2.10	24.46	3.80	9.58
1,989	59.56	30.44	10.38	11.12	9.37	5.78	1.24	4.31	-	3.72	1.52	2.58	11.67
1,990	11.93	6.51	7.99	5.19	30.46	7.88	2.16	1.62	12.01	4.88	14.92	12.12	9.80
1,991	17.79	14.82	21.72	28.62	17.03	-	-	1.04	3.64	0.64	38.20	17.23	13.39
1,992	12.23	3.55	16.16	17.72	0.58	1.79	-	7.14	11.46	1.20	19.33	12.60	8.65
1,993	9.19	10.27	20.34	29.09	64.93	3.13	7.13	8.35	16.03	1.72	23.55	2.49	16.35
1,994	7.10	21.60	16.71	22.30	12.40	1.20	0.61	2.28	10.79	3.31	4.16	4.50	8.91
1,995	1.37	27.05	23.88	13.60	12.60	0.60	2.45	5.01	7.85	3.99	13.54	2.27	9.52
1,996	12.17	11.07	11.00	4.36	3.73	10.49	1.19	4.51	11.34	16.46	31.04	4.33	10.14
1,997	6.63	4.02	6.78	12.37	38.83	0.06	0.25	1.06	5.17	136.57	13.66	13.23	19.89
1,998	34.88	13.34	57.36	11.51	2.61	-	0.25	3.79	21.43	3.63	13.33	2.55	13.72
1,999.00	62.90	85.65	15.25	13.33	4.67	1.23	4.50	1.32	17.71	7.61	22.66	13.12	20.83
2,000.00	6.80	75.54	46.60	22.45	2.12	8.35	2.40	4.27	23.56	7.88	30.26	14.64	20.41
2,001	28.60	64.42	49.12	2.21	8.30	1.96	2.07	2.51	34.89	8.90	19.01	9.22	19.27
2,002	7.58	36.95	40.40	78.68	1.56	3.15	0.15	3.09	7.28	7.89	18.48	13.10	18.19
2,003	85.93	25.69	80.72	9.35	1.04	4.22	0.22	3.40	22.74	12.67	19.85	15.15	23.41
2,004	13.06	85.57	20.02	11.19	0.33	1.00	2.83	2.68	30.76	11.28	12.60	16.74	17.34
2,005	23.74	15.88	59.87	22.68	3.87	1.45	0.66	0.07	8.69	4.61	25.53	14.73	15.15
2,006	23.47	62.48	68.91	38.38	3.71	2.81	0.62	12.67	8.24	33.40	13.16	11.17	23.25
2,007	7.72	9.54	34.05	20.30	3.91	0.17	0.59	2.44	3.29	10.27	9.29	14.01	9.63
2,008	7.88	107.32	49.84	11.62	24.39	5.23	0.06	0.79	3.61	15.01	12.43	10.12	20.69
2,009	15.49	55.30	54.72	37.74	7.39	1.00	0.49	-	5.05	4.32	7.63	14.03	16.93
2,010	12.87	41.82	36.55	19.13	0.87	1.57	0.40	5.37	18.02	10.55	19.19	16.01	15.19
2,011	14.37	83.65	29.48	23.13	0.73	1.43	1.78	0.84	12.10	8.89	13.53	15.79	17.14
2,012	38.18	35.80	94.93	27.64	2.50	3.47	0.10	0.54	6.72	19.15	10.90	8.35	20.69
2,013	9.01	44.29	54.46	9.90	1.91	2.68	1.22	4.35	5.76	9.58	19.76	25.72	15.72
2,014	12.58	103.91	86.35	15.72	1.73	0.87	-	1.16	12.14	13.99	19.19	14.50	23.51
2,015	99.59	27.27	23.44	6.96	2.70	0.03	1.59	-	1.70	0.99	20.90	27.39	17.71
2,016	35.50	53.60	18.40	26.60	9.40	7.00	-	-	15.50	38.70	36.80	30.30	22.65
2,017	23.20	21.50	19.70	19.40	26.50	24.50	5.00	9.20	7.80	37.60	14.70	26.00	19.59
2,018	20.10	20.00	24.00	24.40	16.80	10.60	4.30	12.80	19.40	30.80	18.00	20.50	18.48
2,019	26.50	40.50	44.80	14.70	10.70	8.70	5.30	2.80	9.20	19.60	17.40	25.20	18.78
2,020	36.30	29.90	16.05	11.83	6.63	6.13	1.33	-	9.20	18.80	9.60	13.15	13.24
Promedio	22.23	34.75	31.85	17.31	10.29	4.44	1.55	3.25	11.84	14.81	17.17	12.76	
Desviación	21.11	28.32	22.93	13.51	12.36	5.03	1.73	3.13	7.92	22.22	8.46	8.16	

Tabla 11. Precipitación máxima en 24 hr. Corregida, estación Pomabamba
Fuente, Elaboración propia.

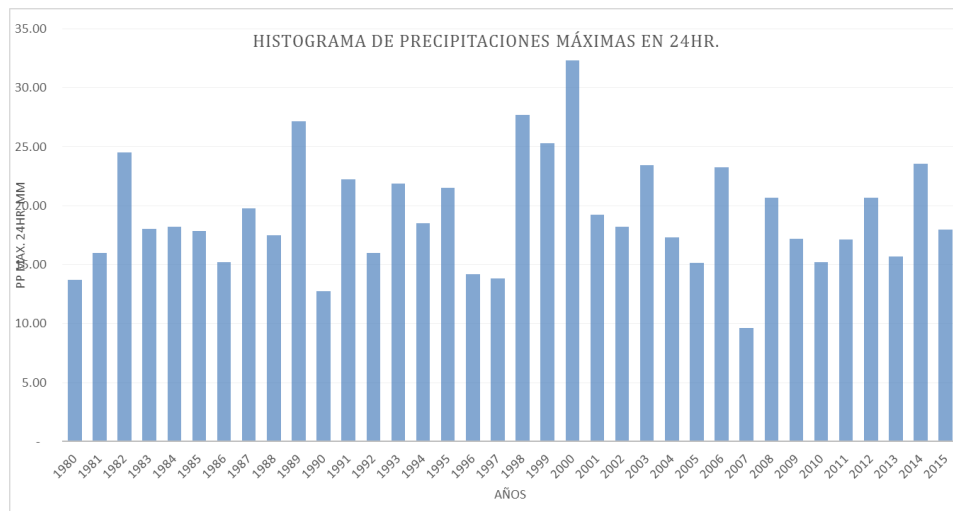


Figura 15: histograma de precipitaciones máximas 24 hr. Corregidas, estación Pomabamba. Fuente, Elaboración propia.

Generación de parámetros estadísticos y prueba de datos dudosos altos y bajos.

A su vez la información obtenida ha sido sometida a la prueba de datos dudosos, para ello se han calculado los parámetros estadísticos.

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	36.00	41.000
Sumatoria	529.94	41.161
Valor Máximo	23.51	1.371
Valor Mínimo	8.21	0.914
Media:	14.72	1.143
Varianza:	24.33	0.022
Desviación Estándar:	4.93	0.150
Coefficiente Variación:	0.34	0.131
Coefficiente de Sesgo:	0.26	-0.0604
Se Considera:	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos	

n= 41.00
Kn= 2.692
Kn: Valor recomendado, varia según el valor de n (significancia:10%)

Se determinó que es necesario verificar los datos dudosos altos y bajos; para lo cual se aplicó el siguiente concepto del umbral de datos altos y bajos.

Umbral de datos dudosos altos (xH: unidad. Logarítmicas)

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot S \quad xH = 1.55$$

Precipitación máxima aceptada

$$PH = 10^{xH} \quad PH = 35.17 \text{ mm}$$

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA

Umbral de datos dudosos bajos (xL: unidad. Logarítmicas)

$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot S \quad xL = 0.74$$

Precipitación mínima aceptada

$$PL = 10^{xL} \quad PL = 5.50 \text{ mm}$$

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MINIMO DE LA MUESTRA

Se verificó gráficamente la serie de datos corregidos al respecto de los límites.

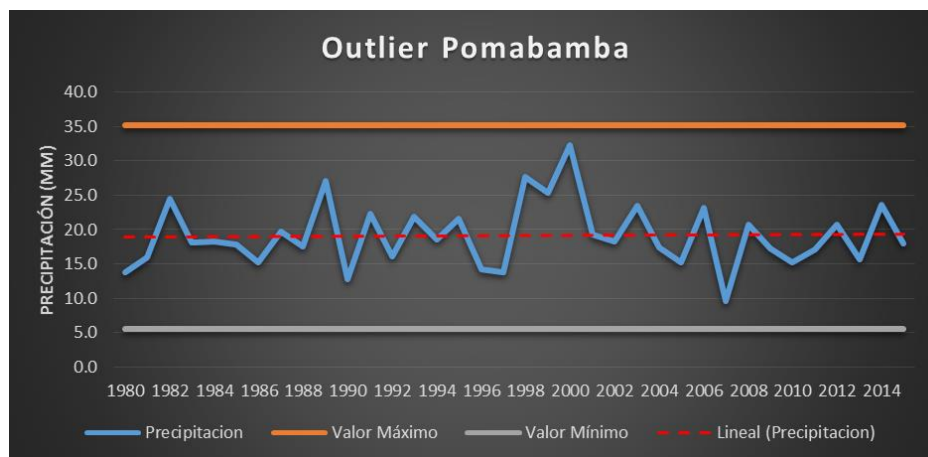


Figura 16: verificación de datos dudosos con umbral máximo y mínimo, estación Pomabamba. Fuente, Elaboración propia

b. Verificación de la prueba de ajuste de bondad método gráfico y SMIRNOV – KOLMOGOROV.

DISTRIBUCIÓN NORMAL

CRITERIO DE DECISIÓN		
Del análisis realizado, el valor máximo es	$\Delta =$	0.13400
Para nivel de significancia de 0.05 y tamaño muestral	$\Delta_0 =$	0.21240

D < Do Los datos se ajustan a una distribución NORMAL

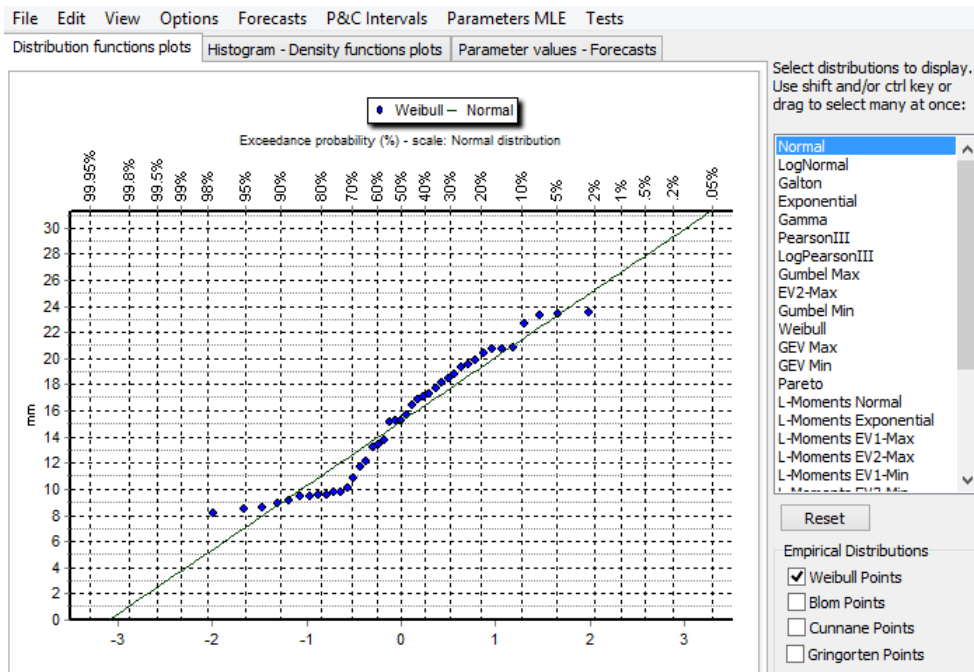


Figura 17: Distribución de la serie observada y teórica D. NORMAL.
Fuente, procesamiento con Hydrognomom.

DISTRIBUCIÓN LOG. NORMAL 2P

CRITERIO DE DECISIÓN		
Del análisis realizado, el valor máximo es	D =	0.13329
Para nivel de significancia de 0.05 y tamaño muestral	Do =	0.21240

D < Do Los datos se ajustan a una distribución LOG NORMAL

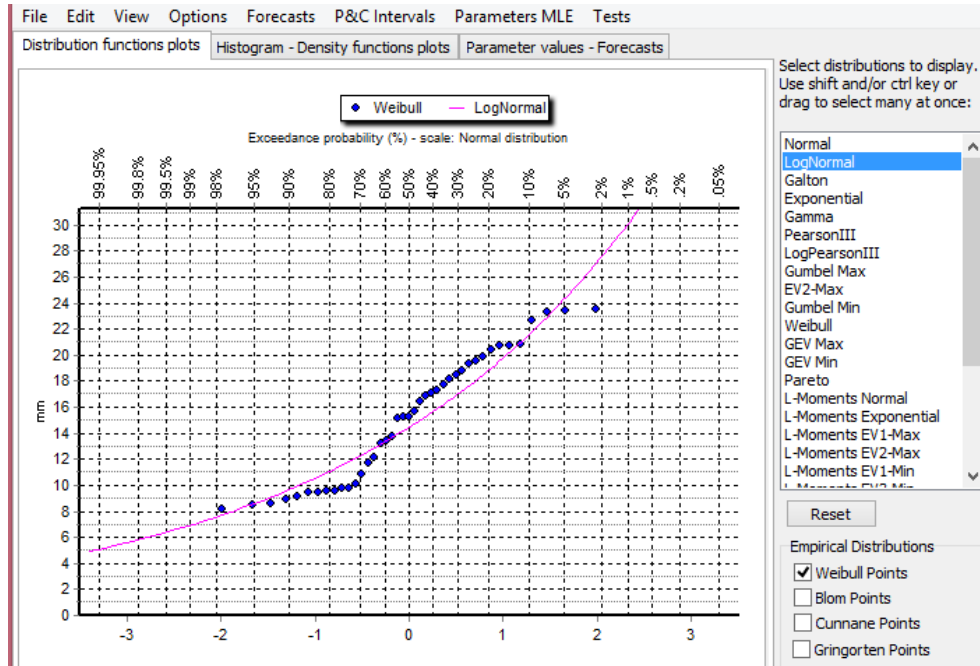


Figura 18: Distribución de la serie observada y teórica LOG. NORMAL 2P.
Fuente, procesamiento con Hydrognomom.

