



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Métodos Estadísticos para la estimación del caudal de diseño del río Moche, La  
Libertad - 2021

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO  
DE :

**Bachiller en Ingeniería Civil**

**AUTORES:**

Andrade Cordova, Sergio Alberto (orcid.org/0000-0002-1709-1530)

Blas Sandoval, Jessica Saray (orcid.org/ 0000-0003-4667-4695)

Correa Oyola, Izry Ely (orcid.org/ 0000-0001-6696-5153)

Rodriguez Angeles, Cristhian Andres (orcid.org/0000-0002-0459-3937)

**ASESOR:**

Mg. Farfan Cordova, Marlon Gaston (orcid.org/0000-0001-9295-5557)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

DISEÑO DE OBRAS HIDRÁULICAS Y SANEAMIENTO

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo Económico, Empleo y Emprendimiento

TRUJILLO-PERÚ

2021

## **Dedicatoria**

Dedico esta investigación a mi difunta abuela por haberme cuidado y apoyado desde los comienzos de mi vida universitaria e inculcarme el respeto y la honestidad que pongo en práctica cada día.

Sergio Andrade.

Dedico especialmente al forjador de mi camino, y a mi padre celestial, la cual es el que me acompaña y cada vez que tropiezo me da la mano para seguir adelante, así mismo a mis padres por el principal cimiento en el camino de mi vida profesional, la cual es mi base de responsabilidad y deseos de superación.

Izry Correa.

Dedico este trabajo de investigación a mis padres por su constante apoyo incondicional durante mi formación profesional.

Jessica Blas.

La presente investigación va dedicada a mis padres quienes me demostraron que no existen límites para poder lograr las metas y objetivos que uno puede trazarse, y a mi hermano.

Cristhian Rodriguez.

## **Agradecimiento**

Agradecemos a Dios y de manera muy especial a nuestro asesor el Ing. Marlon Gastón Farfán Córdova quien desde un inicio nos ha guiado y apoyado en todo el desarrollo de nuestro trabajo de investigación.

Así como también agradecemos a las personas que aportaron en el desarrollo del informe y a la Universidad César Vallejo por brindarnos los recursos necesarios para el desarrollo de nuestro trabajo de investigación.

## Índice de Contenido

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de Contenido .....	iv
Índice de Tablas .....	v
Resumen .....	vi
Abstract.....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA .....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	11
3.2. Variables y operacionalización .....	12
3.3. Población, muestra y muestreo.....	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	13
3.5. Procedimientos .....	13
3.6. Método de análisis de datos.....	13
3.7. Aspectos éticos.....	14
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	15
4.1. Resultados.....	15
4.1.1. Cálculo de los caudales máximos de diseño mediante el Método Gumbel .....	15
4.1.2. Cálculo de los caudales máximos de diseño mediante el método de Nash .....	17
4.1.3. Cálculo de los caudales máximos de diseño mediante el método de Lebediev .....	21
4.1.4. Comparación de los datos .....	23
4.2. Discusión .....	24
4.2.1. Discusión 1.....	24
4.2.2. Discusión 2.....	24
4.2.3. Discusión 3.....	25
4.2.4. Discusión 4.....	25
V. CONCLUSIONES.....	26
VI. RECOMENDACIONES.....	27
REFERENCIAS .....	28
ANEXO .....	

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Principales características geomorfológicas .....	7
<b>Tabla 2.</b> Método de Gumbel .....	16
<b>Tabla 3.</b> Método de Nash.....	20
<b>Tabla 4.</b> Método de Lebediev.....	22
<b>Tabla 5.</b> Comparación de Caudales de Diseño .....	23

## Resumen

Una alternativa de solución ante sucesos de aumento de caudales, es la construcción de obras hidráulicas la cual permite la seguridad y el bienestar de la población. Por ello, el objetivo de este proyecto de investigación es determinar caudales de diseño del río Moche en un periodo de retorno de 50, 75 y 100 años, empleando métodos estadísticos como Gumbel, Nash y Lebediev. Donde fue necesario la recolección de registros hidrométricos de la estación Quirihuac dadas por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) con una antigüedad mayor a 50 años. A partir de los cálculos realizados se obtuvo que el método de Gumbel tuvo un caudal máximo de diseño de 30.77 m<sup>3</sup>/s, 32.78 m<sup>3</sup>/s, 34.20 m<sup>3</sup>/s para los períodos mencionados respectivamente. En comparación con los resultados obtenidos por el método de Nash son ligeramente inferiores por lo que también podría ser considerado factible en su aplicación. Finalmente se concluye que el método de Gumbel sería el más eficiente para proyectos y estudios de investigación relacionados con la ingeniería hidráulica.

**Palabras clave:** Caudal de diseño, tiempo de retorno y métodos estadísticos.

## **Abstract**

An alternative solution in the event of increased flow events is the construction of hydraulic structures, which allows for the safety and well-being of the population. Therefore, the objective of this research project is to determine design flows of the Moche River in a return period of 50, 75 and 100 years, using statistical methods such as Gumbel, Nash and Lebediev. It was necessary to collect hydrometric records from the Quirihuac station provided by the Autoridad Nacional del Agua (ANA) with an age greater than 50 years. From the calculations performed, it was obtained that the Gumbel method had a maximum design flow of 30.77 m<sup>3</sup>/s, 32.78 m<sup>3</sup>/s, 34.20 m<sup>3</sup>/s for the periods mentioned respectively. In comparison with the results obtained by the Nash method are slightly lower so it could also be considered feasible in its application. Finally, it is concluded that the Gumbel method would be the most efficient method for projects and research studies related to hydraulic engineering.

**Keywords:** Design flow, return time and statistical methods.

## I. INTRODUCCIÓN

Nuestro país es considerado por muchos como un país rico y variado debido a la gran cantidad de recursos naturales que posee, sin embargo, no todos los peruanos sentimos que esto sea así. Uno de los recursos de vital importancia para el ser humano es el agua, el Perú se ubica entre los diez países a nivel mundial con mayores reservas tanto en la superficie como subsuelo.

Increíblemente, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2020) “sólo el 90.8 % de la población tiene acceso a un suministro de agua, mientras que el resto se ve en la necesidad de conseguirla de algún otro modo”. El mal manejo de los recursos naturales a lo largo de los años es una de las razones principales por las que nuestro país tiene un lento desarrollo económico, en algunas ciudades se desperdicia el agua mientras que en otras este líquido es muy escaso y preciado.

El Perú cuenta con tres vertientes hidrográficas, la vertiente del Pacífico nace en la cordillera de los Andes y desemboca en el Océano Pacífico, debido a la geografía solo la costa tiene acceso a su caudal, en la costa peruana se realizan la mayoría de las actividades económicas, por ende, es la región con la mayor demanda de agua. En un informe elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2009) señala que “Solo el 2% del volumen de agua disponible en la vertiente del Pacífico es aprovechada por la población y existen zonas extremas donde el recurso hídrico es escaso”.

Según el Gobierno regional de La Libertad (2017), ocho provincias se vieron grandemente afectadas por el evento climático llamado Fenómeno del Niño Costero, entre ellos tenemos a Trujillo cuyos distritos Trujillo, Laredo, Moche tras las crecidas de los caudales a causa de las intensas lluvias que se vinieron dando en la costa oeste del Perú

generaron la activación de quebradas y ríos, como el Río Moche, la quebrada San Idelfonso, San Carlos y El León, dando lugar a desbordes e inundaciones. Solano (2019) concluye que las autoridades no están aplicando de manera correcta la ley N° 29664, Ley del sistema nacional de la gestión del riesgo de desastres. Por ello, es imperativo que se realice un estudio a fondo con el fin de conocer el comportamiento del cauce, donde posteriormente en base a estos datos se logre un correcto aprovechamiento del recurso hídrico mediante la construcción de una obra hidráulica realizada.

La estadística surge de la necesidad de recopilar, analizar, interpretar y a la vez representar los datos mediante procedimientos que éstas precisan para poder comprenderlas la cual se emplearía para hacer predicciones de cambios del río moche en relación a un futuro. Según Villón (2011) “Los métodos estadísticos se basan en considerar que el caudal máximo anual es una variante aleatoria que tiene una cierta distribución.” Se debe tener en consideración que la data recopilada tendrá un rol fundamental, es importante contar con la mayor cantidad de registros pasados, esto aportará en la aproximación del cálculo del caudal. En base a la recopilación de datos del caudal y su posterior análisis. Se puede obtener una mejor distribución del recurso hídrico para el sector agrícola, dando así importantes beneficios económicos a la población cercana.

Frente a esta situación planteamos como problema de investigación: ¿De qué manera los métodos estadísticos ayudarían a la estimación del caudal de diseño del río Moche?. Debido a esto justificamos nuestro trabajo de investigación en los aspectos teórico, social y económico. En lo teórico se emplearon métodos estadísticos para la estimación de caudales máximos en diferentes periodos de retorno, además, se hará un análisis del resultado obtenido para la estimación del caudal de diseño, con la finalidad de aportar conocimientos necesarios para el manejo adecuado del recurso hídrico del río moche. En cuanto al aspecto Social está basado en la información recolectada, se realizó un

análisis, permitiendo que se planifiquen acciones ante posibles crecidas o desbordes que pongan en riesgo las pistas, siembras, y hogares cercanos al río. Por último, el aspecto económico basado en los resultados obtenidos se puede elaborar planes de aprovechamiento del recurso hídrico, para el sector agricultura y ganadería, así como también para el consumo humano.

Para ello el Objetivo General del trabajo de investigación es Estimar mediante métodos estadísticos el caudal de diseño del Río Moche, en función de los siguientes objetivos específicos: Determinar los caudales máximos mediante el método de Gumbel, Calcular los caudales máximos mediante el método de Nash, Determinar los caudales máximos mediante el método de Lebediev, Evaluar los métodos estadísticos empleados en la estimación de los caudales máximos y realizar una comparación entre los resultados obtenidos e identificar los diferentes factores que influyen en una variación anormal del caudal máximo del río Moche.

Frente a la problemática presentada, planteamos la siguiente hipótesis, los resultados obtenidos por los métodos estadísticos estimarán caudales similares en la cuenca del río Moche en diferentes periodos de retorno.

## II. MARCO TEÓRICO

En el ámbito internacional, Cajamarca (2017) plantea en su proyecto de investigación determinar el balance hídrico a través de la recopilación de datos meteorológicos debido a la poca información de parte del INAMHI. Por ello, se planteó evaluar la disponibilidad del recurso hídrico en una área y periodo determinado completando datos de precipitación y temperatura por medio de métodos estadísticos como regresión lineal. Luego de esto se analizaron las características del suelo en la zona de estudio para determinar el caudal máximo y así poder realizar el balance hídrico. Con este balance se definieron las estaciones secas y húmedas realizando así una primera estimación del balance hídrico para la buena administración del recurso agua.

Además, según Aveiga y Caiza (2018) en su tesis mencionan que en base a información hidrológica y meteorológica obtenidos del INAMHI se llevó a cabo la comparación de análisis entre los resultados de los modelos hidrológicos globales: GR4J, AWBM, Tank Model. Esto con el fin de establecer la similitud representada en porcentaje entre las crecidas máximas por un tiempo de 100 años. Debido a que estos modelos no son muy conocidos en el país y se busca establecer cuál de ellos se acerca más a la realidad. Por ello, se realizó la curva de Gumbel con datos máximos, para así poder relacionarlo con el caudal medio y conseguir coeficientes de proporcionalidad. Finalmente recomiendan el uso del modelo AWBM, pero para cuencas cuyas características geomorfológicas sean similares a la del estudio ya que este cuenta con un error mínimo con respecto a los demás modelos empleados.

En el ámbito nacional, Liendo y Neyra (2019) mencionan que ante riesgos y vulnerabilidades por eventos hidrológicos poco predecibles por los deficientes datos hidrométricos en varias cuencas de la costa peruana, realizaron la modelación probabilística de caudales máximos con el fin de aumentar la fiabilidad de la estimación, dividiendo la vertiente del pacifico en zona norte, centro y sur. Por ello, para el análisis

de frecuencias se usaron métodos como: Gumbel, entre otros y caudales máximos por año y diarios de 33 estaciones hidrológicas. En base a los resultados del estudio de frecuencias, en base al test de Kolmogorov Smirnov, metodología gráfica y coeficientes de correlación para un periodo de 49 años, se determinó que la Distribución Extrema Tipo I (Gumbel) es el que mejor coincide con los datos hidrométricos estudiados. De esta forma se podrá establecer caudales de diseño para obras hidráulicas.

Asimismo, teniendo en cuenta a Medina y Serrano (2019) en su tesis propusieron usar enrocado como estructuras de protección, ante los continuos desbordes del río a causa de fuertes precipitaciones acontecidas en la cuenca La Leche. Ante esto se realizó una estimación hidráulica mediante Hec-ras y con la crecida de diseño obtenido por los métodos estadísticos Gumbel, Lebediev, Nash y log Pearson tipo III empleando las crecientes máximas producto del estudio hidrológico. También se establecieron dimensiones del cauce para proceder con el diseño luego estudiar su estabilidad con ayuda del software River y Slide. Sin embargo, recomiendan al SENAMHI la implementación de más estaciones en la cuenca para la recopilación de mayores datos hidrométricos y poder realizar mejores estimaciones de caudales para así diseñar estructuras en el río de estudio.

En el ámbito local, Huancas (2019) propuso construir estructuras para proteger las crecidas y el modelamiento hidráulico del río Reque a través de software como River y Hec ras respectivamente, con el propósito de identificar zonas críticas y poder prevenir desbordamientos por las avenidas máximas. Además, por la falta de obras de este tipo, se vienen generando pérdidas de cultivos. Por ello fue necesario el uso de métodos estadísticos como el de Gumbel, Nash Y Lebediev para poder estimar el caudal de diseño para diferentes periodos en base a datos registrados por la estación Monsefú Reque desde 2006-2017. Luego de procesar los datos de los estudios topográficos e hidrológicos se planteó diseñar diques de enrocado lateral en cada punto crítico.

En muchos de los casos plantear embalses permite la reducción de energía potencial y cinética del agua como lo menciona Bernuy (2019), La regulación de caudales permite almacenar el recurso durante meses del año hidrológico donde la precipitación supera las demandas, y utilizar dicha reserva durante el periodo estival, cuando las demandas superan al volumen de agua disponible. Para ello se realizó el cálculo de caudales máximo y de diseño para estimar a futuro un posible embalse del río Rímac, ya que muchos años atrás se tiene problemas por la gran demanda de agua para el uso poblacional y para la actividad agrícola, siendo así en mucho de los casos no se daba un uso adecuado del agua al 100%, sino que se desperdiciaba en tiempos de crecida del río.

Según Hurtado (2019), en su tesis plantea que ante la problemática ambiental que viene generando la minería con respecto a la calidad y disponibilidad del agua se genera la necesidad de formalizar obras como presas de relaves que minimice los daños ambientales que esta actividad produce. Por ello se realizó el análisis hídrico para determinar las características y requisitos para el diseño de la Presa de relaves. Gracias a esto se obtuvo como resultados un modelamiento de balance hídrico apropiado para estimar caudales máximos para condiciones de diseño previo. Además, el modelo hidrológico Soil Moisture Method efectuado en el software WEAP hizo posible estimar debidamente caudales históricos que fueron necesarios para el cálculo del balance hídrico.

– Características Hidrográficas y Geomorfológicas

La cuenca hidrográfica es la delimitación de áreas de terreno por aguas divisorias drenados por un río (Prieto, 2002). La cuenca hidrográfica Moche, pertenece a la Autoridad Local del Agua Moché-Virú-Chao y se ubica en la región hidrográfica del Pacífico. El río Moche nace en Laguna Grande sobre los 3998 m.s.n.m. en el distrito de Quiruvilca provincia de Santiago de Chuco desembocando en el Océano Pacífico (Vargas, 2015).

**Tabla 1.** Principales características geomorfológicas

Características Geomorfológicas de la Cuenca	Valor
Área (km <sup>2</sup> )	2,115.00
Perímetro (km)	264.28
Longitud río (km)	109.87
Pendiente cauce principal (%)	3.73
Ancho Promedio (km)	19.25
Índice Compacidad o coeficiente de Gravelius (kc)	1.62
Rectángulo Equivalente, lado mayor (km)	113.51
Rectángulo Equivalente, lado menor (km)	18.63
Tiempo de Concentración (minutos)	526.00
Tiempo de Concentración (metodología)	Kirpich

Fuente: Autoridad Nacional del Agua

Según un diagnóstico hídrico realizado por SEDALIB S.A, el río moche no posee una capacidad de autorregulación en cuanto al caudal se refiere, ya que este varía según la época del año, en tiempo de lluvia aumenta mientras que no hay lluvias, el caudal llega ser casi nulo (por SEDALIB S.A, 2018, p. 11). No obstante, decir que el caudal será bajo o será elevado según la estación, es de poca ayuda si se tiene planeado la construcción de alguna estructura hidráulica porque para ello son necesario valores numéricos que permitan el diseño.

Si bien es cierto que los datos del registro de precipitaciones y caudal que pasa por el río Moche son obtenidos directamente de páginas de instituciones del estado como SENAMHI y ANA. Cabe mencionar que este caudal será una condición necesaria para cualquier estudio hidráulico (Soto,2016). También es cierto que para este trabajo es necesario que los datos sean procesados de tal forma que se puedan interpretar y sintetizar. Para ello haremos emplearemos la estadística, específicamente la inferencial, la cual, se emplea para hacer inferencias sobre la población y sus características, además, tiene como objetivo hacer predicciones y sacar conclusiones a raíz de los datos contenidos en la muestra (Mendenahall, Beaver y Beaver, 2015, p. 4). Dicho de otro modo, en base a la información de años anteriores obtenida de la estación meteorológica, la estadística inferencial nos ayudará a modelar y sintetizar para estimar los mismos datos, pero a futuro. El caudal de diseño, se concibe como el volumen de agua que pasa por la estructura en un tiempo determinado asociando las probabilidades de que ocurra un caudal máximo producto de alguna crecida. Este valor es de suma importancia para poder fijar el costo y la magnitud de la estructura y es por eso que debe ser lo más preciso posible.

Concretamente, dentro del contexto de los métodos, se debe aclarar que existen varios de ellos y que sirven para nuestro propósito, el cual recordemos es determinar el caudal de diseño. Para fines de algún estudio hidráulico es recomendable obtener dos caudales de diseño para el caso de defensas ribereñas, que servirán para el análisis de máximas avenidas y dimensionamiento de estas estructuras (Otiniano y Cielo,2016). Al realizar el diseño de un puente se toma en cuenta un riesgo de inundación, para ello se deberá tomar el caudal más severo en un periodo de 100 años (MTC, 2018). Para fines de aplicación en la hidrología en base al tipo de distribución que queremos realizar, nos centraremos sólo en tres métodos, siendo el primero el Método de Gumbel, la cual fue formulada por Gumbel en el año 1941 es una distribución de valores extremos o también llamada distribución

logarítmica normal; y que para calcular el caudal máximo en un cierto periodo de retorno se usará la siguiente ecuación:

$$Q_{m\acute{a}x} = Q_m - \frac{\sigma_Q}{\sigma_N} (Y_N - \ln T)$$

En esta ecuación se emplean datos como los años de registro que se tiene, los caudales anuales y el promedio, la desviación estándar de los caudales además de ciertas constantes; cabe destacar que este método se aplica en cosas muy prácticas como la distribución del nivel máximo de un río o la intensidad máxima de precipitación (Ramirez, Ghanem y Lárez, 2016, p. 3).