DISTRIBUCIÓN LOG. NORMAL 3P

CRITERIO DE DECISIÓN		
Del análisis realizado, el valor máximo es	D =	0.13831
Para nivel de significancia de 0.05 y tamaño muestral	Do =	0.21240

$D < Do$ se ajustan a una distribución LOG NORMAL DE 03 PAR

DISTRIBUCIÓN GAMMA 2P

CRITERIO DE DECISIÓN		
Del análisis realizado, el valor máximo es	D =	0.13740
Para nivel de significancia de 0.05 y tamaño muestral	Do =	0.21240

$D < Do$ Los datos se ajustan a una distribución GAMMA

DISTRIBUCIÓN PEARSON TIPO III

CRITERIO DE DECISIÓN		
Del análisis realizado, el valor máximo es	D =	0.13430
Para nivel de significancia de 0.05 y tamaño muestral	Do =	0.21240

D < Do os datos se ajustan a una distribución PEARSON TIPO

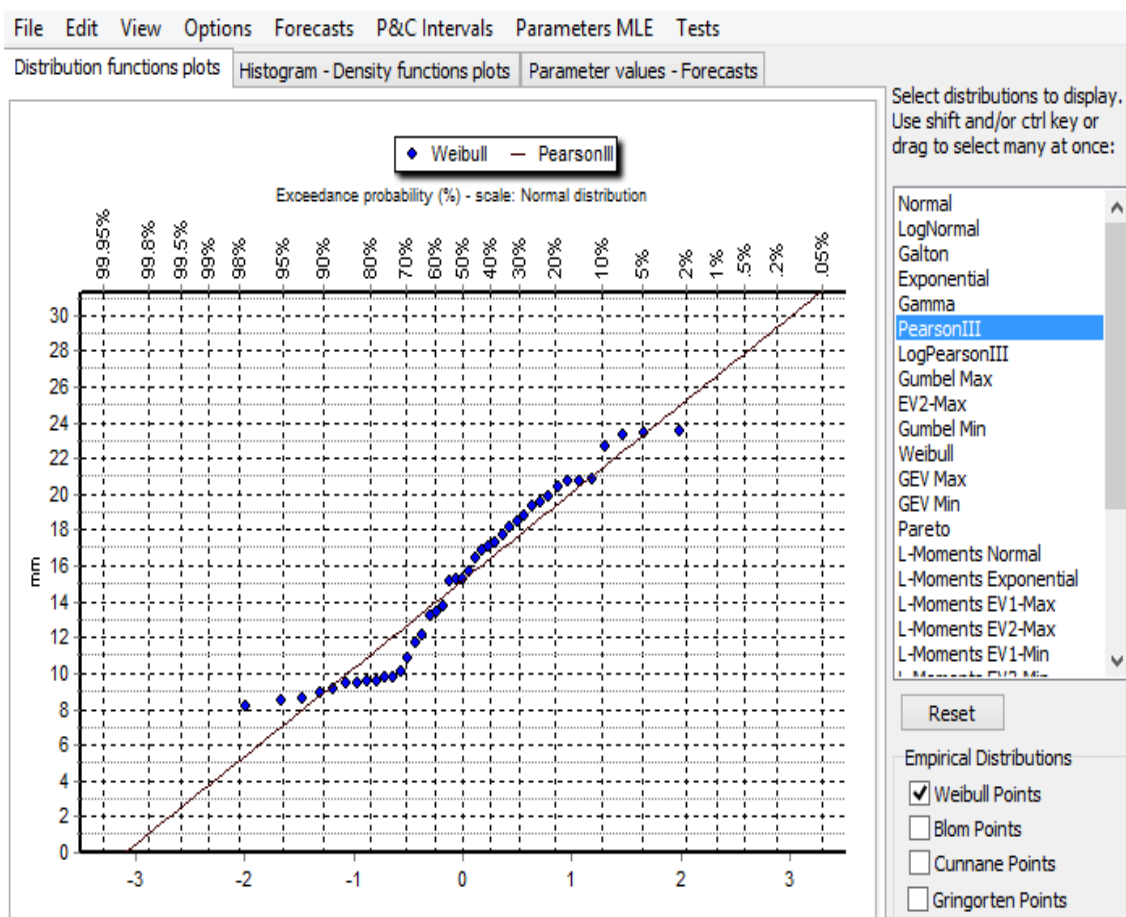


Figura 19: Distribución de la serie observada y teórica PEARSON TIPO III.
Fuente, procesamiento con Hydrognom.

DISTRIBUCIÓN LOG. PEARSON TIPO III

CRITERIO DE DECISIÓN		
Del análisis realizado, el valor máximo es	D =	0.13687
Para nivel de significancia de 0.05 y tamaño muestral	Do =	0.21240

D < Do Los datos se ajustan a una distribución PEARSON TIPO III

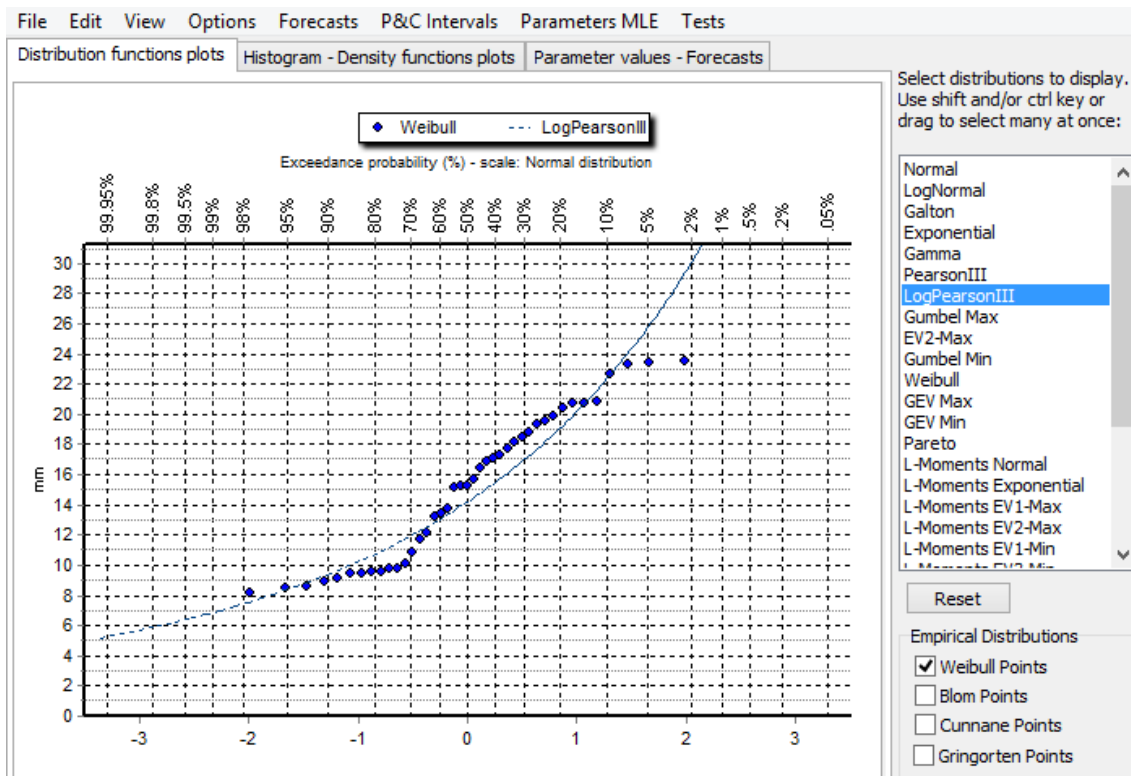


Figura 20: Distribución de la serie observada y teórica LOG. PEARSON TIPO III.
Fuente, procesamiento con Hydronomom.

DISTRIBUCIÓN GUMBEL

CRITERIO DE DECISIÓN		
Del análisis realizado, el valor máximo es	D =	0.16345
Para nivel de significancia de 0.05 y tamaño muestral	Do =	0.21240

D < Do Los datos se ajustan a una distribución GUMBEL

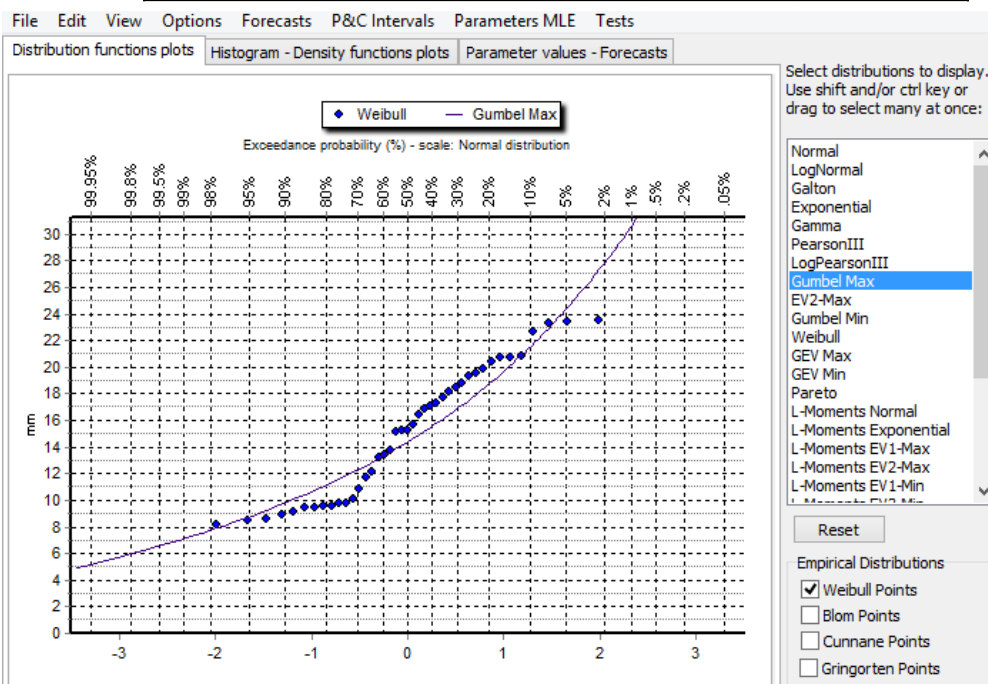


Figura 21: Distribución de la serie observada y teórica GUMBEL.
Fuente, procesamiento con Hydronomom.

DISTRIBUCIÓN LOG. GUMBEL

CRITERIO DE DECISIÓN		
Del análisis realizado, el valor máximo es	D =	0.17774
Para nivel de significancia de 0.05 y tamaño muestral	Do =	0.21240

D < Do Los datos se ajustan a una distribución GUMBEL

c. Resumen ajuste de distribución y prueba de bondad de ajuste

Se obtuvieron los resultados mostrados en el cuadro, en donde numéricamente podemos apreciar que la distribución Log. Normal 2P presenta el residuo menor respecto al valor tabulado; así mismo verificando los gráficos mostrados anteriormente se analizó y se llegó a la decisión de aplicar distribución teórica Log. Normal 2P por presentar mejor ajuste a la serie observada, que luego son empleado para el cálculo de la intensidad máxima.

ÍTEM	DISTRIBUCIÓN	PARAMETROS SMIRNOV - KOLMOGOROV.		
		Δ	Δ_0	CRITERIO DE DECISIÓN
01	Normal	0.13400	0.21240	Los datos se ajustan a la distribución
02	Log normal de 2 parámetros	0.13329	0.21240	Los datos se ajustan a la distribución
03	Log normal de 3 parámetros	0.13831	0.21240	Los datos se ajustan a la distribución
04	Gamma de 2 parámetros	0.13740	0.21240	Los datos se ajustan a la distribución
05	Pearson tipo III	0.13430	0.21240	Los datos se ajustan a la distribución
06	Log Pearson tipo III	0.13687	0.21240	Los datos se ajustan a la distribución
07	Gumbel	0.16345	0.21240	Los datos se ajustan a la distribución
08	Log Gumbel	0.17774	0.21240	Los datos se ajustan a la distribución

Tabla 12: Resumen de resultados de prueba de bondad y ajuste SMIRNOV - KOLMOGOROV
Fuente, elaboración propia

d. Determinación de la Intensidad máxima de precipitación

Para la determinación de la Intensidad máxima, se ha aplicado el modelo de Dick Peschke, recomendado para el cálculo de intensidades máximas, para lo cual empleamos la distribución elegida en el ítem anterior.

Precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno para una distribución Gumbel			
T (años)	Probabilidad de Excedencia P = F(x)	Probabilidad de no Excedencia 1-F(x)	Z
2	0.500	0.500	14.38
5	0.200	0.800	19.15
10	0.100	0.900	22.25
25	0.040	0.960	26.10
50	0.020	0.980	28.94
100	0.010	0.990	31.76
500	0.002	0.998	38.32
1000	0.001	0.999	41.19

Tabla 13: cuadro de probabilidad de precipitación según la distribución Log Normal
Fuente, elaboración propia

Seguidamente se ha aplicado la siguiente ecuación para obtener la precipitación de diseño.

$$P_D = P_{24h} \times \left(\frac{D}{1440}\right)^{0.25}$$

Dónde:

P_D = precipitación máxima de duración D, en mm
 P_{24h} = precipitación máxima de 24 horas, en mm
D = duración de la precipitación, en horas

Seguidamente a ello, se procedió a estimar la intensidad de precipitación.

$$I = \frac{P_D}{D}$$

Dónde:

P_D = precipitación máxima de duración D, en mm
D = duración de la precipitación, en horas

Duracion (Horas)	Duracion (min)	Periodo de Retorno (Años)							
		2.00	5.00	10.00	25.00	50.00	100.00	500.00	1000.00
Intensidad (mm/hr)									
0.083	5	41.89	55.80	64.81	76.04	84.31	92.51	111.63	119.99
0.167	10	24.91	33.18	38.54	45.21	50.13	55.01	66.38	71.35
0.250	15	18.38	24.48	28.43	33.36	36.99	40.58	48.97	52.64
0.333	20	14.81	19.73	22.92	26.88	29.81	32.71	39.47	42.42
0.417	25	12.53	16.69	19.38	22.74	25.21	27.67	33.39	35.89
0.500	30	10.93	14.55	16.91	19.84	21.99	24.13	29.12	31.30

0.583	35	9.73	12.97	15.06	17.67	19.59	21.50	25.94	27.88
0.667	40	8.81	11.73	13.63	15.99	17.72	19.45	23.47	25.23
0.750	45	8.06	10.74	12.47	14.63	16.23	17.80	21.48	23.09
0.833	50	7.45	9.92	11.53	13.52	14.99	16.45	19.85	21.34
0.917	55	6.94	9.24	10.73	12.59	13.96	15.32	18.48	19.87
1.000	60	6.50	8.65	10.05	11.79	13.08	14.35	17.31	18.61
2.000	120	3.86	5.15	5.98	7.01	7.78	8.53	10.30	11.07
3.000	180	2.85	3.80	4.41	5.17	5.74	6.29	7.60	8.16
4.000	240	2.30	3.06	3.55	4.17	4.62	5.07	6.12	6.58
5.000	300	1.94	2.59	3.01	3.53	3.91	4.29	5.18	5.57
6.000	360	1.69	2.26	2.62	3.08	3.41	3.74	4.52	4.85
7.000	420	1.51	2.01	2.34	2.74	3.04	3.33	4.02	4.32
8.000	480	1.37	1.82	2.11	2.48	2.75	3.02	3.64	3.91
9.000	540	1.25	1.67	1.93	2.27	2.52	2.76	3.33	3.58
10.000	600	1.16	1.54	1.79	2.10	2.33	2.55	3.08	3.31
11.000	660	1.08	1.43	1.66	1.95	2.16	2.38	2.87	3.08
12.000	720	1.01	1.34	1.56	1.83	2.03	2.23	2.69	2.89
13.000	780	0.95	1.26	1.47	1.72	1.91	2.10	2.53	2.72
14.000	840	0.90	1.20	1.39	1.63	1.81	1.98	2.39	2.57
15.000	900	0.85	1.14	1.32	1.55	1.72	1.88	2.27	2.44
16.000	960	0.81	1.08	1.26	1.47	1.63	1.79	2.16	2.33
17.000	1020	0.78	1.03	1.20	1.41	1.56	1.71	2.07	2.22
18.000	1080	0.74	0.99	1.15	1.35	1.50	1.64	1.98	2.13
19.000	1140	0.71	0.95	1.10	1.30	1.44	1.58	1.90	2.05
20.000	1200	0.69	0.92	1.06	1.25	1.38	1.52	1.83	1.97
21.000	1260	0.66	0.88	1.02	1.20	1.33	1.46	1.76	1.90
22.000	1320	0.64	0.85	0.99	1.16	1.29	1.41	1.70	1.83
23.000	1380	0.62	0.82	0.96	1.12	1.25	1.37	1.65	1.77
24.000	1440	0.60	0.80	0.93	1.09	1.21	1.32	1.60	1.72

Tabla 14: cuadro de intensidades máximas por el método de Dick Peschke
Fuente, elaboración propia.