De una manera similar tenemos el método de Nash ya que en ambos se considera una distribución de valores extremos, pero el criterio de Nash es menos rígido que el de Gumbel, permitiendo hacer un ajuste a la distribución por mínimos cuadrados; en este método se plantea la siguiente ecuación para hallar el caudal en un determinado periodo de retorno que es el intervalo de tiempo en años (Quiroz y Robles,2021).

$$Q_{m\acute{a}x} = a + b \log \log \frac{T}{T-1}$$

Donde al igual que Gumbel, se hace uso del periodo de retorno y los caudales anuales máximos registrados, pero, además, se emplean unas constantes en función del registro de los caudales máximos anuales (Maximo Villón, 2002, p.139).

Por último, tenemos el método de Lebediev, que difiere un poco de los anteriores ya que en este método se opta por suponer que los caudales máximos anuales son como variables aleatorias usando la distribución de Pearson tipo III; así pues, el caudal de diseño para cierto periodo de retorno se obtendrá de la siguiente fórmula:

$$Q_d = Q_{m\acute{a}x} + \Delta Q$$

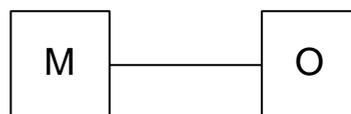
Siendo los términos encontrados en la ecuación el caudal máximo y el incremento o variación de caudales; al igual que los otros métodos, este nos ayudará a dibujar la curva de distribución de probabilidad de los caudales máximos alargando su extremo hasta lograr el periodo de retorno al que se desea evaluar. (Maximo Villón, 2002, p.141).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación del presente trabajo es básica, según Muntané (2010), también puede ser llamada “pura, teórica o dogmática”. Además, Sabino (1992), sostiene que estas investigaciones son aquellas donde los conocimientos no se aplican inmediatamente. Sin embargo, no significa que su práctica o resultados no se empleen para fines determinados. Por lo tanto, se podría decir que se llevan a cabo con el fin de aumentar el conocimiento a partir del conocimiento existente por lo que no resuelve problemas de forma directa.

Según, Hernández et al. (2014), la investigación no experimental es analizar fenómenos en su contexto mediante la observación, donde no es posible manipular las variables independientes. Dentro de este diseño tenemos las investigaciones descriptivas que usan criterios sistemáticos para manifestar el comportamiento de dichos fenómenos estudiados, también se consideran como investigación descriptiva a diagnósticos que realizan consultores y planificadores que realizan descripciones organizadas y completas de una situación específica, donde esto les permite trazar proyecciones u ofrecer recomendaciones específicas (Sabino, 1992). Su esquema es el siguiente:



Donde:

M: Registro hidrométrico de la estación Quirihuac entre los años 1950-2020.

O: Métodos estadísticos: Gumbel, Nash y Lebediev

### 3.2. Variables y operacionalización

Las variables de estudio son: Caudal de diseño y Métodos estadísticos clasificadas variables cuantitativas.

Las dimensiones que abarcan las variables son caudal de diseño y sus indicadores periodo de retorno y caudal medio; Métodos estadísticos y sus indicadores son método de Gumbel, Método de Nash y Método de Lebediev. La operacionalización de variables se encuentra en el Anexo 1.

### 3.3. Población, muestra y muestreo

- Población: Registro de precipitaciones de la estación Quirihuac entre los años 1960-2020. La estación toma los datos diarios del caudal que pasa por el río Moche producto de las precipitaciones. La población está delimitada por la problemática y los objetivos (Fidias,2012)
  - Criterios de inclusión: Se tomaron los datos desde hace 60 años en adelante
  - Criterios de exclusión: Los valores antes de 1960 no se consideraron.
- Muestra: Registro de precipitaciones de la estación Quirihuac entre los años 1960-2020. La estación toma los datos diarios del caudal que pasa por el río Moche producto de las precipitaciones.
- Muestreo: Muestreo aleatorio simple. Es necesario tomar todo el registro de los caudales puesto que así lo requieren los métodos de análisis que usarán más adelante.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La manera de obtener los datos fue a través del Análisis documental, ya que este tipo de recolección es dada por el análisis de registro del ANA.

Instrumentos: Ficha de registro de documentación-Microsoft Excel (Anexo 2).

### 3.5. Procedimientos

Posteriormente cuando se plantea las bases teóricas la cual están ubicadas dentro marco teóricos, derivó al estudio de dichos métodos de forma contextual para el tema a indagar, se realizará los cálculos con los diversos métodos que encontramos en cuanto a designación de caudal de diseño y periodo de retorno, analizando la data obtenida de la estación de QUIRIHUAC se logra facilitar el promedio diario de caudal del Río Moche desde los años 1950 hasta 2020, para luego emplearse en los métodos estadísticos para obtener la estimación de los caudales máximos, así mismo realizar una comparación entre los resultados obtenidos y así establecer los factores que influyen en la variación del caudal del Río Moche. Establecidos los resultados, dicha información podrá ser útil para futuros proyectos empleados para el mejoramiento ya sea económico a la población de la región La Libertad.

### 3.6. Método de análisis de datos

En cuanto al procesamiento de datos se implementó la estadística descriptiva cuyo objetivo es calcular los caudales de diseño probabilísticos. Para la obtención de la información nos apoyamos en los registros históricos de la base de datos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), a partir de los registros de caudales diarios obtenidos de la estación Quirihuac entre los años 1950-2020, se procedió a calcular el caudal medio para los distintos periodos de retorno de 50,75 y 100 años. Para ello se usó los métodos probabilísticos con ayuda del programa Microsoft Excel para dichos cálculos.

### 3.7. Aspectos éticos

Para la estimación de caudales en los diferentes periodos de retorno se emplearon métodos estadísticos confiables como el método de Gumbel, Nash y Lebediev. Además, la base de datos de caudales diarios entre los periodos 1950-2020, fueron obtenidos de los registros de la entidad ANA, por lo que no hubo modificación alguna para los cálculos realizados. También, la estructura del presente trabajo de investigación se desarrolló según la guía académica establecida por la Universidad César Vallejo. Finalmente se registraron los autores según las fuentes consultadas o citadas.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Resultados

#### 4.1.1. Cálculo de los caudales máximos de diseño mediante el Método Gumbel

En base a los datos recopilados de precipitaciones de la estación Quirihuac, y aplicando este método de determina los parámetros para la aplicación de dicho método donde:

Caudal medio

$$Q_m = 8.525 \text{ m}^3/\text{s}$$

desviación estándar

$$\sigma_Q = 5.83$$

coeficientes:

$$Y_n = 0.55455 \text{ y } S_n = 1.1844$$

Aplicando el Método Gumbel donde:

Caudal Máximo  $Q_{m\acute{a}x} = Q_m + \frac{\sigma_Q}{\sigma_N} (Y_n - \ln T)$

$$T = 50 \rightarrow Q_{m\acute{a}x} = 25.13 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$T = 75 \rightarrow Q_{m\acute{a}x} = 27.14 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$T = 100 \rightarrow Q_{m\acute{a}x} = 28.56 \text{ m}^3/\text{s}$$

Intervalo de Confianza  $\Delta Q = \pm \frac{1.14\sigma_Q}{\sigma_N}$

$$\Delta Q = 5.64 \text{ m}^3/\text{s}$$

Caudal de Diseño  $Q_d = Q_m \pm \Delta Q$

$$T = 50 \rightarrow Q_d = 30.77 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$T = 75 \rightarrow Q_d = 32.78 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$T = 100 \rightarrow Q_d = 34.20 \text{ m}^3/\text{s}$$

Obtenidos los datos necesarios se logra las siguientes deducciones:

**Tabla 2.** Método de Gumbel

DESCRIPCIÓN	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)		
	T50	T75	T100
Caudal máximo	25.13 m <sup>3</sup> /s	27.14 m <sup>3</sup> /s	28.56 m <sup>3</sup> /s
Intervalo de confianza	5.64	5.64	5.64
Caudal de diseño	30.77 m <sup>3</sup> /s	32.78 m/s <sup>3</sup>	34.20 m <sup>3</sup> /s

Fuente: Elaboración propia

#### Interpretación

En base a los datos obtenidos podemos interpretar que el caudal de diseño tiene una variación de 2 m<sup>3</sup>/s por cada periodo de diseño empezando por 50,75 y 100 años. Cabe la posibilidad que si a mayor tiempo este margen de variación se mantendrá.

#### 4.1.2. Cálculo de los caudales máximos de diseño mediante el método de Nash

Periodos:

$$T1=50 \text{ años}$$

$$T2=75 \text{ años}$$

$$T3=100 \text{ años}$$

A partir de la base de datos se procedió a estimar mediante este método los siguientes parámetros para los periodos de retorno establecidos:

Número de años de registro:

$$N= 69$$

Sumatoria de caudales anuales:

$$Q_i = 588.21 \text{ m}^3/\text{s}$$

Sumatoria de constantes para cada caudal:

$$X_i = -41.61$$

Sumatoria de producto de constantes y caudales iniciales

$$\sum_{i=1}^N X_i Q_i = -543.56$$

Sumatoria de constantes para cada caudal elevados al cuadrado

$$X_i^2 = 43.35$$

Sumatoria de caudales elevados al cuadrado:

$$Q_i^2 = 7348.89 \text{ m}^3/\text{s}$$

Promedio de constantes para caudal:

$$X_m = -0.60$$

Caudal medio:

$$Q_m = 8.52 \text{ m}^3/\text{s}$$

Cálculo de los parámetros a y b:

$$a = Q_m - bX_m = 2.280$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^N X_i Q_i - NX_m Q_m}{\sum_{i=1}^N X_i^2 - NX_m^2} = -10.36$$

Cálculo de desviación estándar y covarianza

$$S_{XX} = N \sum_{i=1}^N X_i^2 - \left( \sum_{i=1}^N X_i \right)^2 = 1259.69$$

$$S_{QQ} = N \sum_{i=1}^N Q_i^2 - \left( \sum_{i=1}^N Q_i \right)^2 = 161077.81$$

$$S_{XQ} = N \sum_{i=1}^N Q_i X_i - \left( \sum_{i=1}^N Q_i \right) \left( \sum_{i=1}^N X_i \right) = -13031.09$$

Cálculo de caudal máximo

$$Q_{\text{máx}} = a + b \log \log \left( \frac{T}{T-1} \right)$$

$$Q_{\text{máx}}(50) = 23.58 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{máx}}(75) = 25.42 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{máx}}(100) = 26.72 \text{ m}^3/\text{s}$$

Cálculo de variable  $X_T$ :

$$X_T = \log \log \left( \frac{T}{T-1} \right)$$

$$X_T(50) = -2.06$$

$$X_T(75) = -2.23$$

$$X_T(100) = -2.36$$

Cálculo de intervalo de confianza:

$$\Delta Q = \pm 2 \sqrt{\frac{S_{QQ}}{N^2(N-1)} + (X_T - X_m)^2 \left(\frac{1}{N-2}\right) \left(\frac{1}{S_{XX}}\right) \left(S_{QQ} - \frac{S_{XQ}^2}{S_{XX}}\right)}$$

$$\Delta Q(50) = 2.15 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Delta Q(75) = 2.30 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Delta Q(100) = 2.42 \text{ m}^3/\text{s}$$

Cálculo de caudales de diseño

$$Q_d = Q_{\text{máx}} \pm \Delta Q$$

$$Q_{d(50)} = 25.73 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{d(75)} = 27.72 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{d(100)} = 29.14 \text{ m}^3/\text{s}$$

Luego de emplear el método de Nash se obtuvo los siguientes valores:

**Tabla 3. Método de Nash**

DESCRIPCIÓN	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)		
	T50	T75	T100
Caudal máximo	23.58 m <sup>3</sup> /s	25.42 m <sup>3</sup> /s	26.72 m <sup>3</sup> /s
Intervalo de confianza	2.15	2.30	2.42
Caudal de diseño	25.73 m <sup>3</sup> /s	27.72 m <sup>3</sup> /s	29.14 m <sup>3</sup> /s

Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

En la tabla se puede apreciar los resultados obtenidos, donde para caudales máximos entre un periodo de 50 años con respecto al de 75 años hay una variación de 2m<sup>3</sup>/s y también para un periodo de 100 años. De la misma manera para los caudales de diseño. Por lo que se interpreta de manera general que estas variaciones van a tener un pequeño aumento según se extienda los periodos.

#### 4.1.3. Cálculo de los caudales máximos de diseño mediante el método de Lebediev

Paso 1 Cálculo del coeficiente de Variación: CV

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i:1}^N \left(\frac{Q_i}{Q_m}\right)^2}{N}}$$

Paso 2 Calculo del coeficiente de Asimetría

$$C_s = \frac{\sum_{i:1}^N \left(\frac{Q_i}{Q_m} - 1\right)^3}{N C_v^3}$$

Paso 3 Obtención del Coeficiente "K"

Para ello se realizó una interpolación a la tabla 6.17 del libro de Máximo Villón

Paso 4: Grafica de Er

Se uso la Figura 6.3 del libro de Máximo Villón

Paso 5: Calculo del caudal máximo

$$Q_{max} = Q_m(KC_v + 1)$$

Paso 6: Calculo de la variación Q

$$\Delta Q = \pm \frac{AE_r Q_{max}}{\sqrt{N}}$$

Luego de emplear el método de Lebediev se obtuvo los siguientes valores:

**Tabla 4.** Método de Lebediev

DESCRIPCIÓN	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)		
	T50	T75	T100
Caudal Máximo	14.81 m <sup>3</sup> /s	15.19 m <sup>3</sup> /s	15.99 m <sup>3</sup> /s
Caudal de Diseño	15.38 m <sup>3</sup> /s	15.81 m <sup>3</sup> /s	16.66 m <sup>3</sup> /s
Intervalo de Confianza	0.57	0.61	0.67

Fuente: Elaboración Propia

#### Interpretación

La tabla nos indica que los caudales tienen un aumento que está en relación con los años del periodo de retorno.

#### 4.1.4. Comparación de los datos

**Tabla 5.** *Comparación de Caudales de Diseño*

MÉTODO ESTADÍSTICO	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)		
	T50	T75	T100
GUMBEL	30.77 m <sup>3</sup> /s	32.78 m <sup>3</sup> /s	34.20 m <sup>3</sup> /s
NASH	25.73 m <sup>3</sup> /s	27.72 m <sup>3</sup> /s	29.14 m <sup>3</sup> /s
LEBEDIEV	15.38 m <sup>3</sup> /s	15.81 m <sup>3</sup> /s	16.66 m <sup>3</sup> /s

Fuente: Elaboración Propia

#### Interpretación

En la Tabla se observa que el método de Gumbel tiene los picos más elevados con respecto a los demás, por lo que el caudal de diseño obtenido es el adecuado en el diseño de obras hidráulicas o investigaciones futuras.

## 4.2. Discusión

### 4.2.1. Discusión 1

Establecidos los datos obtenidos de los registros en la entidad (ANA) estación Quirihuac desde los años 1950 hasta 2020, se realizó el cálculo en tres distintos tiempos de retorno para periodos de 50,75 y 100 años la cuales se obtuvo como resultados de Caudales: 25.13 m<sup>3</sup>/s, 27.14 m<sup>3</sup>/s y 28.56 m<sup>3</sup>/s correspondientemente.

Cabe mencionar que ante los resultados alcanzados es gracias a la estimación de parámetros que fueron considerados es la media y desviación de variables reducidas y que otros autores descritos en la recopilación de datos de antecedentes por Liendo y Neyra (2019), Medina y Serrano (2019) realizan esos cálculos en sus análisis y así dando la aprobación del Método de Gumbel.

Se puede considerar que a partir de la aplicación del método de Gumbel se obtuvo valores con mayor intensidad para precipitación de caudales máximos para periodos de retorno, por lo que se entiende que con valores de periodos más elevados mayores a 10 años este método tiene más aceptación en cuanto a resultados.

### 4.2.2. Discusión 2

Para proceder a ejecutar el cálculo, se realiza en tiempos de retorno ya establecidos, teniendo como punto de partida el registro de caudales diarias obtenidas de la estación Quirihuac entre los años 1950-2020. El caudal máximo para los periodos de 50,75 y 100 fueron: 25.73 m<sup>3</sup>/s, 27.72 m<sup>3</sup>/s y 29.14 m<sup>3</sup>/s respectivamente.

Además, los parámetros estimados fueron constante para cada caudal en función al periodo de retorno ( $X_T$ ), variación de caudal máximo para finalmente encontrar el caudal de diseño para cada periodo. Cabe mencionar que estos factores de cálculo están descritos en los antecedentes por Medina y Serrano (2019) y Huancas (2019), quienes realizaron estos cálculos para su estudio correspondiente. Siendo aceptable el método de Nash debido a sus

parámetros calculados. La variación de caudal de diseño con respecto al método de Gumbel es de 5.04 m<sup>3</sup>/s, 5.06 m<sup>3</sup>/s y 5.06 m<sup>3</sup>/s para los periodos de retorno de 50,75 y 100 años respectivamente, por lo que se interpreta como una variación probabilística significativa.

#### 4.2.3. Discusión 3

Se realiza la estimación del caudal para periodos de retornos ya establecidos (en este caso para 50, 75 y 100 años) a partir de los datos de la estación Quirihuac entre los años 1950-2020.

Como parte del proceso se debió hallar el coeficiente de variación “cv”, el coeficiente de asimetría “cs” con el que se obtendrá un valor “k”. Además de estos valores, también fueron necesarios los caudales promedio y el intervalo de confianza para la aplicación de la fórmula propuesta por Lebediev para estimar el caudal máximo, finalmente se procede a encontrar el caudal de diseño para cada periodo. Cabe mencionar que esta secuencia es tal y como se indica en el libro de Máximo Villón mencionado en los antecedentes. Para encontrar el valor del coeficiente de asimetría de igual manera se hizo uso lo recomendado por este autor el cual lo relaciona con valor del coeficiente de variación.

#### 4.2.4. Discusión 4

Los resultados obtenidos en los periodos de retorno de 50, 75 y 100 años arrojaron que los métodos de Gumbel y Nash tienen una ligera cercanía en cuanto a sus resultados. El método de Lebediev tiene los resultados más alejados en cuanto a los otros métodos, en los tres periodos de retorno el caudal de diseño obtenido por este método ha sido el 50% del resultado obtenido por el método de Gumbel.

## V. CONCLUSIONES

1. El procesamiento de la información hidrométrica permitió estimar los caudales de diseño aplicando los métodos de Gumbel, Nash y Lebediev. Además de establecer los periodos en el que se basa el cálculo.
2. De acuerdo con los cálculos el método de Gumbel estimó los siguientes caudales máximos de 25.13 m<sup>3</sup>/s, 27.14 m<sup>3</sup>/s, 28.56 m<sup>3</sup>/s lo cual permitió determinar los caudales de diseño siendo estos de 30.77 m<sup>3</sup>/s, 32.78 m<sup>3</sup>/s, 34,20 m<sup>3</sup>/s para los tiempos de 50,75 y 100 años.
3. Según el método de Nash los caudales máximos fueron 23.58 m<sup>3</sup>/s, 25.42 m<sup>3</sup>/s y 26.72 m<sup>3</sup>/s correspondientes a períodos de 50, 75 y 100 años respectivamente. Con estos valores se logró estimar caudales de diseño de 25.73 m<sup>3</sup>/s, 27.72 m<sup>3</sup>/s y 29.14 m<sup>3</sup>/s.
4. Mediante el método de Lebediev los caudales máximos que se calcularon son 14.81 m<sup>3</sup>/s, 15.19 m<sup>3</sup>/s y 15.99 m<sup>3</sup>/s y a partir de estos se determinaron los caudales de diseño con valores de 15.38 m<sup>3</sup>/s, 15.81 m<sup>3</sup>/s y 16.66 m<sup>3</sup>/s para los periodos establecidos inicialmente.
5. Al evaluar los resultados de los caudales de diseño obtenido mediante métodos estadísticos en tiempos de retorno de 50, 75 y 100 años, concluimos que el método de Gumbel, es el que brinda el caudal más óptimo para el diseño de una estructura hidráulica.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Es recomendable considerar otros factores que podrían influenciar en el cálculo del caudal de diseño, como la infiltración, evapotranspiración y las características geomorfológicas de la cuenca en el caso que no se cuente con una base de datos.
2. Se debe considerar trabajar con el caudal de diseño más elevado de entre todos los métodos, ya que para el diseño de estructuras hidráulicas se suele contemplar un margen de seguridad para los tiempos de crecidas. Caso contrario se recomienda volver a analizar los métodos de acuerdo a la nueva información que se plantee.
3. Se recomienda que para el proceso del cálculo no se debe considerar registros hidrométricos con caudales iguales a cero, ya que alteraría los resultados para posteriores estudios que se quiera realizar con respecto a obras hidráulicas.
4. En cuanto al proceso para hallar el caudal de diseño por el método de Lebediev, se recomienda ser lo más preciso posible al momento de ubicar los valores en la gráfica ya que eso influirá directamente con el resultado final.
5. Para registros de caudales mayores a 50 años se recomienda el uso del método probabilístico de Gumbel el cual permitirá satisfacer los parámetros de diseño correspondientes a proyectos hidráulicos en el río Moche. También es recomendable la instalación de nuevas estaciones meteorológicas de monitoreo y vigilancia con el fin de aportar información hidrológica que facilite los estudios de investigación realizados.