El procedimiento aplicado permitió determinar las intensidades máximas en diferentes intervalos de tiempo, y periodo de retorno, con ello se obtuvo la curva IDF.

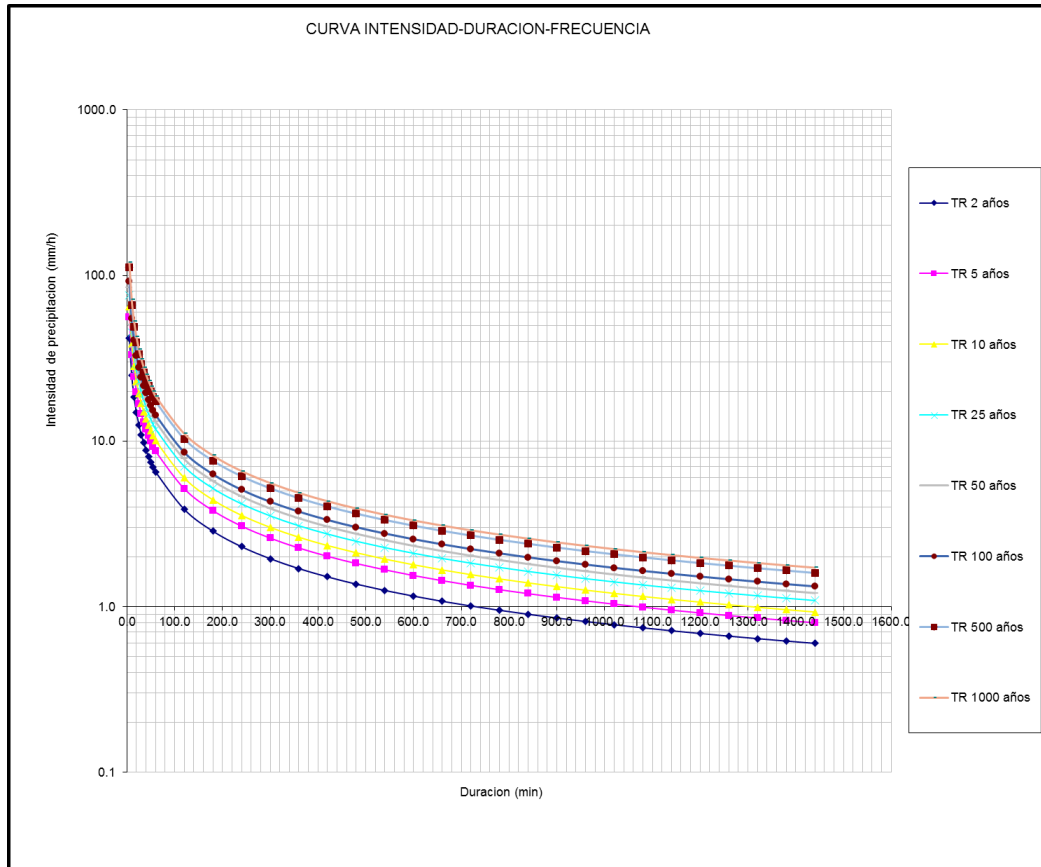


Figura 22: Curva Intensidad Duración Frecuencia IDF
Fuente, elaboración propia

Se ha determinado la ecuación de regresión múltiple, para obtener los valores

$$I_{max} = \frac{K \times T^m}{D^n}$$

Dónde: I_{max}: intensidad máxima de lluvia, en mm/hr
T: Periodo de retorno, años
D: Duración, minutos
K, m, n: coeficientes para la ecuación de regresión

El resultado de la ecuación de regresión múltiple resulta como se muestra.

$$I_{max} = \frac{K \times T^m}{D^n}$$

I_{max} = intensidad máxima de lluvia, en mm/hr
T = periodo de retorno, en años
D = duración, en minutos

K = 142.339
T = 5
m = 0.1600
n = 0.750

$$I = \frac{702.723 \times T^{0.2032}}{D^{0.750}}$$

Así mismo, se hace la verificación en el software Hidroesta.

The screenshot shows the 'Hidroesta' software interface. The main window is titled 'Ingreso de datos y cálculo ecuación Imax' and 'Resultados y gráfico Imax-D-T'. It contains a table for data input, a section for calculating design Imax, and a table for the adjustment equation.

Trío	T (años)	Duración (min)	Imáx (mm/hr)
1	2.0	5.0	41.89279558
2	2.0	10.0	24.90960528
3	2.0	15.0	18.37800653
4	2.0	20.0	14.81133992
5	2.0	25.0	12.52886816
6	2.0	30.0	10.92762806
7	2.0	35.0	9.73454848
8	2.0	40.0	8.80687541
9	2.0	45.0	8.06227227
10	2.0	50.0	7.44970958
11	2.0	55.0	6.93577233
12	2.0	60.0	6.49760652
13	2.0	120.0	3.86349995
14	2.0	180.0	2.8504437

Ecuación de ajuste de Imáx:

Ecuación	R	R ²	Se
Imáx = 142.3387 * T ^(0.1600) * D ^(-0.7500)	0.9987	0.9975	1.1829

The interface also includes input fields for 'Período de retorno (T):', 'Duración (D):', and 'Imáx', along with a 'Calcular Imáx de diseño:' button. A toolbar at the bottom contains icons for 'Calcular', 'Graficar', 'Limpiar', 'Imprimir', 'Menú Principal', 'Crear', 'Accesar', 'Excel', and 'Reporte'.

Figura 23: Obtención de la ecuación para Intensidad máxima
 Fuente, elaboración propia.

Se han verificado, el resultado de la ecuación de la intensidad por el método Dick y Peshcke en hoja de cálculo y con el software Hidroesta, siguiendo el procedimiento indicado en la manual se ha procedido a realizar los cálculos.

Los resultados del proceso en el Hidroesta, se obtiene el siguiente cuadro.

PERIODO DE RETORNO EN AÑOS				
DURACIÓN Min.	5	10	20	50
10	32.750	36.590	40.880	47.340
20	19.470	21.760	24.310	28.150
30	14.370	16.050	17.930	20.770
40	11.580	12.940	14.450	16.740
50	9.790	10.940	12.230	14.160
60	8.540	9.540	10.660	12.350
70	7.610	8.500	9.500	11.000
80	6.880	7.690	8.590	9.950
90	6.300	7.040	7.870	9.110
100	5.820	6.510	7.270	8.420
110	5.420	6.060	6.770	7.840
120	5.080	5.670	6.340	7.340

Tabla 15: Intensidades máximas de diseño en diferentes periodos de retorno
Fuente, elaboración propia

e. Parámetros fisiográficos de la cuenca.

Con el apoyo de imágenes satelitales, cartas nacionales y demás instrumentos, se determinó las siguientes características de la sub cuenca del río Pomabamba.

Parámetro		unidad	sub cuenca			
ÁREA DE LA CUENCA		Km ²	256.64			
PERÍMETRO		Km	73.31			
PARÁMETROS DE FORMA	FACTOR DE CUENCA	Coeficiente de compacidad (Gravelius)		1	1.29	
		FACTOR DE FORMA	Longitud (Paralela al curso más largo)		Km	35.00
			Ancho medio		Km	7.33
			Razón de circularidad		1	0.60
			Factor de forma		1	0.21
	RECTÁNGULO EQUIVALENTE		Lado mayor	Km	27.23	
			Lado menor	Km	9.42	
	Longitud total de ríos de diferentes grados		Orden 1	Km	35.00	
			Orden 2	Km	33.00	
	☺	Curva Hipsométrica	-	✓		

	Polígono de frecuencia	-	✓	
	Altitud máxima de la cuenca	msnm	5,900	
	Altitud mínima de la cuenca	msnm	2,947	
	Desnivel total de la cuenca	Km	2.953	
	Altitud de Frecuencia Media	msnm	3885.64	
	Altitud Media de la cuenca	msnm	4,424	
	Altitud más frecuente	msnm	4099-4358	
	Pendiente de la cuenca (Sistema del rectángulo equivalente)	%	10.8	
PARÁMETROS DE LA RED HIDROGRÁFICA DE LA CUENCA	Tipo de corriente	-	Perenne	
	Densidad de drenaje	Km/Km ²	0.26	
	Longitud de cauce principal	Km	22.24	
	Pendiente media del río principal	m/m	0.0496	
	Altitud máxima del cauce	msnm	4050	
	Altitud mínima del cauce	msnm	2,947	
	Tiempo de concentración	Kirpish	Hr.	2.30
		California		2.30
		SCS		2.30
Témez		2.02		
Grado de ramificación	-	4°		

Tabla 16: Parámetros fisiográficos de la cuenca Río Pomabamba
Fuente, elaboración propia

Curva hipsométrica

Mediante la carta nacional se obtuvo la siguiente información

N°	ALTITUD (msnm)		Área (km ²)	Área Acumulada (Km ²)	Áreas sobre las altitudes (Km ²)	% de Área Acumulada
1	2,947	3,000	0.76	0.76	256.64	100.00
2	3,000	3,200	6.50	7.27	255.88	99.70
3	3,200	3,400	16.23	23.50	249.38	97.17
4	3,400	3,600	27.86	51.36	233.14	90.84
5	3,600	3,800	53.88	105.24	205.28	79.99
6	3,800	4,000	53.39	158.63	151.40	58.99
7	4,000	4,200	47.04	205.67	98.01	38.19
8	4,200	4,400	21.74	227.41	50.97	19.86
9	4,400	4,600	7.03	234.44	29.23	11.39
10	4,600	4,800	2.30	236.74	22.20	8.65
11	4,800	5,000	4.55	241.29	19.91	7.76
12	5,000	5,200	6.40	247.69	15.35	5.98
13	5,200	5,400	5.16	252.86	8.95	3.49
14	5,400	5,600	1.91	254.76	3.79	1.48
15	5,600	5,800	1.41	256.18	1.88	0.73
16	5,800	5,900	0.47	256.64	0.47	0.18

Tabla 17: Obtención de la curva hipsométrica

Fuente, elaboración propia

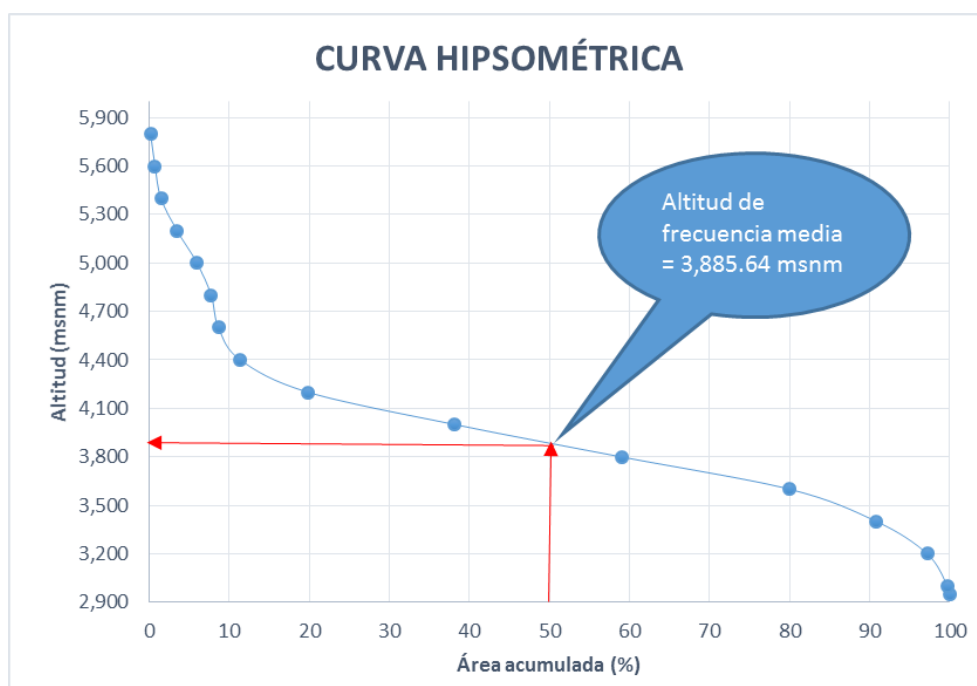


Figura 24: Gráfico que ubica la altitud de frecuencia media

Fuente, elaboración propia

De la tabla 19, se extrajo la información promedio del tiempo de concentración T_c , para lo cual se procede a obtener el promedio de los diferentes métodos empíricos vistos en el cuadro, el resultado promedio del $T_c = 2.23$ Hr.

Características del uso de suelo para la determinación del coeficiente de escorrentía

Haciendo uso del método de Mac Math, se ha obtenido el **C ponderado = 0.31**.

GRUPO	ALTURAS		área total Km2. 256.64381		suelo	Pendiente	C	C parcial
			ÁREA Km2	Porcentaje				
1	5900	4800	15.35	5.98%	cordillera	40	0.50	0.03
2	4800	4000	82.66	32.21%	Suelo granu	10	0.33	0.11
3	4000	3600	107.27	41.80%	Suelo granu	10	0.27	0.11
4	3600	3200	44.10	17.18%	Suelo granu	10	0.30	0.05
5	3200	2947	7.27	2.83%	vegetación d	8	0.25	0.01
							C pondera	0.31

Tabla 18: Obtención del coeficiente de escorrentía por el método Mac Math

Fuente, elaboración propia

f. Cálculo de caudales máximos de diseño

Determinación del periodo de retorno

Para la obtención del periodo de retorno se tuvo en cuenta lo recomendado por el manual de hidrología y drenaje del MTC, en donde indica que el periodo de retorno depende del tiempo de vida útil de una infraestructura y el riesgo admisible a la falla de la estructura; el riesgo a la falla está asociada a aspectos económicos, sociales, entre otros.

Para tal efecto se ha trabajado con las dos metodologías existentes, el abaco, aportado por el autor Ven Te Chow y el cálculo de R y T, ilustrado por Máximo Villón.

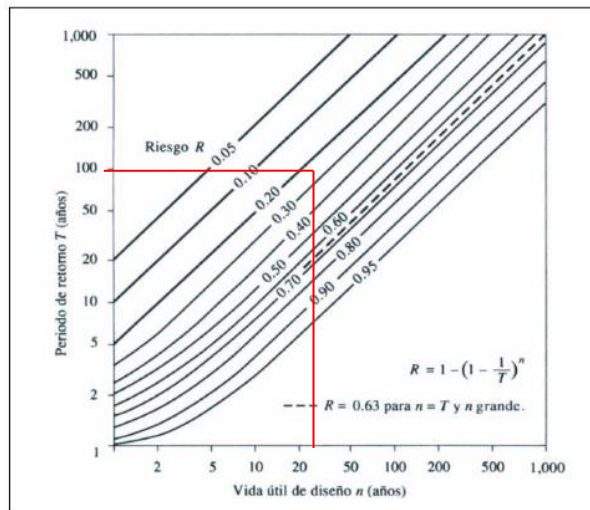


Figura N° 01. Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil (Fuente: Hidrología Aplicada (Ven te Chow)).

Figura 25: Ábaco para determinar periodo de retorno en función al tiempo de vida útil y riesgo admisible de falla, Fuente Ven Te Chow

Así mismo se tomó en consideración el manual de hidrología y drenaje del MTC, para estimar el riesgo admisible, según su importancia.

DE RIESGO ADMISIBLE DE OBRAS DE DRENAJE

TIPO DE OBRA	RIESGO ADMISIBLE (**) (%)
Puentes (*)	25
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	30
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	35
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	40
Subdrenes	40
Defensas Ribereñas	25

También se ha considerado la siguiente tabla, del Ing. Máximo Villón, en donde señala el tiempo de retorno de algunas estructuras

Tipo de estructura	Periodo de Retorno (años)
Puente sobre carretera importante	50 – 100
Puente sobre carretera menos importante o alcantarillas sobre carretera importante	25
Alcantarillas sobre camino secundario	5 – 10
Drenaje lateral de los pavimentos, donde puede tolerarse encharcamiento con lluvia de corta duración	1 – 2
Drenaje de aeropuertos	5
Drenaje urbano	2 - 10
Drenaje Agrícola	5 – 10
Muros de encauzamiento	2 – 50 *
Alcantarillas para carreteras	1.1 - 5

Visto los valores recomendados en tablas, se asumió un tiempo de vida útil de 30 años para muros de encausamiento con nivel de riesgo de falla al 28%, se aplicó la ecuación básica de T:

$$T = \frac{1}{1 - (1 - R)^{\frac{1}{n}}}$$

Obtenemos T= 91.824 años, que para efectos de cálculo se ha considera T= 100 años.

Por lo analizado en ambas metodologías, el cálculo y abaco nos resultan muy similares, concluyendo de esta manera en un periodo de retorno de 100 años.

Estimación de caudal

Para la estimación de los caudales máximos se han empleados aquellos recomendado en manual de hidrología y drenaje del MTC, que a han sido empleado en estudios anteriores, el método racional modificado, recomendado para áreas de $1\text{km} < A < 3000\text{km}^2$; según estudios de ANA. El método Mac Math recomendado para cuencas medianas.

The screenshot shows the 'Cálculo de Q' window of the Mac Math software. It contains the following data:

Datos para calcular Q:	
Pendiente cauce (S):	49.6 o/oo
Coefficiente (C):	0.31
Área cuenca (A):	25600 has
Intensidad máxima (I):	5.85 mm/hr
para una duración igual al tiempo de concentración y un periodo de retorno T	
Resultado:	
Q máximo:	121.123 m3/s

The interface also includes a toolbar at the bottom with icons for 'Calcular', 'Limpiar', 'Imprimir', 'Menú Principal', 'Archivos y resultados', 'Crear', 'Accesar', 'Excel', and 'Reporte'. A background image of a river with 'Qmax' overlaid is visible on the right side of the window.

Figura 26: Cálculo del caudal máximo por el método de Mac Math.

Como el tiempo de concentración define la intensidad máxima, TC= a 2.23hr, entonces se determinó que I_{max} para los diferentes periodos de retorno, con el apoyo del software Hidroesta, se generó la regresión y se obtuvo las intensidades máximas según lo muestra la tabla.

T años	TC: 133.62min	Q m/s Método Racional modificado	Q m/s Método Mac Math
	I mm/hr		
2	4.050	103.37	83.86
10	5.240	133.74	108.50
20	5.85	149.31	121.13
50	6.77	172.79	140.18
100	7.57	193.21	156.74
500	9.79	249.87	202.71
Q de diseño para modelamiento m ³ /s T:100			174.98
Q de diseño para modelamiento m ³ /s T:50			156.48
Q de diseño para modelamiento m ³ /s T:20			135.22

Tabla 19: Obtención de caudales máximos promedio de ambos métodos
Fuente, elaboración propia

g. Modelamiento hidráulico

El levantamiento topográfico ha sido determinante para obtener la superficie de estudio, para el cual el procedimiento se detalla en anexos, con el apoyo del software CIVIL 3D, se procesó la información del levantamiento topográfico, obteniendo una franja de entre 100 a 130m de ancho, con una longitud de 1967m. Que es la magnitud existente de la zona urbana de la ciudad de Pomabamba.

Una vez obtenida la superficie, el eje y las secciones transversales, que en nuestro caso de estudio se han establecido cada 50m. Se procede a exportar para una delimitación accesible por el software HEC RAS (Hydrological Engineering Center – River Analysis System).

Ya en el HEC RAS, son parámetros importantes la geometría exportada del CIVIL 3D, datos de caudales en los diferentes periodos de retorno.

Ha sido necesario establecer parámetros de rugosidad en el software de modelamiento, para lo cual nos sirve de apoyo la tabla N°23, obtenida de la

UCS, conservación de suelos USA. Estos parámetros de maning se han empleado: en el eje 0.035, y lados izquierda y derecha del río 0.04.

Descripción de la corriente	Mínimo	Normal	Máximo
A Cauces naturales			
A.1 Cursos secundarios (ancho de la superficie libre en crecida < 30 m)			
<i>A.1.1 Cursos en planicies</i>			
- Limpios, rectos, sin fallas ni pozos	0,025	0,030	0,033
- Rectos con algunas piedras y pastos	0,030	0,035	0,040
- Limpios con meandros, con algunos pozos y bancos	0,033	0,040	0,045
- Meandros con algunas piedras y pastos	0,035	0,045	0,050
- Meandros con muchas piedras	0,045	0,050	0,060
- Tramos sucios, con pastos y pozos profundos	0,050	0,070	0,080
- Tramo con mucho pasto, pozos profundos y cauce en crecida con muchos arbustos y matorral	0,075	0,100	0,150
<i>A.1.2 Cursos montañosos, carentes de vegetación en el fondo, laderas con pendientes pronunciadas y árboles y arbustos en las laderas que se sumergen en niveles de crecida</i>			
- Cauce de grava, cantos rodados y algunas rocas	0,030	0,040	0,050
- Cauce de cantos rodados, con grandes rocas	0,040	0,050	0,070
A.2 Cursos en planicies inundadas			
<i>A.2.1 Zonas de pastos, sin arbustos</i>			
- Pasto corto	0,025	0,030	0,035
- Pasto alto	0,030	0,035	0,050
<i>A.2.2 Zonas cultivadas</i>			
- Sin cultivo	0,020	0,030	0,030
- Cultivos sembrados en línea en fase de madurez fisiológica	0,025	0,035	0,045
- Cultivos sembrados a voleo en fase de madurez fisiológica	0,030	0,040	0,050
<i>A.2.3 Zonas arbustivas</i>			
- Escasos arbustos y pasto abundante	0,035	0,050	0,070
- Pequeños árboles y arbustos sin follaje (parada invernal)	0,035	0,050	0,060
- Pequeños árboles y arbustos con follaje (fase vegetativa)	0,040	0,060	0,080
- Arbustos medianos a densos durante la parada invernal	0,045	0,070	0,110
- Arbustos medianos a densos durante la fase vegetativa	0,070	0,100	0,160
<i>A.2.4 Zonas arbóreas</i>			
- Sauces densos, temporada invernal	0,110	0,150	0,200
- Terreno claro con ramas sin brotes	0,030	0,040	0,050
- Terreno claro con ramas con gran crecimiento de brotes	0,050	0,060	0,080
- Zonas de explotación maderera con árboles caídos, poco crecimiento en las zonas bajas y nivel de inundación por debajo de las ramas	0,080	0,100	0,120
- Zonas de explotación maderera con árboles caídos, poco crecimiento en las zonas bajas y nivel de inundación que alcanza a las ramas	0,100	0,120	0,160
A.3 Cursos importantes (ancho de la superficie libre en crecida > 30 m)			
En este caso, los valores del coeficiente <i>n</i> son inferiores a los correspondientes de cauces secundarios análogos, ya que los bancos ofrecen una resistencia efectiva menor,			
- Sección regular sin rocas ni arbustos	0,025		0,060
- Sección irregular y rugosa	0,035		0,100

Tabla 20: Datos de maning para causas naturales, fuente UCS, USA.

h. Identificación De Las Zonas Vulnerables A Inundaciones

Siguiendo los lineamientos del CENEPRED, y haciendo el recorrido en campo, se pudo recolectar las fichas o instrumentos de estimación del nivel de riesgo, en el que se ha concluido que existen 05 sectores de nivel de riesgo muy alto que se adjuntan en anexos. Estos sectores se identifican como: S1, ubicada entre la sección 1+900; S2, entre la sección 1+650; S3, entre la sección 1+200; S4, entre la sección 1+150 y S5, entre la sección 0+150.

i. Estimación de las zonas de inundación.

Previa identificación de las Siguiendo los lineamientos de modelamiento hidráulico, y verificando los resultados obtenidos en cuadros por software HEC – RAS, se observa que a medida que el tirante o cota de espejo de agua se incrementa a razón de los caudales, las áreas de inundación se incrementan, en los valores de la tabla 24.

ÁREAS DE INUNDACIÓN DE FUNCIÓN A LOS PERIODOS DE RETORNO					
TR	SI - 01	SI - 02	SI - 03	SI - 04	SI - 05
20	174.52	6987.17	1117.46	2723.98	3680.25
50	256.12	7899.46	5010.47	5217.29	4298.80
100	336.19	8435.98	6169.14	5217.29	5038.77

Tabla 21: áreas de inundación, fuente. Elaboración propia

j. Propuesta de mitigación

Con los datos de resultado del software HEC-RAS, se puede verificar los niveles máximos extraordinarios del agua, con el cual es posible plantear muros de concreto ciclópeo o muros de gaviones, en base a una evaluación socio – económica se puede elegir cualquiera de las alternativas. Sin embargo a fin de optimizar y verificando estudios similares, el comportamiento de un enrocado en forma de diques laterales resulta ser más eficiente para la defensa rivereña como es el caso del presente estudio.

4.2. DISCUSIÓN

Discusión 01

Queda demostrada la hipótesis principal de “*Los caudales máximos del río Pomabamba afectan proporcionalmente las zonas de inundaciones que puede modelarse hidráulicamente y evaluarse mediante herramientas computacionales*”, a través de los resultados obtenidos. Los caudales máximos de diseño del río Pomabamba, dependen en gran medida de sus parámetros fisiográficos, no obstante, a razón de la inexistencia de estaciones hidrométricas en la zona de estudio, se ha analizado mediante métodos estadísticos probabilísticos el tratamiento de información pluviométrica, obteniendo una serie histórica de precipitaciones máximas de 41 años que van desde el año 1980 hasta el 2020, en el proceso se determinó que la distribución probabilística LOG NORMAL 2P es la que mejor se ajusta según los métodos aplicados: el gráfico y SMIRNOV – KOLMOGOROV, con un valor máximo de $\Delta = 0.13329$; así es como se obtuvo las intensidades máximas de diseño mediante la metodología Dick Peschke; con ello se determinó la curva IDF, con la que se obtienen los valores de intensidad en función al tiempo.

Por otra parte se ha determinado el tiempo de retorno, que está en función al riesgo admisible y el tiempo de vida útil de una estructura; para nuestro caso fue seleccionado muros de encausamiento con tiempo de vida 30 años y porcentaje de riesgo admisible de 25%, por lo que el TR= 100 años.

Para la estimación de caudales máximos, nos acogimos a las formulas empíricas de Mac Math, que depende de la pendiente media del cause, el área de la cuenca, coeficiente de escorrentía y la intensidad máxima igual al TC tiempo de concentración, y el método racional modificado que depende del área de la cuenca, coeficiente de escorrentía, Intensidad máxima igual al tiempo de concentración y el factor K de uniformidad.

Los caudales de diseño obtenidos en los diferentes tiempos de retorno y el DEM modelo digital de terreno obtenidos del levantamiento topográfico han datos básicos para el ingreso del modelamiento hidráulico con el software

HEC RAS, con el cual se ha cuantificado las áreas de inundación que varían en función a los caudales máximos de los diferentes periodos de retorno.

Por su parte Según Yépez (2016), determinó sus caudales máximos con método racional, apoyándose del manual de hidrología y drenaje del MTC, que se limita a cuencas pequeñas de $A < 10 \text{ km}^2$, que le sirvió para realizar un modelamiento hidráulico de la quebrada Cruz Blanca; en su enunciado resalta que los parámetros fisiográficos de la cuenca son indispensables para la determinación de caudales. A su vez al autor estableció funciones gráficas y ecuaciones de una variable dependiente, que son los caudales en los diferentes periodos de retorno, la variable dependiente que son las zonas de inundación, este último varia a medida que la variable dependiente cambia.

Canaza y Gamarra (2017), obtuvieron la distribución teórica que mejor se ajustó a su serie de datos LOG NORMAL 3P, con el realizaron su procedimiento para hallar caudales máximos el método racional, y el apoyo del software HEC HMS. Con el modelamiento hidráulico pudieron obtener la información las zonas inundables con el software HEC RAS.

Discusión 02

Se demostró la subhipótesis 01 *“Los caudales máximos del río Pomabamba son determinados mediante métodos estadísticos basados en precipitaciones”*; la inexistencia de datos hidrométricos en la zona de estudio, fue una limitación para aplicar los métodos probabilísticos de estimación de caudales máximos cómo podrían ser el método de Nash o Gumbel, bajo ese aspecto, se ha trabajado la información de precipitaciones máximas en 24 hr. cuyo procesamiento de información aplicada al proyecto también ha sido los probabilísticos, siguiendo lineamientos básicos de autores como Ven Te Chow, Máximo Villón, entre otros; se han trabajado los parámetros estadísticos de la media (parámetro de posición), desviación estándar (Parámetro de escala), Coeficiente de sesgo y Curtosis, los mismos que hemos empleado para verificar las distribuciones teóricas de D. Normal, Log. Normal 2P, Log. Normal 3P, Gamma 3P, Pearson Tipo III, Log. Pearson

Tipo III, gumbel y Log. Gumbel; con ello se ha aplicado la prueba de bondad de ajuste SMIRNOV – KOLMOGOROV y el método gráfico; para determinar la intensidad máxima de diseño se ha obtenido la ecuación de regresión multivariable, obteniendo finalmente la curva IDF; hasta allí el procedimiento estadístico, para posteriormente emplearlos cálculos y modelamientos.

Discusión 03

Se demostró la sub hipótesis 02 “*Los parámetros fisiográficos de la cuenca determinan en gran medida el comportamiento hidráulico de las máximas avenidas*”; Para el cálculo de caudales máximos por método empíricos, ha sido necesario contar con gran cantidad de información fisiográfica de la cuenca, es así que ha sido determinante principalmente: el área de la cuenca, el tiempo de concentración, el coeficiente de escorrentía, la pendiente media de la cuenca, pendiente media del cauce principal, entre otros; con esta información ha sido en gran medida posible la aproximación de datos aproximados de caudales.

Dejándonos claro que la cuenca de estudio presenta una forma circular de C (coeficiente de compacidad) es de 1.29, que según estudios indica mayor posibilidad de avenidas en los puntos de aforo en comparación de cuencas alargadas.

Bermeo, León y López (2018), Bogotá D.C, estudia una cuenca de 91.78 km², en su trabajo para obtener caudales máximos, emplea la distribución Log Normal que es la que mejor se ajusta a su serie de datos, para luego transformarlos a caudales con el software HEC HMS: hidrograma unitario SCS, SNYDER y CLARK

Discusión 04

Se demostró la sub hipótesis 03 “*Los caudales máximos del río Pomabamba provocan áreas inundadas que varían según los periodos de retorno*”; Los caudales máximos del río Pomabamba afectan considerablemente las zonas vulnerables a inundaciones, considerando que el C (coeficiente de compacidad) 1.29 que representa mayor probabilidad de generar

inundaciones por su forma ovalada; de lo identificado en la matriz de estimación de Riesgo se ha observado 05 zonas importantes: 01 de riesgo alto, 04 riesgo muy alto y 01 de riesgo bajo; se concluyó que en el primero km.1+900 el “y”(tirante) en T: 20, 50 y 100 años, son de 2.78, 2.95 y 3.09m. Respectivamente, incidiendo considerablemente; se ha verificado que el segundo, comprendido entre km. 1+650 presenta valores de “y” en T: 20, 50 y 100 años, son de 2.34, 2.41 y 2.48m. Respectivamente; se ha verificado que el tercero, comprendido entre km. 1+200 presenta valores de “y” en T: 20, 50 y 100 años, son de 2.27, 2.48 y 2.56m. podemos afirmar que, a medida que el tirante o altura de lámina de agua se eleva a causa del caudales de diseño, esta a la vez expande su área de inundación.