## REFERENCIAS

APARICIO, Francisco. Fundamentos de Hidrología de Superficie. México: Limusa S.A. de C.V,1999. 302 pp.

ISBN: 968-18-3014-8

ARIAS, Jesús; VILLASÍS, Miguel y MIRANDA, María. Alergia México. Revista Alergia México [en línea]. vol. 63, núm. 2, abril-junio, 2016, pp. 201-206. [Fecha de consulta: 25 de junio de 2021]. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755023011.pdf>

ISSN: 0002-5151

AVEIGA, Henry y CAIZA, Henry. Análisis comparativo de resultados hidrológicos obtenidos con los modelos HEC-HMS, GR4J, AWBM y TANK MODEL, en la cuenca del Río Alambi. Tesis (Título profesional de Ingeniero civil). Quito. Universidad Central de Ecuador,2018.185 pp.

CAJAMARCA, Ronald. Estudio del balance hídrico superficial de las cuencas hidrográficas, sector Jadán y Zhidmad en el área de interceptación con el bosque y vegetación protectora Aguarongo (BVPA). Trabajo experimental. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 2017.139pp.

Determinación del régimen de caudales ecológicos en la cuenca del río Rímac. Tesis (Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina,2019. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/4073/bernuy-vilca-diego-valois.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

FIDIAS, Arias. El proyecto de investigación. 6.a ed. Editorial Episteme, C.A.. 2012. 137pp.

ISBN: 980-07-8529-9

HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la Investigación. 6ta edición. México, Interamericana Editores, S.A. DE C.V. 2014.154 pp. ISBN: 978-1-4562-2396-0

HUANCAS, Cesar. Modelamiento hidráulico con Hec-ras para la prevención de inundaciones desde el km 44+100 al km 49+100 en el Río Reque. Tesis (Título profesional de Ingeniero civil). Chiclayo: Universidad César Vallejo, 2019.153 pp.

HURTADO Asto, Jennyfer. Análisis hidrológico y estimación del balance hídrico para la presa relaves Pataz. Tesis (Título profesional de Ingeniero civil). La Libertad: Universidad Ricardo Palma, 2019.192 pp.

Informe Sobre Desarrollo Humano 2019. PNUD. Enero de 2020. Disponible en: [http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr\\_2019\\_overview\\_-\\_spanish.pdf](http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_2019_overview_-_spanish.pdf)

LEON, Carlos. Diseño del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado Mediante WaterCad y Civil 3D en la Urb. El Edén II –Pimentel. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo, Facultad de ingeniería, 2019. 143 pp.

LIENDO, Daniel y NEYRA, Alvaro. Modelación probabilística de las crecientes máximas en ríos de la vertiente Peruana del Pacífico. Tesis (Título profesional de Ingeniero civil). Lima: Universidad Peruana de Ciencias aplicadas, 2019. 203 pp.

LINSLEY, Ray, KOHLER, Max, y PAULHUS, Joseph. Hydrology for engineers. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1982. 301 pp.

ISBN: 978-0070379565

MEDINA, Jose y SERRANO, José. Propuesta de una defensa ribereña en el río La Leche, tramo 01 Km aguas arriba y 01 Km aguas abajo de la bocatoma Huaca de la Cruz. Tesis (Título profesional de Ingeniero civil). Lambayeque: Universidad Señor de Sipán, 2019. 5 pp.

MTC. 2012. Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. Lima, PE, Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC). 211 pp.

MTC. 2018. Manual de Puentes. Lima, PE, Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC). 633 pp.

MUTANE, Jordi. Introducción de la Investigación Básica. Córdoba: Instituto Maimónides de Investigación de Córdoba, 2019.3pp.

OTINIANO, Dennis y CIELO, Julio. Diseño hidráulico y estructural de la defensa ribereña del río Nepeña. Tesis (Ingeniero civil). Ancash. Universidad Nacional del Santa, 2016. Disponible en: <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2718/42992.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Patra, KC (2001). Ingeniería de hidrología y recursos hídricos. Boca Raton, Fla.: Nueva Delhi: CRC Press, p 62.

PRIETO, Carlos. El agua. Sus formas, efectos, abastecimientos, usos, daños, control y conservación. 3.<sup>a</sup> Ed. U Central.2002.474pp.

ISBN: 9789582600631

QUIROZ, Gustavo y ROBLES, Cristhian. Propuesta de diseño hidráulico del puente santa lucía y defensa ribereña del río moche. Tesis (Ingeniero civil). La Libertad. Universidad Privada Antenor Orrego, 2021. Disponible en: [https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/7258/1/REP\\_GUSTAVO.QUIROZ\\_CRISTHIAN.ROBLES\\_DISE%c3%91O.HIDRAULICO.pdf](https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/7258/1/REP_GUSTAVO.QUIROZ_CRISTHIAN.ROBLES_DISE%c3%91O.HIDRAULICO.pdf)

SABER. Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente [en línea]. Cumaná: Universidad de Oriente, 2006 [fecha de consulta: 24 de mayo de 2021]. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=427739430012>

SABINO, Carlos. El proceso de investigación, Caracas. Ed. Panapo: 45,1992.

SEDALIB S.A. Diagnóstico hídrico rápido de la cuenca del río moche como fuente de agua y servicios ecosistémicos hídricos para la EPS SEDALIB S.A [en línea]. Julio, 2018 [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2021]. Disponible en <http://www.sedalib.com.pe/upload/drive/32019/20190305-5683862528.pdf>

Singh, V.P. (2014). Ven Te Chow: An Outstanding Scholar. WORLD ENVIRONMENTAL AND WATER RESOURCES CONGRESS, 753.

SISTEMA nacional de información de recursos hídricos. ANA. 2021. Disponible en: <http://snirh.ana.gob.pe/observatorioSNIRH/>

SOTO Carrasco, Jorge. Modelamiento hidráulico y diseño de defensas ribereñas del río Amojú. Tesis (Ingeniero civil). Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca, 2017. Disponible en [https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1095/01.-tesis\\_modelamiento\\_hidraulico\\_y\\_dise%c3%b1o\\_de\\_defensas\\_riberes%c3%b1as\\_del\\_rio\\_amoju\\_localidad\\_el\\_parra.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1095/01.-tesis_modelamiento_hidraulico_y_dise%c3%b1o_de_defensas_riberes%c3%b1as_del_rio_amoju_localidad_el_parra.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

TARAZONA, Hugo. Modelamiento hidrológico de la cuenca del río Ica con fines de prevención de inundaciones en la ciudad de Ica. Tesis (Ingeniero Agrícola). Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ingeniería ,2016. Disponible en:

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2490/P10-T377-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

VARGAS, Claudia. Gestión integrada del agua de riego en la cuenca baja del río Moche, Trujillo-Perú. Tesis (Magister en Gestión y Auditorías Ambientales). Piura: Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, 2015. Disponible

en:

[https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2793/MAS\\_GAA\\_023.pdf?sequence=1](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2793/MAS_GAA_023.pdf?sequence=1)

Ven Te Chow, David R. Maidment, Larry W. Mays, McGraw Hill Interamericana S.A, 1994. "Hidrología Aplicada". 50 pp.

VILLÓN, Maximo. Hidrología. 2.a ed. Editorial Villón: Lima-Perú, febrero del 2002. 276 pp.

## ANEXO

### ANEXO 1 – OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
Caudal de Diseño	Según Aparicio (1989) y el MTC (2018) “El caudal de diseño también es conocido como Avenida de diseño, siendo escogido teniendo en cuenta diversas consideraciones las cuales pueden ser factores geográficos y meteorológicos, el caudal de diseño está en función al periodo de retorno asignado.”	Los caudales de diseño se operacionalizan mediante la sumatoria de caudales medios donde estas se encuentran en función al volumen máximo en determinados periodos de retorno	Periodo de Retorno	Tiempo de Retorno 50 años	Ficha de registro de documentación	Razón
				Tiempo de Retorno 75 años		
				Tiempo de Retorno 100 años		
			Caudal Medio	Volumen anual (m <sup>3</sup> )	Ficha de registro de documentación	Razón
Tiempo (s)	Intervalo					
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
Métodos Estadísticos	Según Villón (2011) “Los métodos estadísticos son empleados para el cálculo del caudal máximo que se mide en un determinado tiempo. Para una mayor aproximación en el cálculo se debe contar con el mayor registro posible.”	Los métodos estadísticos se operacionalizan mediante sus dimensiones: M. Gumbel, M. Nash y M. Lebediev, los cuales serán los métodos usados para el cálculo, obteniendo los volúmenes máximos en un determinado tiempo.	Método de Gumbel	Volumen máximo (m <sup>3</sup> )	Registro histórico de caudales	Razón
			Método de Nash	Tiempo (s)		
			Método de Lebediev	Caudal máximo (m <sup>3</sup> /s)		