La topografía ondulada existente entre el cause del río y las zonas urbanas canaliza adecuadamente las crecidas sin provocar inundaciones extensas; sin embargo la composición geológica en la margen del río en su mayoría presenta suelos GM (grava limosa, con mezcla de arena grava y limo) según clasificación SUC; lo que desencadena, que a mayor caudal y velocidad del flujo, exista una erosión lateral considerable que a su paso dejará pérdidas de suelo firme y bienes construidos en ello.

Discusión 05

Se demostró la sub hipótesis 03 “El análisis con modelamiento hidráulico contribuye a establecer indicadores de niveles de vulnerabilidad ante amenazas de inundación producidas por los caudales máximos del río Pomabamba, en la ciudad de Pomabamba”, bajo resultados del modelamiento hidráulico con caudales de TR: 20, 50 y 100 años, se observa la altura de lámina de agua o tirante, que representa el NAME (nivel de aguas máximas extraordinarias), cada una de ellas, representa un área de inundación, con ello se ha podido elaborar mapas con indicadores de nivel de riesgo de inundación.

Con el apoyo del software Civil 3D y el tirante máximo de cada TR obtenido en el HEC RAS, ha sido posible elaborar los planos de inundación; a su vez en nuestra investigación se ha determinado 05 puntos críticos de inundación.

En las zonas críticas de peligro a inundaciones, se ha planteado la colocación de muro tipo enrocado, para lo cual queda establecido el NAME para TR 100 años.

Así mismo, Gutiérrez (2018), plantea obras hidráulicas de mitigación ante caudales de avenida, con el propósito de salvaguardar la vida humana principalmente e infraestructuras importantes; para lo cual el autor también se apoyo de datos de precipitación y obtener la curva IDF, para luego emplear método empíricos para el cálculo de los caudales máximos; además el autor obtiene muestras de suelo de su zona de estudio para evaluar su vulnerabilidad a deslizamientos.

V. CONCLUSIONES

- Los caudales máximos de diseño del río Pomabamba determinan en gran importancia las zonas de inundación, a medida que el tirante de agua correspondiente al río se eleva, también aumenta las áreas de inundación; sin embargo cabe indicar que las inundaciones no están sujetas solo a la variable caudal, sino también a las características físicas del suelo que conforma el lecho y paredes del río.

Con los caudales en los TR 20, 50 y 100 años se han obtenido caudales de 135.22, 156.48 y 174.98 m³/s respectivamente, que realizando el modelamiento hidráulico se ha podido estimar las áreas de inundación de 14,683.38m², 21,869.71m² y 25,197.35m² respectivamente.

- Para el cálculo de caudales máximos existen metodologías ya establecidas entre empíricos y probabilísticos, en vista de la inexistencia de datos hidrométricos, se realizaron como parte del procesamiento hidrológico de precipitaciones, aplicaciones de métodos estadísticos probabilísticos, que han sido importantes para la selección, depuración y corrección de datos de precipitación, con la aplicación de la metodología Dick Pesche y el uso de la herramienta computacional Hidroesta, ha sido posible determinar la ecuación de la intensidad.

- Para la aplicación de metodología empírica de estimación de caudales pico, ha sido necesario recabar información de parámetros fisiográficos de la cuenca, en consecuencia a ello, se han determinado datos muy importantes como lo son tiempo de concentración, coeficiente de escorrentía, pendiente media de cuenca, pendiente media del cause; entre otros, que sin esos datos no sería posible los cálculos de caudales máximos.
- La forma topográfica del cause del río Pomabamba en su mayoría de extensión presenta ondulaciones y pendientes que conservar el cause del río, sin embargo a medida que el tirante del río aumenta, también aumentan las posibilidades que el río toque suelos no consistentes, provocando de esta manera erosión latera y consecuente deslizamiento de masa de suelo hacia el río. Que también se afirma que a medida el tirante del río aumente su nivel a consecuencia de los caudales en los diferentes periodos de retorno, las áreas de inundación aumentan, que se pueden apreciar en resultados.
- Queda demostrados que el método de modelamiento hidráulico con el software HEC-RAS, sirve de gran ayuda para la identificación de las zonas de inundación, con ello se ha podido elaborar el mapa de riesgo que presenta los indicadores de Muy alto, Alto y Medio; con el presente mapa, la oficina de catastro o planeamiento urbano de la ciudad de Pomabamba será capaz de diagnosticar la cantidad de viviendas en peligro, como también establecer mecanismos de prevención y advertencia ante posibles construcciones futuras.

VI. RECOMENDACIONES

- Para los estudios hidrológicos de esta naturaleza es necesario contar con datos de precipitaciones cercanas y de similares características de la zona de estudio; contar con lo menos 03 estaciones pluviométricas para realizar el análisis de consistencia y demás procesos.
- Preferiblemente trabajar con estaciones hidrométricas para la determinación de caudales máximos en ríos, esto da lugar a emplear métodos estadísticos de cálculo pues la aproximación es mucho más certera que el cálculo empírico.
- Se deja como aporte científico al ALA (Autoridad Local del Agua) Pomabamba una regla limnimétrica el gráfico altura-caudal, ubicado en el puente Andres Avelino Caceres de la Ciudad de Pomabamba; se recomienda automatizarlo para que los datos de salida sean mucho más confiable y pueda ser de beneficio para la comunidad de investigación e ingeniería.
- Se recomienda plantear un sistema de defensa riveraña con muro de enrocado, en las zonas identificadas como de riego muy alto.
Las alturas deberán respetar el NAME obtenido con el espejo de agua que se presenta en los resultados de la presente investigación.

REFERENCIAS

BEHAR, Daniel. *Metodología de la Investigación*. Ediciones Shalom, 2008.

ISBN 978-959-212-783-7.

TMAYO Y TAMAYO, Mario. *El proceso de la investigación científica*. México: Editorial Limusa S.A. 2002.

ISBN 968-18-5872-7.

HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, Pilar. *Metodología de la investigación*. Mexico: s.n., 2006.

ISBN 970-10-5753-8.

CENEPRED (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres) 2014. *Manual para la evaluación de riesgo originados por inundaciones fluviales*. Lima - Perú : s.n., 2014.

VILLON BEJAR, máximo. 2005. *Hidrología estadística*. Lima- Peru : s.n., 2005.LES.

LIMA - PERÚ : s.n., 2014.

VILLON BEJAR, Máximo. 2005. *Curso de especialización en gestión de cuencas hidrográficas: Cálculos hidrológicos e Hidráulicos en cuencas Hidrográficas*. Lima-Peru : s.n., 2005.LES. LIMA - PERÚ : s.n., 2014.

BAUTISTA SCIORTINO, Juan. 2019. *Apuntes Cátedra Hidráulica Aplicada en elementos de Hidrología*. Universidad Nacional San Agustín- Perú, 2019, 222pp.

HINOJOSA CABRERA, José. *Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales*. Madrid: Editorial Allanmer S.A, 1987.

Disponible en: https://www2.mitma.es/recursos_mfom/0610400.pdf

ISBN 7433-457.

VEN TE, Chow, MAIDMENT, David y WAYS, Larry, traducido por SALDARRIAGA, Juan. *Hidrología Aplicada*. Colombia, Editorial monos S.A, 1994.

Disponible en : <https://baixardoc.com/documents/hidrologia-aplicada-ven-te-chow-5cae52662105a>

ISBN 958-600-171-7

APARICIO MIJARES, Francisco. *Fundamentos de hidrología de superficie*. México. Editorial Grupo Noriega, 1992.

ISBN 968-18-3014-8.

CUESTA OLAVE, Julio. *Estudio a escala regional de los componentes hidrológicos e hidráulicos del complejo cenagoso del Bajo Magdalena entre Calamar y Bocas de Ceniza con apoyo de herramientas de modelación matemática y SIG*. Tesis (para optar grado de máster en recursos hídricos). Colombia, Universidad Nacional de Colombia. 2017, 217pp.

BERMEO ARTUNDUAGA, Sergio, LEON HERNANDEZ, Adriana, LÓPEZ LÓPEZ, Heidy. *Estimación de los caudales máximos y caracterización Morfométrica de la subcuenca del cauce en el sector hidrodépendiente del municipio de San Francisco - Cundinamarca*. Tesis (para optar título de especialista en recursos hídricos). Colombia, Universidad Católica de Colombia. 2018, 52pp.

DÍAS ARIAS, Ubaldo, HUACANEMÉ PRIETO, Daniel, ALONSO NORE, Francy. *Estimación de caudales máximos para el sector hidrológico de la quebrada el diamante, mediante modelación con HEC-HMS*. Tesis (para optar título de especialista en recursos hídricos). Colombia, Universidad Católica de Colombia. 2017, 57pp.

AMAYA CARDONA, Miguel A. *Manual para el cálculo de amenazas por inundación: erninundación y complementarios a partir de un ejemplo de aplicación*. Tesis (para optar título de ingeniero civil). Colombia, Universidad Católica de Colombia. 2017, 106pp.

HURTADO PÉREZ, Wilson. *Análisis regional de frecuencia de caudales máximos en la cuenca alta y media del río Magdalena - Colombia*. Tesis (para optar grado

de maestro en ingeniería). México, Universidad Nacional Autónoma de México. 2015, 123pp.

GUTIÉRREZ BACA, Christiaan. *Determinación de las áreas vulnerables frente a riesgos de inundación y huaycos en la zona aledaña al río pachatusan y sus propuestas de mitigación*. Tesis (para optar Título de Ingeniero Civil). Cusco, Universidad Andina del Cusco. 2018, 312pp.

ESPIRE GIL, Ronald, FLORES SILVA, Jhorman. *Evaluación de riesgo y análisis de la vulnerabilidad ante amenazas de inundación en el centro poblado Huancaquito bajo, distrito de Virú, provincia de Virú, 2018*. Tesis (para optar Título de Ingeniero Civil). La Libertad, Universidad Nacional de Trujillo. 2019, 95pp.

MILLER BAIN, Gerónimo. *Estimación de la socavación producida por el flujo de agua del río martho al pie de estribos del puente Sinsicap utilizando el programa HEC – RAS, Sinsicap – provincia de Otuzco, 2019*. Tesis (para optar Título de Ingeniero Civil). La Libertad, Universidad Nacional de Trujillo. 2019, 124pp.

BUGUÑA HERNANDEZ, Nilton. *Aplicación de modelos hidrológicos para la estimación de caudales mensuales en la sub cuenca del río Bigote*. Tesis (para optar Título de master en Ingeniero Civil con mención a Recursos Hídricos). Piura, Universidad de Piura. 2019, 380pp.

CANAZA QUISPE, Milner, GAMARRA SÁNCHEZ, Elissban. *Alteración de los caudales del río asmayacu por la presencia de los fenómenos del niño y de la niña en los últimos 30 años para la determinación de las probables zonas de inundación en la cuenca asmayacu-Curahuasi*. Tesis (para optar Título Ingeniero Civil). Cusco, Universidad Andina del Cusco. 2017, 258pp.

PORTA ZAPATA, Guibell. *Análisis de riesgo de inundación en prevención de desbordes del río pocoto en el distrito de san vicente de cañete – 2018*. Tesis (para optar Título Ingeniero Civil). Huacho, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. 2020, 100pp.

PALACIOS SANTA CRUZ, Claudia. Caudales de diseño en el río Piura y su variación histórica ante el fenómeno el niño. Tesis (para optar Título Ingeniero Civil). Piura, Universidad de Piura. 2010, 154pp.

OTOYA ROMERO, Alex, MEDINA TRONCOS, Oscar. *Estimación de caudales máximos con fines de prevención de inundaciones aplicando el modelo hidrológico HEC-RAS, caso Rio Zarumilla – 2018*. Tesis (para optar Título Ingeniero Agrícola). Tumbes, Universidad Nacional de Tumbes. 2019, 69pp.

YÉPES SILVA, Cristian. *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, 2016*. Tesis (para optar Título Ingeniero Civil). Cajamarca, Universidad Privada del Norte. 2016, 320pp.

RAMÍREZ, María, GHANEM, Ana y LÁREZ, Haydee. Estudio comparativo de los diferentes métodos utilizados para la predicción de intensidades máximas de precipitación para el diseño adecuado de estructuras hidráulicas. *Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente. Venezuela. 2006. Vol. 18. 196 pp.*

HERENCIA FÉLIX, Beatriz, CARRERA ZAAVEDRA, Cesar. Estimación caudales medios y máximos de la cuenca del río Checras mediante ecuaciones sintéticas y racionales. *Rev. Del Instituto de Investigación FIGMMG-UNMSM. Lima. 2019. Vol. 02. 24 pp.*

ROJAS MORALES, Nazareth. Curva de Intensidad Duración Frecuencia de lagunas estaciones meteorológicas mecánicas. *Revista de Intituto Meteorológico Nacional. Costa Rica. 2011. 82 pp.*

INDECI. *COMPENDIO ESTADÍSTICO DEL INDECI 2017 - GESTIÓN REACTIVA*. Perú, 2017. 45pp.

APACLLA NALVARTE, Ricardo. *Estudio de máximas avenidas en las cuencas de la zona centro de la vertiente del pacífico*. Autoridad Nacional de Agua. Lima, 2010. 185pp.

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. *Estudio hidrológico y ubicación de la red de estaciones hidrométricas en la cuenca del Río Rímac*. Evaluación de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Rímac. Lima, 2010. 226pp.

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES. *Manual de hidrología, hidráulica drenaje*. Lima, 2012. 222pp.

CENTRO NACIONAL DE ESTIMACIÓN, PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES - CENEPRED. *Manual para la evaluación de riesgos originados por inundaciones fluviales*. Lima, 2014. 48pp.

SÁNCHEZ SAN ROMAN, Javier. *Manual Elemental HEC-HMS*. Universidad de Salamanca. España, 2014. 23pp.

EMILIO MOlero, Leonardo. *Modelación de Ríos con HEC-RAS*. Universidad de Granada. España, 2007. 59pp.

DAS, Braja M. *Fundamentos de Ingeniería geotécnica*. México: Editorial Cengage Learning, 2013.

Disponible en: <http://latinoamerica.cengage.com>

ISBN: 978-607-519-373-1.

ANEXOS.

Anexos 01: matriz de consistencia

Título: Determinación de caudales máximos del río Pomabamba para identificar las zonas de inundación en el distrito de Pomabamba, Ancash - 2021

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
Problema General:	Objetivo general:	Hipótesis general:	INDEPENDIENTE	Caudales de diseño	Precipitación	intensidad mm/hr
¿Cómo influye el caudal máximo en la identificación de las zonas de inundación del río Pomabamba, distrito de Pomabamba, Ancash - 2021?	Determinar la influencia de los caudales máximos del río Pomabamba en las zonas de inundación del distrito de Pomabamba, Ancash - 2021	Los caudales máximos del río Pomabamba afectan proporcionalmente las zonas de inundaciones que puede modelarse hidráulicamente y evaluarse mediante herramientas computacionales, en el distrito de Pomabamba, Ancash - 2021.			duración hr.	
Problemas Específicos:	Objetivos Específicos:	Hipótesis específicas:			Parámetros fisiográficos de la cuenca	- área de la cuenca km2 - factor de forma - coeficiente de compacidad - pendiente media de la cuenca - Pendiente del cause
¿Cómo influyen los métodos estadísticos basados en precipitaciones, en la determinación de los caudales máximos del río Pomabamba, del distrito de Pomabamba - Ancash 2021?	Determinar la influencia de los métodos estadísticos basados en precipitaciones en la estimación de los caudales máximos del río Pomabamba, en el distrito de Pomabamba, Ancash - 2021.	Los caudales máximos del río Pomabamba son determinados mediante métodos estadísticos basados en precipitaciones, en el distrito de Pomabamba, Ancash - 2021.			Distribuciones de frecuencia	- Normal, Log. Normal 2P y 3P - Gamma 2P - Pearson tipo III - Log. Pearson tipo III - Gumbel - Log. Gumbel
¿De qué manera influyen los parámetros fisiográficos de la cuenca en el comportamiento hidráulico de las máximas avenidas del río Pomabamba, en el distrito de Pomabamba, Ancash - 2021?	Determinar la influencia de los parámetros fisiográficos de la cuenca en el comportamiento hidráulico de las máximas avenidas del río Pomabamba, en el distrito de Pomabamba, Ancash - 2021.	Los parámetros fisiográficos de la cuenca determinan en gran medida el comportamiento hidráulico de las máximas avenidas del río Pomabamba del distrito de Pomabamba, Ancash - 2021.			Tiempo de retorno	5, 10, 20, 50, 100, 500 años
¿Cuáles son las áreas inundadas por los caudales máximos del río Pomabamba en el distrito de Pomabamba, Ancash - 2021?	Identificar y cuantificar las áreas de inundación provocadas por el escurrimiento de los caudales máximos del río Pomabamba, en el distrito de Pomabamba, Ancash - 2021.	Los caudales máximos del río Pomabamba provocan áreas inundadas que varían según los periodos de retorno, en el distrito de Pomabamba, Ancash - 2021.	DEPENDIENTE	I. Zonas de inundación	Área inundada	m2.
¿Cuáles son los niveles de vulnerabilidad ante la ocurrencia de caudales máximos del río Pomabamba en el distrito de Pomabamba, Ancash - 2021?	Establecer un indicador de niveles de vulnerabilidad ante amenazas de inundación producidas por los caudales máximos del río Pomabamba, en la ciudad de Pomabamba, Ancash - 2021	El análisis con modelamiento hidráulico contribuye a establecer indicadores de niveles de vulnerabilidad ante amenazas de inundación producidas por los caudales máximos del río Pomabamba, en la ciudad de Pomabamba, Ancash - 2021			Tirante de flujo	m
¿Cuáles son los niveles de vulnerabilidad ante la ocurrencia de caudales máximos del río Pomabamba en el distrito de Pomabamba, Ancash - 2021?	Establecer un indicador de niveles de vulnerabilidad ante amenazas de inundación producidas por los caudales máximos del río Pomabamba, en la ciudad de Pomabamba, Ancash - 2021	El análisis con modelamiento hidráulico contribuye a establecer indicadores de niveles de vulnerabilidad ante amenazas de inundación producidas por los caudales máximos del río Pomabamba, en la ciudad de Pomabamba, Ancash - 2021	II. Herramientas de modelamiento	- HIDROESTA - CIVIL 3D - HEC- RAS - ARCMAP	- muy alto - alto - medio - bajo	- Registro meteorológico - Ficha de identificación de vulnerabilidad - Ficha de valoración de peligro - GPS - estación total - Imágenes satelitales - Cartas nacionales


Fuente: elaboración propia.

Anexo 02.- Matriz de operacionalización de variables


DEFINICIÓN OPERACIONAL DE LAS VARIABLES						
TIPO DE VARIABLE	VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
Independiente	1. Caudales máximos	Sotero (1987), lo define como el mayor volumen de agua que pasa por un determinado punto de control, a consecuencia de una fuerte precipitación. Chow et al. (1994), define la crecida máxima probable como la mayor corriente que puede esperarse suponiendo una coincidencia completa de todos los factores que producirán la máximas lluvias y máxima escorrentía.	La variable independiente está conformada por cuatro dimensiones, diez indicadores y diez instrumentos con el que será medido.	Precipitaciones	intensidad mm/hr duración hr.	- estaciones meteorológicas - Registro meteorológico - Ficha de identificación de vulnerabilidad - Ficha de valoración de peligro - GPS - estacion total - Imágenes satelitales - Cartas nacionales
				Parámetros de la cuenca	- área de la cuenca km2 - factor de forma - coeficiente de compacidad - pendiente media de la cuenca - orden de corrientas	
				Distribuciones de frecuencia	- Normal, Log. Normal 2P y 3P - Gamma 2P - Pearson tipo III - Log. Pearson tipo III - Gumbel - Log. Gumbel	
				Tiempo de retorno	5,10,20, 50, 100, 500 años	
Dependiente	1. Zonas de inundación	Una inundación es la sumersión temporal de terrenos, generalmente secos, como consecuencia de la aportación inusual y más o menos repentina de un volumen de agua superior a lo habitual lo que puede provocar daños a las personas y bienes allí existentes. (Direccion General de Proteccion Civil y Emergencias Ministerio del interior. España, 2004)	La variable dependiente 01 está conformada por dos dimensiones, cuatro indicadores y diez instrumentos con el que será medido.	Área inundada Vulnerabilidad	Ha. - muy alto - alto - medio - bajo	
	2. Herramientas de modelamiento	son tecnologías diseñadas para simular virtualmente escenarios en diferentes condiciones de terreno y datos ingresados; son sistemas integrados de software, diseñado para un uso interactivo en tareas múltiples. El sistema está compuesto por una interface gráfica para el usuario (GUI), separando los componentes del análisis hidráulico, almacenaje de datos y capacidad de administración, de gráficas y facilidad en el manejo de la información. (N FONACIT, 2015)	La variable dependiente 02 está conformada por cuatro dimensiones, dos indicadores y diez instrumentos con el que será medido.	- HIDROESTA - CIVIL 3D - HEC-RAS	- caudal m3/s - tirante m.	

Fuente: elaboración propia.

Anexo 03.- Validación de Instrumentos

	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	cod. CM-001				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	pagina 1				
INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN						
I.- DATOS GENERALES						
1.1. Apellidos y nombres del experto:	Jara Remigio Flor Ángela					
1.2. grado académico:	Mg.Sc. Recursos Hídricos - UNALM					
1.3. Profesión:	Ing. Agrícola					
1.4. Institución donde labora:	UNASAM					
1.5. cargo que desempeña:	Docente en el área de Recursos Hídricos					
1.6. Proyecto de investigación:	"Determinación de caudales máximos del río Pomabamba para identificar las zonas de inundación en el distrito de Pomabamba, Ancash - 2021"					
1.7. Denominación del Instrumento:	Registro de precipitación diaria y mensual Cod.(CM-002, CM-003)					
1.8. Autor del Instrumento:	1.9. Ubicación					
Alonso Diestra Alberto	Región: Ancash	Distrito: Pomabamba				
	Provincia: Pomabamba	Lugar: zona urbana				
	Latitud: -8.8260 S	Longitud: -77.45713 W				
II. VALIDACIÓN						
Indicadores de evaluación del Instrumento	CRITERIOS	Muy malo	Malo	Regular	Buena	muy buena
		1	2	3	4	5
1. CLARIDAD	Están formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión					X
2. OBJETIVIDAD	Están expresados en conductas observables, medibles				X	
3. CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y la relación con la teoría					X
4. COHERENCIA	Existe relación de los contenidos con los indicadores de la variable					X
5. PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados					X
6. SUFICIENCIA	son suficientes la cantidad y calidad de ítem presentados en el instrumento					X
SUMATORIA PARCIAL					4	25
SUMATORIA TOTAL		29				

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		cod. CM001
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		pagina 2
III. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN			
3.1. Valoración total cuantitativa:.....			
3.2. Opinión:	FAVORABLE	<input checked="" type="checkbox"/>	DEBE MEJORAR
	NO FAVORABLE	<input type="checkbox"/>	
3.3. Observaciones:			
Pomabamba, junio del 2021.		 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ Consejo Departamental Ancash - Huaraz	
		JARA REMIGIO FLOR ANGELA INGENIERA AGRICOLA REG. CIP N° 149895	
		firma del Experto	

	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	cod. CM-001
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	pagina 1


INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I.- DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres del experto: *Ramirez Mariños Carlos Felipe*
 1.2. grado académico: *Bachiller Ingeniería Agrícola*
 1.3. Profesión: *Ingeniero Agrícola*
 1.4. Institución donde labora: *Independiente*
 1.5. cargo que desempeña: *Consultor*
 1.6. Proyecto de investigación: "Determinación de caudales máximos del río Pomabamba para identificar las zonas de inundación en el distrito de Pomabamba, Ancash - 2021"
 1.7. Denominación del Instrumento: **Registro de precipitación diaria y mensual**
Cod.(CM-002, CM-003)
 1.8. Autor del Instrumento: **Alonso Diestra Alberto**
 1.9. Ubicación
 Región: Ancash Distrito: Pomabamba
 Provincia: Pomabamba Lugar: zona urbana
 Latitud: -8.8260 S Longitud: -77.45713 W

II. VALIDACIÓN

Indicadores de evaluación del Instrumento	CRITERIOS	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	muy bueno
		1	2	3	4	5
1. CLARIDAD	Están formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión				4	
2. OBJETIVIDAD	Están expresados en conductas observables, medibles				4	
3. CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y la relación con la teoría					4
4. COHERENCIA	Existe relación de los contenidos con los indicadores de la variable				4	
5. PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados				4	
6. SUFICIENCIA	son suficientes la cantidad y calidad de ítem presentados en el instrumento					4
SUMATORIA PARCIAL					16	8
SUMATORIA TOTAL		24				

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	cod. CM001
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	pagina 2

III. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN

3.1. Valoración total cuantitativa: 24 de 30


3.2. Opinión: FAVORABLE X DEBE MEJORAR _____
 NO FAVORABLE _____

3.3. Observaciones: _____

Pomabamba, junio del 2021.


 Carlos F. Ramírez Mariños
 ING. AGRICOLA
 N. CIP. 87248

 firma del Experto

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	cod. CM-001
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	pagina 1


INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I.- DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres del experto: *Somz Neyra Juan Antonio*
 1.2. grado académico: *Bachiller en Ciencias - Ingeniería Agrícola*
 1.3. Profesión: *Ingeniero Agrícola*
 1.4. Institución donde labora: *AgroRural*
 1.5. cargo que desempeña: *Supervisor AMCRD*
 1.6. Proyecto de investigación: **"Determinación de caudales máximos del río Pomabamba para identificar las zonas de inundación en el distrito de Pomabamba, Ancash - 2021"**
 1.7. Denominación del Instrumento: **Registro de precipitación diaria y mensual Cod.(CM-002, CM-003)**
 1.8. Autor del Instrumento: **Alonso Diestra Alberto**
 1.9. Ubicación
 Región: Ancash Distrito: Pomabamba
 Provincia: Pomabamba Lugar: zona urbana
 Latitud: -8.8260 S Longitud: -77.45713 W

II. VALIDACIÓN

Indicadores de evaluación del Instrumento	CRITERIOS	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	muy bueno
		1	2	3	4	5
1. CLARIDAD	Estan formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión				4	
2. OBJETIVIDAD	Esstán expresados en conductas observables, medibles				4	
3. CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y la relación con la teoría					4
4. COHERENCIA	Existe relación de los contenidos con los indicadores de la variable				4	
5. PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados				4	
6. SUFICIENCIA	son suficientes la cantidad y calidad de ítem presentados en el instrumento					4
SUMATORIA PARCIAL					16	8
SUMATORIA TOTAL		24				

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	cod. CM001
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	pagina 2

III. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN

3.1. Valoración total cuantitativa: 24 de 30


3.2. Opinión: FAVORABLE DEBE MEJORAR _____
 NO FAVORABLE _____

3.3. Observaciones: _____

Pomabamba, junio del 2021.


 Juan Antonio Sáenz Neyra
 ING. AGRICOLA
 R. CIP. N° 39492


 firma del Experto

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	cod. CM-001
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	pagina 1

INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I- DATOS GENERALES	
1.1. Apellidos y nombres del experto:	Jara Remigio Flor Ángela
1.2. grado académico:	Mg.Sc. Recursos Hídricos - UNALM
1.3. Profesión:	Ing. Agrícola
1.4. Institución donde labora	UNASAM
1.5. cargo que desempeña:	Docente en el área de Recursos Hídricos
1.6. Proyecto de investigación:	"Determinación de caudales máximos del río Pomabamba para identificar las zonas de inundación en el distrito de Pomabamba, Ancash - 2021"
1.7. Denominación del Instrumento:	Nivel de vulnerabilidad, peligro, matriz de riesgo Cod.(CM-004, CM-005, CM-006)
1.8. Autor del Instrumento:	1.9. Ubicación
Alonso Diestra Alberto	Región: Ancash Distrito: Pomabamba
	Provincia: Pomabamba Lugar: zona urbana
	Latitud: -8.8260 S Longitud: -77.45713 W
II. VALIDACIÓN	

Indicadores de evaluación del Instrumento	CRITERIOS	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	muy bueno
		1	2	3	4	5
1. CLARIDAD	Están formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión					X
2. OBJETIVIDAD	Están expresados en conductas observables, medibles				X	
3. CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y la relación con la teoría					X
4. COHERENCIA	Existe relación de los contenidos con los indicadores de la variable					X
5. PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados					X
6. SUFICIENCIA	son suficientes la cantidad y calidad de ítem presentados en el instrumento					X
SUMATORIA PARCIAL					4	5
SUMATORIA TOTAL					29	

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	cod. CM001
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	pagina 2

III. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN

3.1. Valoración total cuantitativa:.....


3.2. Opinión: FAVORABLE DEBE MEJORAR _____
 NO FAVORABLE _____

3.3. Observaciones: _____

Pomabamba, junio del 2021.


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
 Consejo Departamental Ancash - Huaraz

 JARA REMIGIO FLOR ANGELA
 INGENIERA AGRICOLA
 REG. CIP N° 149895
 firma del Experto

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	cod. CM-001
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	pagina 1


INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I.- DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres del experto: **RAMIREZ MARIÑOS CARLOS FELIPE**
- 1.2. grado académico: **BACHILLER EN INGENIERIA AGRICOLA**
- 1.3. Profesión: **INGENIERIO AGRICOLA**
- 1.4. Institución donde labora: **INDEPENDIENTE**
- 1.5. cargo que desempeña: **CONSULTOR**
- 1.6. Proyecto de investigación: **"Determinación de caudales máximos del río Pomabamba para identificar las zonas de inundación en el distrito de Pomabamba, Ancash - 2021"**
- 1.7. Denominación del Instrumento: **Nivel de vulnerabilidad, peligro, matriz de riesgo Cod.(CM-004, CM-005, CM-006)**
- 1.8. Autor del Instrumento: **Alonso Diestra Alberto**
- 1.9. Ubicación
- Región: Ancash Distrito: Pomabamba
- Provincia: Pomabamba Lugar: zona urbana
- Latitud: -8.8260 S Longitud: -77.45713 W

II. VALIDACIÓN

Indicadores de evaluación del Instrumento	CRITERIOS	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	muy bueno
		1	2	3	4	5
1. CLARIDAD	Están formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión				4	
2. OBJETIVIDAD	Esstán expresados en conductas observables, medibles				4	
3. CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y la relación con la teoría					4
4. COHERENCIA	Existe relación de los contenidos con los indicadores de la variable				4	
5. PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados				4	
6. SUFICIENCIA	son suficienrtes la cantidad y calidad de item presentados en el instrumento					4
SUMATORIA PARCIAL					16	8
SUMATORIA TOTAL		24				

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	cod. CM001
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	pagina 2

III. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN

3.1. Valoración total cuantitativa:..... 24 de 30

3.2. Opinión: FAVORABLE X DEBE MEJORAR _____
 NO FAVORABLE _____


3.3. Observaciones: _____

Pomabamba, junio del 2021.