## ANEXO 2. Reporte de Caudales máximos

Estación: QUIRIHUAC

Departamento: La Libertad

Tipo: Convencional - Hidrométrica

Latitud: -8.083333

Longitud: -78.866667

Altitud: 200 msnm

Código: 201401

CAUDAL MEDIO (m<sup>3</sup>/s)

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
1950	0.66	6.13	4.96	10.02	1.05	0.63	0.38	0.18	0.10	0.32	0.86	4.85	2.51
1951	2.59	12.92	10.51	12.57	1.88	0.52	0.21	0.05			4.10	11.54	5.69
1952	16.78	15.30	56.10	47.39	6.18	2.25	0.69	0.25		0.15	0.04	2.58	13.43
1953	14.26	49.86	42.55	39.90	9.04	2.37	1.06	0.53	0.87	0.73	4.43	5.51	14.26
1954	16.86	8.30	48.38	11.62	4.52	1.46	0.52	0.29	0.24	3.75	5.69	1.17	8.57
1955	6.07	34.89	28.71	11.68	5.89	3.30	0.68	0.26	0.58	1.84	1.10	2.34	8.11
1956	10.50	35.86	70.17	44.08	7.95	2.04	0.69	0.36	0.30	3.43	0.51	0.19	14.67
1957	1.14	20.76	54.88	67.23	11.18	2.18	0.83	0.30	0.51	0.39	1.35	1.48	13.52
1958	6.14	9.43	35.08	14.44	4.76	1.26	0.40	0.27	0.12	0.96	0.15	0.23	6.10
1959	0.12	5.46	24.78	48.99	13.67	1.94	0.83	0.31	0.37	1.77	2.18	6.03	8.87
1960	7.73	18.06	30.75	15.83	3.91	0.90	0.33	0.22	0.48	0.76	0.66	1.11	6.73
1961	9.26	5.10	18.35	16.09	7.59	2.23	0.50	0.15	0.09	0.18	1.00	3.19	5.31
1962	15.65	31.86	68.24	52.63	7.43	2.32	0.76	0.37	0.25	0.26	1.07	0.28	15.09
1963	0.42	0.64	24.63	28.43	6.58	0.80	0.35	0.18	0.07	0.28	1.46	7.24	5.92
1964	9.82	16.55	38.83	59.12	10.80	1.89	1.02	0.85	0.68	2.58	6.69	0.86	12.47
1965	1.70	3.40	37.09	20.59	6.83	1.34	0.58	0.32	0.44	1.66	3.37	3.02	6.70
1966	30.30	10.21	11.44	9.95	5.95	0.89	0.38	0.19	0.19	3.00	3.95	0.85	6.44
1967	22.05	95.28	49.42	13.09	5.94	1.43	0.81	0.35	0.24	3.42	1.21	0.74	16.17
1968	0.69	1.11	7.76	4.80	0.51	0.24	0.13	0.11	0.24	2.16	1.58	0.82	1.68
1969	0.62	4.63	27.65	29.96	3.80	1.89	0.45	0.17	0.13	0.78	3.70	12.64	7.20
1970	28.18	4.30	7.99	24.12	18.06	3.52	0.96	0.59	0.87	3.89	5.79	10.43	9.06
1971	4.70	10.10	54.59	29.14	5.48	2.00	1.09	1.06	1.29	3.99	2.36	4.71	10.04
1972	9.78	9.00	46.13	26.05	6.49	3.19	1.01	0.59	0.35	0.62	0.91	5.18	9.11
1973	15.57	8.60	28.25	60.87	32.75	5.62	0.92	1.48	1.97	4.34	6.11	5.18	14.31
1974	10.49	16.50	15.52	12.35	3.69	1.60	0.92	0.39	0.45	2.16	0.87	1.08	5.50
1975	7.55	17.89	59.95	30.77	9.27	4.13	1.20	0.90	3.44	8.65	4.62	0.99	12.45
1976	5.64	10.19	29.05	13.61	6.27	3.26	0.85	0.44	0.38	0.20	0.16	0.38	5.87
1977	8.75	53.55	23.01	11.26	3.57	1.38	0.68	0.54	0.33	0.40	0.32	1.97	8.81
1978	0.64	1.14	2.27	4.41	5.33	0.50	0.15	0.07	0.24	0.17	0.72	0.63	1.36
1979	1.63	7.16	23.30	9.73	3.00	1.00	0.25	0.15	0.35	0.18	0.72	0.13	3.97
1980	0.18	0.21	1.58	2.27	0.27	0.10	0.07	0.06	0.03	3.16	6.69	23.02	3.14
1981	2.43	42.98	27.06	7.44	2.43	0.58	0.38	0.22	0.13	1.09	2.39	7.98	7.93
1982	2.85	7.91	5.12	11.52	3.98	0.93	0.40	0.27	0.13	2.22	3.19	10.31	4.07
1983	23.67	9.51	64.01	40.42	16.51	8.51	1.90	0.94	0.87	1.61	1.02	6.63	14.63
1984	2.82	42.79	26.31	9.00	12.06	6.38	2.52	0.24	0.93	1.78	3.57	6.40	9.57
1985	2.69	3.45	5.86	7.50	3.16	1.03	0.33	0.24	1.29	1.11	0.32	1.53	2.38

1986	13.84	7.77	8.65	23.29	6.72	1.18	0.43	0.25	0.01	0.33	1.26	4.04	5.65
1987	19.23	21.40	9.96	11.72	5.79	0.80	0.51	0.37	0.27	0.28	1.67	1.03	6.09
1988	9.46	18.21	9.21	24.39	11.76	2.83	0.88	0.29	0.19	1.42	3.21	1.87	6.98
1989	10.95	27.19	22.02	27.34	7.88	1.25	0.66	0.45	0.38	6.01	2.41	0.53	8.92
1990	0.46	3.48	5.40	2.34	1.33	0.62	0.23	0.12	0.11	1.40	6.96	4.83	2.27
1991	1.56	4.45	12.09	7.36	6.34	0.90	0.37	0.21	0.10	0.23	0.88	1.15	2.97
1992	1.85	0.57	7.09	9.93	4.96	1.04	0.16	0.09	0.06	0.10	0.13	0.05	2.17
1993	0.71	15.54	28.28	26.51	12.75	3.46	1.10	0.54	0.76	3.77	12.26	7.63	9.44
1994	19.24	33.09	26.76	25.48	14.51	5.52	2.95	1.05	0.90	0.35	1.37	4.33	11.30
1995	3.76	6.20	7.68	11.27	4.51	1.87	0.90	0.63	0.20	0.86	4.05	4.23	3.85
1996	8.05	19.81	20.73	19.31	9.64	3.78	1.45	0.41	0.23	1.03	1.91	0.26	7.22
1997	0.24	6.24	4.33	3.33	2.77	0.33	0.17	0.11	0.11	0.11	2.14	33.98	4.49
1998	63.56	121.15	213.07	61.27	31.73	7.36	3.62	2.01	2.58	2.02	1.89	0.87	42.59
1999	7.44	66.74	16.00	23.09	24.69	7.41	4.23	1.64	3.46	7.34	3.55	6.93	14.38
2000	4.90	19.98	36.44	44.39	28.23	6.07	4.55	2.35	1.67	2.21	0.56	3.94	12.94
2001	23.26	29.84	84.52	55.82	11.83	7.00	2.62	1.92	2.80	2.92	10.78	8.61	20.16
2002	6.02	10.18	36.57	33.76	6.09	4.35	2.32	0.95	0.49	1.74	5.86	7.55	9.66
2003	6.02	12.24	14.32	15.49	6.09	2.23	0.71	0.45	0.20	0.16	0.13	1.20	4.94
2004	0.86	7.95	12.16	7.22	2.59	0.61	0.10	0.07	0.06	2.02	6.22	10.43	4.19
2005	4.91	5.32	19.18	14.24	1.53	0.21	0.08	0.08	0.06	0.06	0.06	0.53	3.85
2006	1.76	28.89	36.22	23.97	2.24	0.84	0.12	0.10	0.08	0.08	0.50	5.75	8.38
2007	12.01	12.00	19.44	28.60	10.03	0.89	0.16	0.11	0.09	0.23	2.86	1.30	7.31
2008	5.53	9.97	28.20	28.42	10.09	2.28	0.49	0.20	0.12	2.56	7.25	1.22	8.03
2009	15.64	29.43	39.09	32.27	9.32	2.25	0.78	0.17	0.15	1.58	7.07	13.24	12.58
2010	0.60	11.85	16.62	18.65	11.10	0.82	0.27	0.17	0.30	0.13	0.21	0.60	5.11
2011													
2012													
2013	3.78	12.37	64.07	12.03	3.40	1.00	0.22	0.11	0.10	0.59	0.31	2.26	8.35
2014	4.49	5.37	20.82	20.06	18.93	1.58	0.21	0.10	0.05	0.28	2.42	3.93	6.52
2015	24.80	22.22	61.78	30.39	6.74	2.30	0.11	0.05	0.05	0.08	1.87	7.74	13.18
2016	5.36	16.54	19.01	16.73	1.57	0.21	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	4.96
2017	2.03	12.40	77.15	32.34	13.93	2.84	0.69	0.55	0.45	0.51	0.46	1.75	12.09
2018	3.88	5.60	7.44	14.46	31.87	2.34	0.29	0.18	0.06	0.05	0.11	3.50	5.82
2019	0.73	21.68	30.22	19.63	6.17	0.68	0.12	0.03	0.02	0.02	0.99	11.93	7.68
2020	3.70	3.10	4.56	11.85	3.85	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.16	2.53

Fuente: PECHAVIMOCHIC (2021)