Carlos F. Ramírez Mariños
 ING. AGRICOLA
 R. C.I.P. 87246

 firma del Experto

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	cod. CM-001
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	pagina 1


INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I.- DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres del experto: *Saenz Neyra Juan Antonio*
- 1.2. grado académico: *Bachiller en Ciencias - Ingeniería Agrícola*
- 1.3. Profesión: *Ingeniero Agrícola*
- 1.4. Institución donde labora: *AgroRural*
- 1.5. cargo que desempeña: *Supervisor AMCRD*
- 1.6. Proyecto de investigación: **"Determinación de caudales máximos del río Pomabamba para identificar las zonas de inundación en el distrito de Pomabamba, Ancash - 2021"**
- 1.7. Denominación del Instrumento: **Registro de precipitación diaria y mensual
Cod.(CM-002, CM-003)**
- 1.8. Autor del Instrumento: **Alonso Diestra Alberto**
- 1.9. Ubicación
Región: Ancash Distrito: Pomabamba
Provincia: Pomabamba Lugar: zona urbana
Latitud: -8.8260 S Longitud: -77.45713 W

II. VALIDACIÓN

Indicadores de evaluación del Instrumento	CRITERIOS	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	muy bueno
		1	2	3	4	5
1. CLARIDAD	Están formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión				4	
2. OBJETIVIDAD	Están expresados en conductas observables, medibles				4	
3. CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y la relación con la teoría					4
4. COHERENCIA	Existe relación de los contenidos con los indicadores de la variable				4	
5. PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados				4	
6. SUFICIENCIA	son suficientes la cantidad y calidad de ítem presentados en el instrumento					4
SUMATORIA PARCIAL					16	8
SUMATORIA TOTAL		24				

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	cod. CM001
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	pagina 2

III. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN

3.1. Valoración total cuantitativa: 24 de 30

3.2. Opinión: FAVORABLE DEBE MEJORAR _____
 NO FAVORABLE _____

3.3. Observaciones: _____

Pomabamba, junio del 2021.


 Juan Antonio Sáenz Neyra
 ING. AGRICOLA
 R. CIP. N° 39492

 firma del Experto

Anexo 04.- Procedimientos.

01. Trabajo de campo

a.- levantamiento topográfico

Las mediciones topográficas serán en la zona de interés, entre las coordenadas - 8.81318 latitud sur, -77.46924 longitud oeste y -8.8260 latitud sur, -77.45713 longitud oeste que corresponden a la zona urbana de la ciudad de Pomabamba; se realizarán seccionamiento topográfico cada 20m en el eje longitudinal del río, y 30m. a los márgenes derecha e izquierda desde el final de la rivera existente, la intención es obtener el modelo digital de terreno a detalle para el modelamiento hidráulico con HEC-RAS.

La georeferenciación será en base a los puntos geodésicos existentes en la zona de interés; estos serán como mínimo de orden "C" y en el sistema WGS-84.



Figura 11: imagen de levantamiento topográfico en río, fuente google.

b.- colección de datos de precipitación

Los registros de precipitación serán extraídos de las cuatro (04) estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio, estación meteorológica de Pomabamba, de Sihuas, de Yungay, de Piscobamba. Para esta colección se ha establecido los instrumentos validados de precipitación diaria y mensual.



Figura 12: imagen de estación meteorológica, fuente ANA.

c.- colección de datos de vulnerabilidad

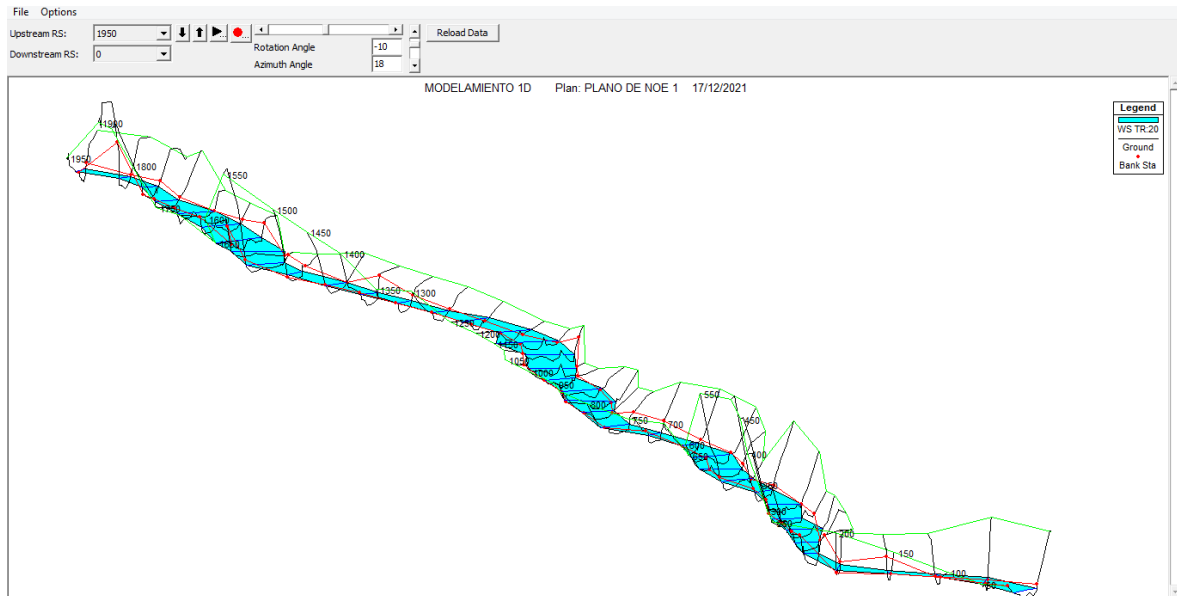
La colección de información básica necesaria para la identificación visual de las zonas vulnerables ante inundaciones serán colectados con los instrumentos también validados que son, las ficha de niveles de vulnerabilidad, evaluación de peligros y matriz de riesgo



Figura 13: identificación de zonas vulnerables, fuente propia.

02. Trabajo de gabinete

- a.- procesamiento de la información topográfica a nivel de secciones transversales
- b.- tratamiento de la información meteorológica de precipitación, (03 estaciones meteorológicas).
- c.- verificación de la consistencia de los datos de registro precipitacional
- d.- completación de datos faltantes, aquellos periodos de tiempo en el cual no se ha contado con registros de precipitación
- e.- cálculo de las precipitaciones máximas.
- f.- elaboración de la curva IDF (Intencidad, Duración, Frecuencia)
- g.- análisis de las distribuciones probabilísticas
- h.- análisis de distribuciones para tiempo de retorno de 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años
- i.- verificación de ajuste de bondad
- j.- determinación de caudales máximos
- k.- modelamiento hidráulico con el software HEC RAS



l.- estimación de las zonas de inundación en los periodos de retorno

m.- elaboración de mapa de riesgo

n.- planteamiento de estructura hidráulica de mitigación en las zonas de nivel de riesgo muy alto.

Anexo 05.- Resultados de HEC-RAS
a. Cuadros de parametreos hidráulicos

RESULTADOS DEL MODELAMIENTO HIDRAULICO CON HEC RAS PARA TR= 20 AÑOS									
seccion	Q m3/s	Cota min. m.	cota espejo m.	tirante crítico m.	Linea de energía m.	Velocidad m/s	Área sección m2.	Espejo de agua m.	Nº Froude
1967	135.22	2945.68	2948.51	2948.51	2949.50	4.41	30.74	15.99	1.00
1950	135.22	2945.60	2948.43	2948.43	2949.25	4.03	34.88	25.22	0.92
1900	135.22	2944.87	2947.48	2947.48	2948.41	4.27	31.64	17.23	1.01
1850	135.22	2943.99	2946.66	2946.66	2947.60	4.35	32.00	17.42	1.01
1800	135.22	2943.10	2944.93	2944.93	2945.64	3.71	36.40	26.09	1.00
1750	135.22	2941.27	2943.63	2943.63	2944.16	3.23	41.81	39.86	1.01
1700	135.22	2940.22	2941.95	2941.95	2942.46	3.17	42.61	42.39	1.01
1650	135.22	2937.86	2940.11	2940.11	2940.55	2.97	48.81	60.25	0.90
1600	135.22	2937.67	2938.96	2938.96	2939.39	2.91	46.39	53.66	1.00
1550	135.22	2935.70	2937.33	2937.33	2937.83	3.15	42.99	43.29	1.01
1500	135.22	2934.76	2936.48	2936.48	2937.20	3.76	36.14	25.69	1.00
1450	135.22	2932.83	2934.78	2934.78	2935.44	3.60	37.52	28.73	1.01
1400	135.22	2931.14	2933.80	2933.80	2934.28	3.06	44.15	23.27	0.71
1350	135.22	2930.75	2933.07	2933.07	2933.87	3.97	34.09	21.13	1.00
1300	135.22	2929.69	2931.90	2931.90	2932.66	3.85	35.11	23.23	1.00
1250	135.22	2928.72	2931.21	2931.21	2931.82	3.54	42.61	41.66	0.86
1200	135.22	2927.50	2929.62	2929.62	2930.22	3.49	41.47	38.59	0.94
1150	135.22	2926.77	2928.68	2928.68	2929.11	2.99	50.28	63.54	0.89
1100	135.22	2925.65	2927.34	2927.34	2927.83	3.11	43.54	45.44	1.01
1050	135.22	2923.75	2925.62	2925.62	2926.11	3.12	43.34	44.81	1.01
1000	135.22	2922.78	2924.80	2924.80	2925.37	3.35	40.31	35.83	1.01
950	135.22	2921.71	2923.66	2923.66	2924.15	3.10	43.90	47.01	0.99
900	135.22	2920.58	2922.49	2922.43	2922.90	2.84	48.28	51.68	0.90
850	135.22	2919.75	2921.77	2921.77	2922.38	3.47	40.01	35.15	0.97
800	135.22	2917.98	2919.88	2919.88	2920.49	3.47	39.43	34.91	0.98
750	135.22	2917.02	2919.06	2919.06	2919.88	4.01	33.71	20.74	1.00
700	135.22	2915.34	2917.71	2917.71	2918.48	3.88	35.04	24.26	1.00
650	135.22	2914.41	2916.48	2916.48	2916.98	3.33	45.41	44.78	0.96
600	135.22	2913.05	2914.84	2914.84	2915.40	3.36	42.26	40.03	0.93
550	135.22	2911.59	2913.77	2913.77	2914.31	3.26	41.68	40.28	1.01
500	135.22	2910.27	2912.60	2912.60	2913.37	3.89	34.75	22.88	1.01
450	135.22	2909.08	2910.98	2910.98	2911.58	3.41	39.60	33.96	1.01
400	135.22	2907.61	2909.32	2909.32	2909.95	3.51	38.47	30.92	1.01
350	135.22	2906.42	2908.32	2908.32	2908.92	3.47	40.32	34.09	0.96
300	135.22	2904.93	2906.92	2906.92	2907.66	3.81	35.52	24.06	1.00
250	135.22	2903.25	2905.98	2905.98	2907.01	4.48	30.18	14.91	1.01
200	135.22	2902.55	2904.16	2904.16	2904.67	3.25	43.00	42.20	1.02
150	135.22	2901.09	2903.04	2903.04	2903.75	3.73	36.21	25.71	1.00
100	135.22	2899.68	2901.95	2901.95	2902.69	3.81	36.05	27.20	0.98
50	135.22	2898.40	2901.02	2900.82	2901.38	2.87	56.32	47.61	0.68
0	135.22	2897.62	2899.32	2899.32	2899.83	3.18	42.47	41.16	1.00

RESULTADOS DEL MODELAMIENTO HIDRAULICO CON HEC RAS PARA TR= 50 AÑOS

seccion	Q m3/s	Cota min. m.	cota espejo m.	tirante crítico m.	Linea de energía m.	Velocidad m/s	Área sección m2.	Espejo de agua m.	Nº Froude
1967	156.48	2945.68	2948.90	2948.90	2949.79	4.20	39.42	29.01	0.88
1950	156.48	2945.60	2948.64	2948.64	2949.49	4.13	40.45	27.24	0.90
1900	156.48	2944.87	2947.68	2947.68	2948.69	4.45	35.16	17.51	1.00
1850	156.48	2943.99	2946.86	2946.86	2947.88	4.53	35.60	17.87	1.01
1800	156.48	2943.10	2945.08	2945.08	2945.85	3.88	40.34	26.65	1.01
1750	156.48	2941.27	2943.74	2943.74	2944.32	3.37	46.44	41.16	1.01
1700	156.48	2940.22	2942.06	2942.06	2942.62	3.29	47.60	43.49	1.00
1650	156.48	2937.86	2940.21	2940.21	2940.68	3.11	54.63	60.48	0.90
1600	156.48	2937.67	2939.04	2939.04	2939.52	3.07	50.91	53.72	1.01
1550	156.48	2935.70	2937.47	2937.44	2937.99	3.17	49.31	43.81	0.96
1500	156.48	2934.76	2936.63	2936.63	2937.42	3.94	40.02	25.91	1.00
1450	156.48	2932.83	2934.92	2934.92	2935.64	3.76	41.60	29.50	1.01
1400	156.48	2931.14	2933.98	2933.98	2934.52	3.23	48.48	23.52	0.72
1350	156.48	2930.75	2933.26	2933.26	2934.11	4.10	38.26	23.91	1.00
1300	156.48	2929.69	2932.08	2932.08	2932.88	3.96	39.60	26.32	1.00
1250	156.48	2928.72	2931.39	2931.39	2932.00	3.56	50.95	48.43	0.82
1200	156.48	2927.50	2929.79	2929.79	2930.40	3.55	48.39	50.33	0.91
1150	156.48	2926.77	2928.80	2928.80	2929.24	3.06	57.96	66.58	0.87
1100	156.48	2925.65	2927.46	2927.46	2927.98	3.20	48.85	46.96	1.00
1050	156.48	2923.75	2925.73	2925.73	2926.26	3.24	48.31	45.55	1.00
1000	156.48	2922.78	2924.92	2924.92	2925.54	3.50	44.76	37.52	1.01
950	156.48	2921.71	2923.76	2923.76	2924.29	3.25	48.72	48.57	0.99
900	156.48	2920.58	2922.63	2922.53	2923.05	2.88	55.43	53.39	0.86
850	156.48	2919.75	2921.90	2921.90	2922.56	3.63	44.64	36.47	0.97
800	156.48	2917.98	2920.05	2920.02	2920.68	3.52	45.56	36.04	0.93
750	156.48	2917.02	2919.23	2919.23	2920.13	4.19	37.33	21.04	1.01
700	156.48	2915.34	2917.89	2917.89	2918.71	4.03	39.32	25.58	0.98
650	156.48	2914.41	2916.57	2916.57	2917.13	3.53	49.59	46.02	0.98
600	156.48	2913.05	2914.97	2914.97	2915.57	3.49	47.54	41.21	0.93
550	156.48	2911.59	2913.89	2913.89	2914.48	3.39	46.47	41.09	1.00
500	156.48	2910.27	2912.77	2912.77	2913.60	4.05	38.67	23.53	1.01
450	156.48	2909.08	2911.11	2911.11	2911.76	3.58	43.78	34.33	1.01
400	156.48	2907.61	2909.45	2909.45	2910.14	3.68	42.48	31.16	1.01
350	156.48	2906.42	2908.46	2908.46	2909.10	3.61	45.06	35.33	0.97
300	156.48	2904.93	2907.15	2907.08	2907.88	3.79	41.28	25.32	0.95
250	156.48	2903.25	2906.21	2906.21	2907.31	4.65	33.66	15.41	1.00
200	156.48	2902.55	2904.26	2904.26	2904.83	3.40	47.54	42.85	1.02
150	156.48	2901.09	2903.19	2903.19	2903.96	3.91	40.08	26.89	1.00
100	156.48	2899.68	2902.13	2902.13	2902.91	3.93	41.14	30.21	0.96
50	156.48	2898.40	2901.26	2900.95	2901.59	2.76	68.01	47.96	0.62
0	156.48	2897.62	2899.43	2899.43	2899.99	3.32	47.10	42.52	1.01

RESULTADOS DEL MODELAMIENTO HIDRAULICO CON HEC RAS PARA TR= 100 AÑOS

seccion	Q m3/s	Cota min. m.	cota espejo m.	tirante crítico m.	Linea de energia m.	Velocidad m/s	Área sección m2.	Espejo de agua m.	Nº Froude
1967	174.98	2945.68	2949.11	2949.11	2949.99	4.22	45.58	31.32	0.85
1950	174.98	2945.60	2948.81	2948.81	2949.68	4.21	45.07	28.82	0.89
1900	174.98	2944.87	2947.84	2947.84	2948.93	4.61	37.93	17.73	1.01
1850	174.98	2943.99	2947.03	2947.03	2948.12	4.66	38.76	18.26	1.00
1800	174.98	2943.10	2945.21	2945.21	2946.03	4.00	43.77	27.14	1.01
1750	174.98	2941.27	2943.84	2943.84	2944.45	3.46	50.53	42.27	1.01
1700	174.98	2940.22	2942.15	2942.15	2942.74	3.41	51.27	44.01	1.01
1650	174.98	2937.86	2940.28	2940.28	2940.79	3.24	59.02	60.52	0.91
1600	174.98	2937.67	2939.12	2939.12	2939.64	3.19	54.85	53.77	1.01
1550	174.98	2935.70	2937.63	2937.52	2938.12	3.12	56.03	44.35	0.89
1500	174.98	2934.76	2936.75	2936.75	2937.60	4.09	43.17	26.08	1.00
1450	174.98	2932.83	2935.04	2935.04	2935.81	3.90	44.97	30.11	1.00
1400	174.98	2931.14	2934.12	2934.12	2934.70	3.39	51.62	23.70	0.73
1350	174.98	2930.75	2933.42	2933.42	2934.31	4.17	42.44	26.40	0.98
1300	174.98	2929.69	2932.23	2932.23	2933.06	4.03	43.80	29.25	0.98
1250	174.98	2928.72	2931.44	2931.44	2932.14	3.86	53.07	50.80	0.88
1200	174.98	2927.50	2929.99	2929.99	2930.53	3.40	60.61	67.92	0.82
1150	174.98	2926.77	2928.87	2928.87	2929.34	3.18	62.63	67.05	0.88
1100	174.98	2925.65	2927.54	2927.54	2928.10	3.30	52.98	49.04	1.01
1050	174.98	2923.75	2925.81	2925.81	2926.39	3.37	51.92	45.90	1.01
1000	174.98	2922.78	2925.04	2925.04	2925.69	3.57	49.20	39.20	0.99
950	174.98	2921.71	2923.84	2923.84	2924.42	3.36	52.89	49.71	0.99
900	174.98	2920.58	2922.74	2922.62	2923.17	2.93	61.30	53.76	0.83
850	174.98	2919.75	2922.01	2922.01	2922.71	3.74	48.94	37.65	0.96
800	174.98	2917.98	2920.24	2920.13	2920.84	3.45	52.48	36.96	0.86
750	174.98	2917.02	2919.38	2919.38	2920.33	4.32	40.48	21.48	1.01
700	174.98	2915.34	2918.04	2918.04	2918.90	4.11	43.42	27.17	0.97
650	174.98	2914.41	2916.68	2916.68	2917.26	3.57	55.04	47.60	0.95
600	174.98	2913.05	2915.07	2915.07	2915.71	3.59	51.86	42.15	0.94
550	174.98	2911.59	2913.98	2913.98	2914.61	3.52	50.16	41.66	1.00
500	174.98	2910.27	2912.92	2912.92	2913.79	4.15	42.19	24.09	1.00
450	174.98	2909.08	2911.21	2911.21	2911.91	3.71	47.22	34.53	1.01
400	174.98	2907.61	2909.56	2909.56	2910.30	3.81	45.91	31.47	1.01
350	174.98	2906.42	2908.57	2908.57	2909.25	3.70	49.19	36.55	0.97
300	174.98	2904.93	2907.41	2907.22	2908.09	3.64	48.11	26.80	0.86
250	174.98	2903.25	2906.40	2906.40	2907.57	4.79	36.57	15.82	1.00
200	174.98	2902.55	2904.36	2904.36	2904.96	3.51	51.51	43.22	1.02
150	174.98	2901.09	2903.31	2903.31	2904.14	4.03	43.61	27.94	1.00
100	174.98	2899.68	2902.28	2902.28	2903.08	4.01	45.87	32.63	0.94
50	174.98	2898.40	2901.43	2901.04	2901.75	2.77	75.97	48.19	0.59
0	174.98	2897.62	2899.52	2899.52	2900.12	3.42	51.09	43.54	1.01

b. Cuadros de áreas de inundación

RESULTADOS DEL MODELAMIENTO HIDRAULICO CON HEC RAS PARA TR= 20 AÑOS						
seccion	Q m3/s	Cota min. m.	cota espejo m.	Tirante m.	Sector de inundación	Área de inundación LI m2.
1967	153.25	2945.68	2948.88	3.20	S-01	174.52
1950	153.25	2945.60	2948.62	3.02		
1900	153.25	2944.87	2947.65	2.78		
1850	153.25	2943.99	2946.83	2.84		
1800	153.25	2943.10	2945.06	1.96		
1750	153.25	2941.27	2943.72	2.45	S-02	6987.17
1700	153.25	2940.22	2942.04	1.82		
1650	153.25	2937.86	2940.20	2.34		
1600	153.25	2937.67	2939.03	1.36		
1550	153.25	2935.70	2937.45	1.75		
1500	153.25	2934.76	2936.60	1.84		
1450	153.25	2932.83	2934.91	2.08		
1400	153.25	2931.14	2933.96	2.82		
1350	153.25	2930.75	2933.24	2.49		
1300	153.25	2929.69	2932.06	2.37	S-03	1117.46
1250	153.25	2928.72	2931.38	2.66		
1200	153.25	2927.50	2929.77	2.27		
1150	153.25	2926.77	2928.78	2.01		
1100	153.25	2925.65	2927.44	1.79		
1050	153.25	2923.75	2925.71	1.96		
1000	153.25	2922.78	2924.90	2.12		
950	153.25	2921.71	2923.74	2.03		
900	153.25	2920.58	2922.60	2.02		
850	153.25	2919.75	2921.88	2.13		
800	153.25	2917.98	2920.02	2.04	S-04	2723.98
750	153.25	2917.02	2919.20	2.18		
700	153.25	2915.34	2917.86	2.52		
650	153.25	2914.41	2916.54	2.13		
600	153.25	2913.05	2914.96	1.91		
550	153.25	2911.59	2913.87	2.28		
500	153.25	2910.27	2912.74	2.47		
450	153.25	2909.08	2911.09	2.01		
400	153.25	2907.61	2909.43	1.82		
350	153.25	2906.42	2908.44	2.02		
300	153.25	2904.93	2907.10	2.17		
250	153.25	2903.25	2906.18	2.93		
200	153.25	2902.55	2904.24	1.69	S-05	3680.25
150	153.25	2901.09	2903.17	2.08		
100	153.25	2899.68	2902.10	2.42		
50	153.25	2898.40	2901.28	2.88		
0	153.25	2897.62	2899.41	1.79		
ÁREA TOTAL DE INUNDACIÓN CON TR 20 AÑOS m2.						14,683.38

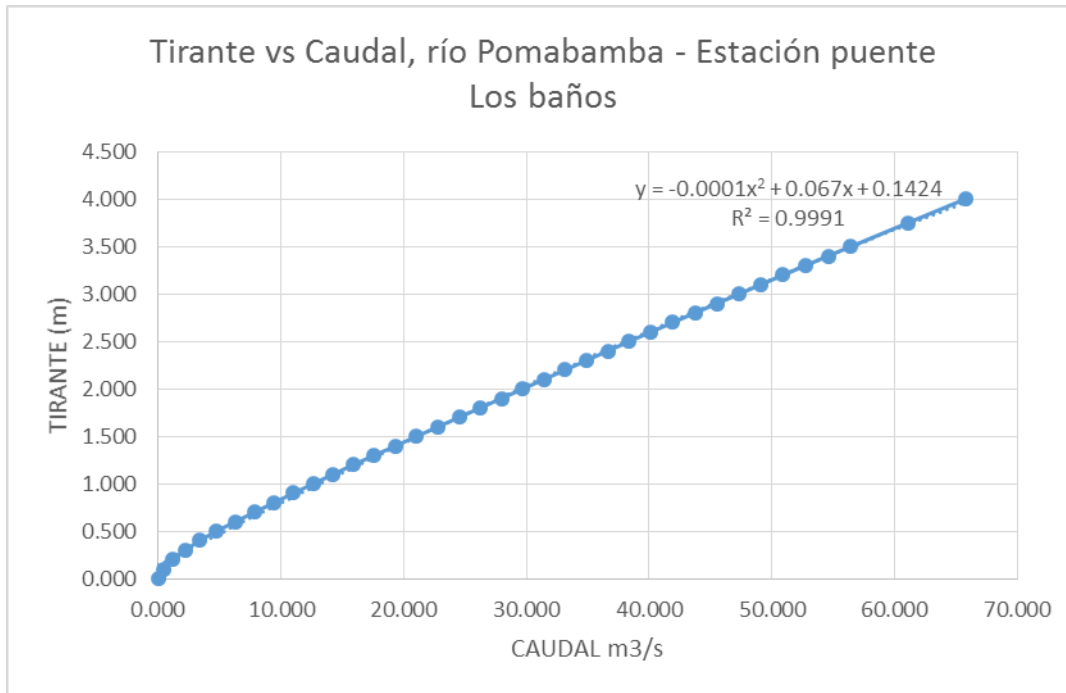
RESULTADOS DEL MODELAMIENTO HIDRAULICO CON HEC RAS PARA TR= 50 AÑOS

seccion	Q m3/s	Cota min. m.	cota espejo m.	Tirante m.	Sector de inundación	Área de inundación LI m2.
1967	172.43	2945.68	2949.10	3.42	S-01	256.12
1950	172.43	2945.60	2948.79	3.19		
1900	172.43	2944.87	2947.82	2.95		
1850	172.43	2943.99	2947.00	3.01		
1800	172.43	2943.10	2945.20	2.10		
1750	172.43	2941.27	2943.82	2.55	S-02	7899.46
1700	172.43	2940.22	2942.14	1.92		
1650	172.43	2937.86	2940.27	2.41		
1600	172.43	2937.67	2939.11	1.44		
1550	172.43	2935.70	2937.60	1.90		
1500	172.43	2934.76	2936.73	1.97		
1450	172.43	2932.83	2935.03	2.20		
1400	172.43	2931.14	2934.10	2.96		
1350	172.43	2930.75	2933.40	2.65		
1300	172.43	2929.69	2932.21	2.52	S-03	5010.47
1250	172.43	2928.72	2931.43	2.71		
1200	172.43	2927.50	2929.98	2.48		
1150	172.43	2926.77	2928.85	2.08		
1100	172.43	2925.65	2927.53	1.88		
1050	172.43	2923.75	2925.79	2.04		
1000	172.43	2922.78	2925.02	2.24		
950	172.43	2921.71	2923.84	2.13		
900	172.43	2920.58	2922.71	2.13		
850	172.43	2919.75	2922.00	2.25		
800	172.43	2917.98	2920.22	2.24	S-04	4404.87
750	172.43	2917.02	2919.36	2.34		
700	172.43	2915.34	2918.02	2.68		
650	172.43	2914.41	2916.65	2.24		
600	172.43	2913.05	2915.06	2.01		
550	172.43	2911.59	2913.98	2.39		
500	172.43	2910.27	2912.89	2.62		
450	172.43	2909.08	2911.20	2.12		
400	172.43	2907.61	2909.55	1.94		
350	172.43	2906.42	2908.56	2.14		
300	172.43	2904.93	2907.38	2.45	S-05	4298.80
250	172.43	2903.25	2906.37	3.12		
200	172.43	2902.55	2904.33	1.78		
150	172.43	2901.09	2903.30	2.21		
100	172.43	2899.68	2902.27	2.59		
50	172.43	2898.40	2901.44	3.04		
0	172.43	2897.62	2899.52	1.90		
ÁREA TOTAL DE INUNDACIÓN CON TR 20 AÑOS m2.						21,869.71

RESULTADOS DEL MODELAMIENTO HIDRAULICO CON HEC RAS PARA TR= 100 AÑOS

seccion	Q m3/s	Cota min. m.	cota espejo m.	Tirante m.	Sector de inundación	Área de inundación LI m2.
1967	188.61	2945.68	2949.24	3.56	S-01	336.19
1950	188.61	2945.60	2948.93	3.33		
1900	188.61	2944.87	2947.96	3.09		
1850	188.61	2943.99	2947.15	3.16		
1800	188.61	2943.10	2945.30	2.20		
1750	188.61	2941.27	2943.90	2.63	S-02	8435.98
1700	188.61	2940.22	2942.21	1.99		
1650	188.61	2937.86	2940.34	2.48		
1600	188.61	2937.67	2939.17	1.50		
1550	188.61	2935.70	2937.73	2.03		
1500	188.61	2934.76	2936.84	2.08		
1450	188.61	2932.83	2935.12	2.29		
1400	188.61	2931.14	2934.20	3.06		
1350	188.61	2930.75	2933.54	2.79		
1300	188.61	2929.69	2932.34	2.65	S-03	6169.14
1250	188.61	2928.72	2931.49	2.77		
1200	188.61	2927.50	2930.06	2.56		
1150	188.61	2926.77	2928.91	2.14		
1100	188.61	2925.65	2927.61	1.96		
1050	188.61	2923.75	2925.87	2.12		
1000	188.61	2922.78	2925.12	2.34		
950	188.61	2921.71	2923.91	2.20		
900	188.61	2920.58	2922.81	2.23		
850	188.61	2919.75	2922.09	2.34		
800	188.61	2917.98	2920.38	2.40		
750	188.61	2917.02	2919.49	2.47		
700	188.61	2915.34	2918.16	2.82		
650	188.61	2914.41	2916.73	2.32		
600	188.61	2913.05	2915.15	2.10		
550	188.61	2911.59	2914.05	2.46		
500	188.61	2910.27	2913.01	2.74		
450	188.61	2909.08	2911.28	2.20		
400	188.61	2907.61	2909.64	2.03		
350	188.61	2906.42	2908.65	2.23		
300	188.61	2904.93	2907.58	2.65		
250	188.61	2903.25	2906.53	3.28		
200	188.61	2902.55	2904.41	1.86	S-05	5038.77
150	188.61	2901.09	2903.41	2.32		
100	188.61	2899.68	2902.38	2.70		
50	188.61	2898.40	2901.57	3.17		
0	188.61	2897.62	2899.58	1.96		
ÁREA TOTAL DE INUNDACIÓN CON TR 20 AÑOS m2.						25,197.35

Anexo 06.- aporte científico para la comunidad.



Imágenes del antes y después de la instalación de la regla Limnimétrica

Anexo 07.- verificación de la huella máxima histórica del río Pomabamba

RESULTADOS DEL MODELAMIENTO HIDRAULICO CON HEC RAS PARA TR= 100 AÑOS									
seccion	Q m3/s	Cota min. m.	cota espejo m.	tirante crítico m.	Linea de energía m.	Velocidad m/s	Área sección m2.	Espejo de agua m.	Nº Froude
950	174.98	2921.71	2923.84	2923.84	2924.42	3.36	52.89	49.71	0.99



Fotografías que evidencian la huella histórica de un caudal máximo, aproximado de TR 100 años, con altitud de 2923.84msnm