# Anexo 3

## Semana 3 – Elección final del tema escogido

GRUPOS	LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	TEMA PROPUESTO	DESCRIPCIÓN	COMENTARIO DEL DOCENTE	LEVANTAR LAS OBSERVACIONES	TÍTULO PROPUESTO
1	DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL	ANÁLISIS SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS	Se logra un análisis de las fallas actuales que hayan ocurrido durante la vida de la carpeta asfáltica, en las que se evidencia deterioros en su estructura.	1. Tienen que delimitar la zona a estudiar; generalmente comprende varias calles, avenidas, etc. en una zona urbana. 2. Deben definir la metodología a utilizar para el análisis superficial.	1.- Se realizará una evaluación de las fallas estructurales del pavimento flexible por el método VIZIR, en la Avenida Industrial entre el cruce del cruce Alsoppe y el cruce Saavedra - 2021.	Incorporar en el título el nombre del
2	DISEÑO DE OBRAS HIDRÁULICAS Y SANEAMIENTO	ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE LA CUENCA DEL RÍO MOCHO	Realizar un análisis hidrológico de la cuenca del río moche usando datos obtenidos de ANA y SENAMHI.			
3	DISEÑO SÍSMICO Y ESTRUCTURAL	ESTUDIO DE LAS PRÁCTICAS TRADICIONALES EN VIVIENDAS	SE BUSCA REALIZAR EL ANÁLISIS DE COMO FUERON REALIZADAS LAS CONSTRUCCIONES DE CADA UNA DE LAS VIVIENDAS EN EL SECTOR DE CRUZ BLANCA, EN LA PROVINCIA DE OTUZZO AÑOS ATRAS	1. En este caso tienen que hacer el estudio de campo de las viviendas de Otuazo. 2. En otras palabras, un inventario de todas las prácticas constructivas tradicionales.	Para este análisis se tendrá acceso a la base de datos de catastro de la Municipalidad Provincial de Otuazo	Análisis de las Prácticas Tradicionales en las Viviendas del sector Cruz Blanca de la provincia de Otuazo - 2021
4	DISEÑO SÍSMICO Y ESTRUCTURAL	ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS EDIFICACIONES	se analizará el grado de pérdida o daño en las viviendas dentro del sector Alto Trujillo.	Tienen que describir qué es cómo es lo que realizarán.		EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS EDIFICACIONES EN EL BARRIO 4 ALTO TRUJILLO - 2021
5	DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL	ANÁLISIS DE LOS SOBRECOSTOS QUE DEMANDAN LAS NO CONFORMIDADES EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE	Se identifica las fallas existentes del pavimento empleando el método del PCI, para poder realizar un aporte del costo que demandaría en la reparación de dicho tramo de pavimento flexible.	1. Este trabajo corresponde a un análisis superficial de pavimento usando PCI. 2. Tener en cuenta los tiempos que emplearán para el estudio.		FALLAS SUPERFICIALES Y COSTOS DE REPARACIONES EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV GARCÍA CALLAO CORIA 5 Y 6, SMP- LIMA 2021
6	DISEÑO DE OBRAS HIDRÁULICAS Y SANEAMIENTO	INDICADORES DE COMPARACIÓN CON EL MÉTODO CRAKING Y EL MÉTODO TRADICIONAL EN OBRAS DE SANEAMIENTO	Realizar un análisis de comparación en los expedientes que hayan incluido este método de Craking en sus construcciones dentro del país, para poder identificar los beneficios que este nos proporcione.	Tienen que describir y detallar cómo lo van hacer y el tiempo que van a emplear.		ANÁLISIS DE EFICACIA EN ZANAS PARA UN SISTEMA DE RED ALICANTERAS EN TRUJILLO, LA LIBERTAD, 2021
7	DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL	ANÁLISIS SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS	Se realizará un análisis de las fallas encontradas en el pavimento			Evaluación del estado del pavimento mediante el método PCI, en la Av. El Sol, distrito de La Victoria, provincia de Lima

# Anexo 4

## Imagen 2: Semana 5 – Revisión de las correcciones del primer avance.

Por lo que es importante que se realice un estudio a fondo con el fin de conocer el comportamiento del cauce y las características de la cuenca, y posteriormente, en base de estos datos se logra un correcto aprovechamiento del río Mocho. La estadística surge de la necesidad de recopilar, analizar, interpretar y a la vez representar los datos mediante procedimientos que estas precision para poder comprenderlos lo cual se empleará para hacer predicciones de cambios del río moche en relación a su futuro.

Según VIZIR "Los métodos estadísticos se basan en considerar que el caudal máximo anual es una variable aleatoria que tiene una cierta distribución. Para obtener estos resultados se requiere tener un número de caudales máximos anuales, por lo que es importante se tenga la mayor cantidad de registros posibles, este se aplicará en la aproximación del cálculo del caudal de diseño, el cual se calcula para un determinado periodo de retorno".

En base a la recopilación de datos del caudal se logrará obtener una mejor distribución para la mayoría de los sectores agrícolas que pueden ser abastecidos por del río moche, dando así importantes beneficios económicos a la población cercana.

Finalmente a esta situación planteamos como problema de investigación: ¿De qué manera los datos de métodos estadísticos ayudan a la estimación del caudal de diseño del río moche en un periodo de retorno de 20 años?

Debido a este Justificamos nuestro trabajo de investigación en los siguientes aspectos:

Aspecto Técnico: Se emplearán métodos estadísticos para la estimación de caudales máximos, en un periodo de retorno de 20 años. Se hará un análisis del resultado obtenido para la estimación del caudal de diseño, lo cual tiene como objetivo aportar conocimientos necesarios sobre el manejo saludable del recurso hídrico del río moche.

Aspecto Social: en base a ~~los datos estadísticos obtenidos~~ el análisis estadístico ~~permite~~ ~~obtener~~ ~~los~~ ~~datos~~ ~~estadísticos~~ ~~obtenidos~~ ~~para~~ ~~la~~ ~~estimación~~ ~~del~~ ~~caudal~~ ~~de~~ ~~diseño~~ ~~del~~ ~~río~~ ~~moche~~ ~~en~~ ~~un~~ ~~periodo~~ ~~de~~ ~~retorno~~ ~~de~~ ~~20~~ ~~años~~ ~~que~~ ~~tiene~~ ~~como~~ ~~objetivo~~ ~~aportar~~ ~~conocimientos~~ ~~necesarios~~ ~~sobre~~ ~~el~~ ~~manejo~~ ~~saludable~~ ~~del~~ ~~recurso~~ ~~hídrico~~ ~~del~~ ~~río~~ ~~moche~~.

2

MARLON GASTON FARFAN CORDOVA  
8 may 7:36 p. m.  
Información no corresponde.

MARLON GASTON FARFAN CORDOVA  
8 may 7:37 p. m.  
Mejorar redacción de pregunta de investigación.

## Anexo 5

### Semana 5 –Corrección y mejoramiento de la primera parte del trabajo.

The image shows a Microsoft Word document titled "Trabajo de In- Grupo NP 2 - Word" by Cristian Rodriguez Angeles. The document contains several paragraphs of text, many of which are highlighted in yellow. The text discusses the importance of a study, the need for data collection, and the use of statistical methods. A Zoom meeting is overlaid on the right side of the document, showing four participants: Rodriguez Angeles Cristian, Sergio Alberto Andor, Ely Correa Celya, and Jessica Blas.

Por lo cual es imperativo que se realice un estudio a fondo con el fin de conocer el comportamiento del cauce y las características de la cuenca, y posteriormente, en base de estos datos se logre un correcto aprovechamiento del río Moche. La estadística surge de la necesidad de recopilar, analizar, interpretar y a la vez representar los datos mediante procedimientos que estas precisan para poder comprenderlos la cual se emplearía para hacer predicciones de cambios del río moche en relación a un futuro. La estadística surge de la necesidad de recopilar, analizar, interpretar y a la vez representar los datos mediante procedimientos que estas precisan para poder comprenderlos la cual se emplearía para hacer predicciones de cambios del río moche en relación a un futuro. Según Vilán (2011) "Los métodos estadísticos se basan en considerar que el caudal máximo anual es una variante aleatoria que tiene una cierta distribución". Se debe tener en consideración que la data recopilada tendrá un rol fundamental, es importante contar con la mayor cantidad de registros pasados, esto aportará en la aproximación del caudal. En base a la recopilación de datos del caudal y su posterior análisis. Se puede obtener una mejor distribución del recurso hídrico para el sector agrícola, dando así importantes beneficios económicos a la población cercana. Frente a esta situación planteamos como problema de investigación: ¿De qué manera los usos de métodos estadísticos ayudan a la estimación del caudal de diseño del río Moche en un periodo de retorno de 20 años? Debido a este justificamos nuestro trabajo de investigación en los siguientes aspectos: Aspecto Técnico: Se emplearán métodos estadísticos para la estimación de caudales máximos, en un periodo de retorno de 20 años. Se hará un análisis de los resultados obtenidos para la estimación del caudal de diseño, lo cual tiene como objetivo aportar conocimientos necesarios sobre el manejo saludable del recurso hídrico del río moche. Aspecto Social: en base a los datos recopilados se realizará un análisis estadístico para determinar el tiempo en el que un flujo similar de agua pasa por el río, permitiendo que se planifiquen acciones ante posibles crecidas o desbordamientos que pongan en riesgo las pistas, sembradíos, y hogares cercanos al río.

Aspecto Económico: Con los resultados obtenidos se puede elaborar planes de aprovechamiento del recurso hídrico, para el sector agrícola y ganadero, así como también para el consumo humano. Para ello el Objetivo General del trabajo de investigación es Determinar el caudal de diseño del Río Moche en un periodo de retorno de 20 años, dependiendo de los siguientes objetivos específicos: Identificar las características geomorfológicas de la cuenca del río moche; Analizar los métodos estadísticos empleados en la estimación de los caudales máximos y realizar una comparación entre los resultados obtenidos; Identificar los diferentes factores que influyen en una variación anormal del caudal máximo del río Moche. Frente a la problemática presentada, planteamos la siguiente hipótesis, el uso de métodos estadísticos facilitará en gran medida la estimación del caudal de diseño del río Moche en un periodo de retorno de 20 años.

## Anexo 6

### Semana 7 –Recolección de datos de la estación Quirihuaac.

The image shows an Excel spreadsheet titled "Cálculo de Caudal - Excel" by Cristian Rodriguez Angeles. The spreadsheet contains a table with columns for "CONDICION LIMPIEZA", "CONDICION SUCIA", "LONGITUD", "ALTIMO", "EPOCA", "TIPO", "CUBICA", and "LITROS". The data is organized in rows, with the first row representing the "CONDICION LIMPIEZA" and the second row representing the "CONDICION SUCIA". The spreadsheet also includes a table with columns for "CONDICION LIMPIEZA", "CONDICION SUCIA", "LONGITUD", "ALTIMO", "EPOCA", "TIPO", "CUBICA", and "LITROS". A Zoom meeting is overlaid on the right side of the spreadsheet, showing three participants: Ely Correa Celya, Rodriguez Angeles Cristian Andres, and Jessica Blas.

## Anexo 7

### Semana 8 – Procesamiento de los datos recolectados (caudales promedio anual).

The screenshot shows a Zoom meeting window. The main content is a Microsoft Excel spreadsheet titled 'Calculo de Caudal 1960-1967 - Excel'. The spreadsheet contains a table with columns for 'Año', 'Caudal', and 'Q'. The data spans from 1960 to 1967. The interface includes the Excel ribbon with various tabs like 'Inicio', 'Insertar', 'Referencias', etc. On the right side of the Zoom window, there is a video call interface with three participants: Sergio Albert..., Ely Correa Ochoa, and Jessica Bliss. The Zoom controls at the bottom include 'Desactivar audio', 'Iniciar video', 'Participantes', 'Chat', 'Compartir pantalla', 'Grabar', 'Reacciones', and 'Salir'.

## Anexo 8

### Semana 10 – Procesamiento de los datos recolectados (cálculo del caudal máximo y de diseño) Método de Gumbel.

The screenshot shows a Zoom meeting window. The main content is a Microsoft Excel spreadsheet titled 'Info de Caudal - Excel'. The spreadsheet contains a table with columns for 'Año', 'Caudal', and 'Q'. The data spans from 1960 to 2000. The interface includes the Excel ribbon with various tabs like 'Inicio', 'Insertar', 'Referencias', etc. On the right side of the Zoom window, there is a video call interface with four participants: Sergio Alberto An..., Cristian Rodriguez, Ely Correa Ochoa, and Jessica Bliss. The Zoom controls at the bottom include 'Desactivar audio', 'Iniciar video', 'Participantes', 'Chat', 'Compartir pantalla', 'Grabar', 'Reacciones', and 'Salir'. The spreadsheet content includes a table of data, a section for 'Método de Gumbel' with formulas for calculating the design discharge, and a section for 'Cálculo de Q<sub>50</sub> con φ=0.5(7).

## Anexo 9

Semana 10– Procesamiento de los datos recolectados (cálculo del caudal máximo y de diseño) Método de Nash.

The screenshot shows a Google Sheets spreadsheet titled 'Hoja1' with columns A through AA. The data is organized into several sections:

- Table 1 (Rows 1-10):** Initial data points for time (t) and discharge (Q).
- Table 2 (Rows 11-20):** Calculated parameters for the Nash method, including  $a$ ,  $b$ , and  $K$ .
- Table 3 (Rows 21-30):** Calculated values for the maximum discharge ( $Q_{max}$ ) and design discharge ( $Q_{diseño}$ ).

Handwritten notes in red and blue provide the following calculations:

- Cálculo de los parámetros a y b:**  $a = \frac{Q_{max} - Q_{diseño}}{T - T_{lag}}$ ,  $b = \frac{Q_{max} - Q_{diseño}}{T - T_{lag}}$ .
- Cálculo del caudal máximo:**  $Q_{max} = a + b \log_{10} \left( \frac{T}{T_{lag}} \right)$ .
- Cálculo de las desviaciones estándar:**  $\sigma_{xy} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$ .
- Cálculo de K:**  $K = \frac{1}{\sigma_{xy}} \left( \sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y} \right)$ .
- Cálculo de A0:**  $A_0 = \frac{Q_{max}}{K}$ .
- Cálculo del caudal de diseño:**  $Q_{diseño} = A_0 \left( \frac{T}{T_{lag}} \right)^K$ .

## Anexo 10

Semana 10– Procesamiento de los datos recolectados (cálculo del caudal máximo y de diseño) Método de Lebediev.

The screenshot shows a Google Sheets spreadsheet titled 'Hoja1' with columns A through AA. The data is organized into several sections:

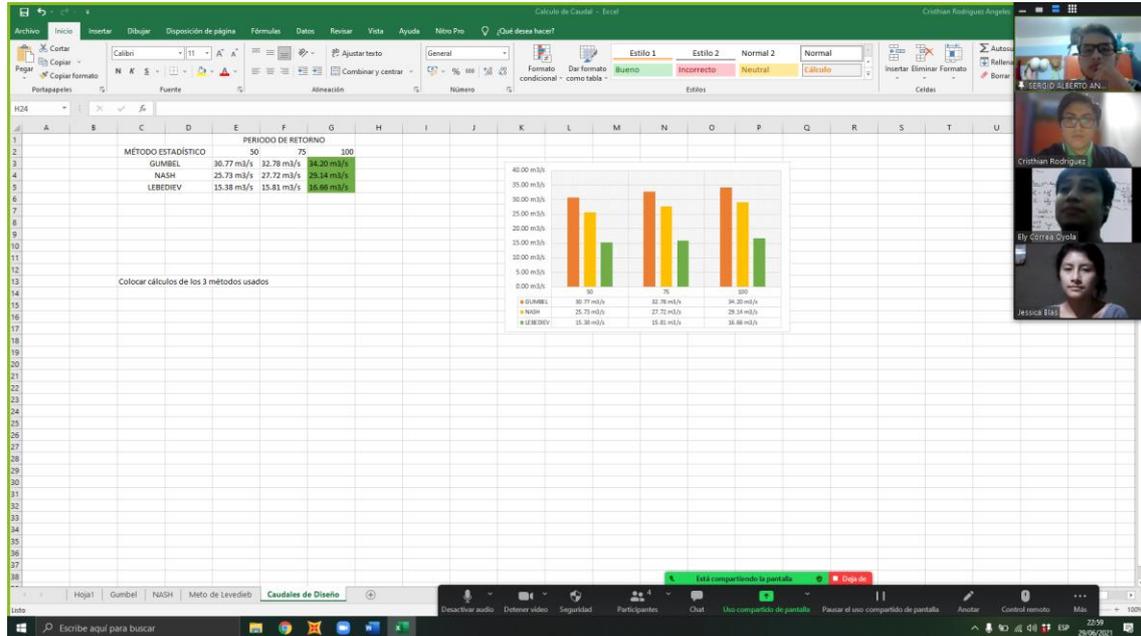
- Table 1 (Rows 1-10):** Initial data points for time (t) and discharge (Q).
- Table 2 (Rows 11-20):** Calculated parameters for the Lebediev method, including  $a$ ,  $b$ , and  $K$ .
- Table 3 (Rows 21-30):** Calculated values for the maximum discharge ( $Q_{max}$ ) and design discharge ( $Q_{diseño}$ ).

Handwritten notes in red and blue provide the following calculations:

- Cálculo de los parámetros a y b:**  $a = \frac{Q_{max} - Q_{diseño}}{T - T_{lag}}$ ,  $b = \frac{Q_{max} - Q_{diseño}}{T - T_{lag}}$ .
- Cálculo del caudal máximo:**  $Q_{max} = a + b \log_{10} \left( \frac{T}{T_{lag}} \right)$ .
- Cálculo de las desviaciones estándar:**  $\sigma_{xy} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$ .
- Cálculo de K:**  $K = \frac{1}{\sigma_{xy}} \left( \sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y} \right)$ .
- Cálculo de A0:**  $A_0 = \frac{Q_{max}}{K}$ .
- Cálculo del caudal de diseño:**  $Q_{diseño} = A_0 \left( \frac{T}{T_{lag}} \right)^K$ .

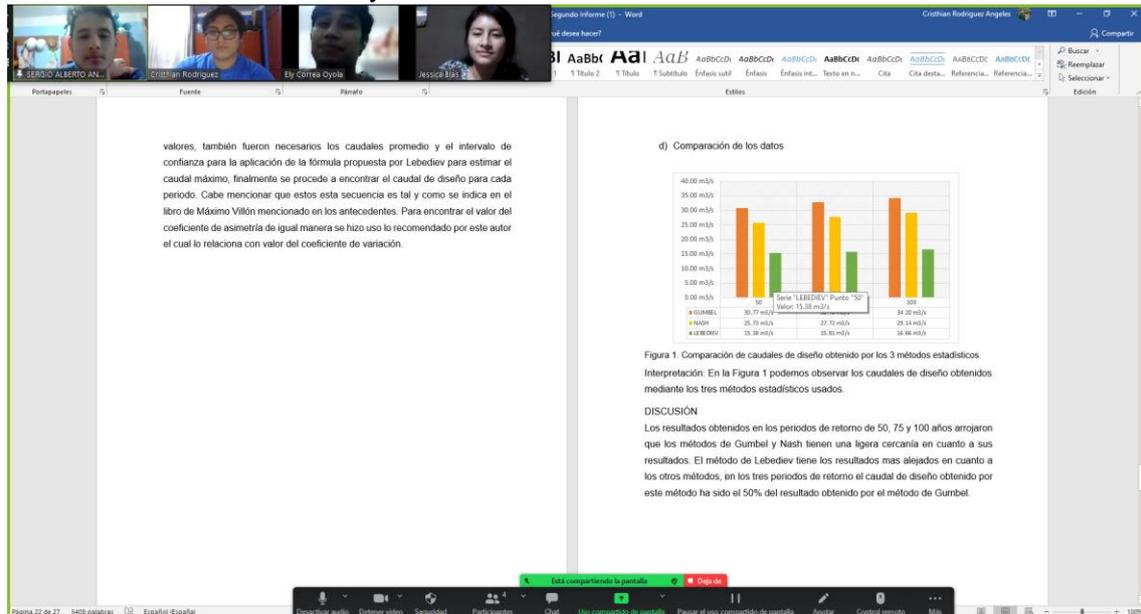
## Anexo 11

### Semana 11– Procesamiento de los datos recolectados (grafico resultados de caudales de diseño de los tres métodos)



## Anexo 12

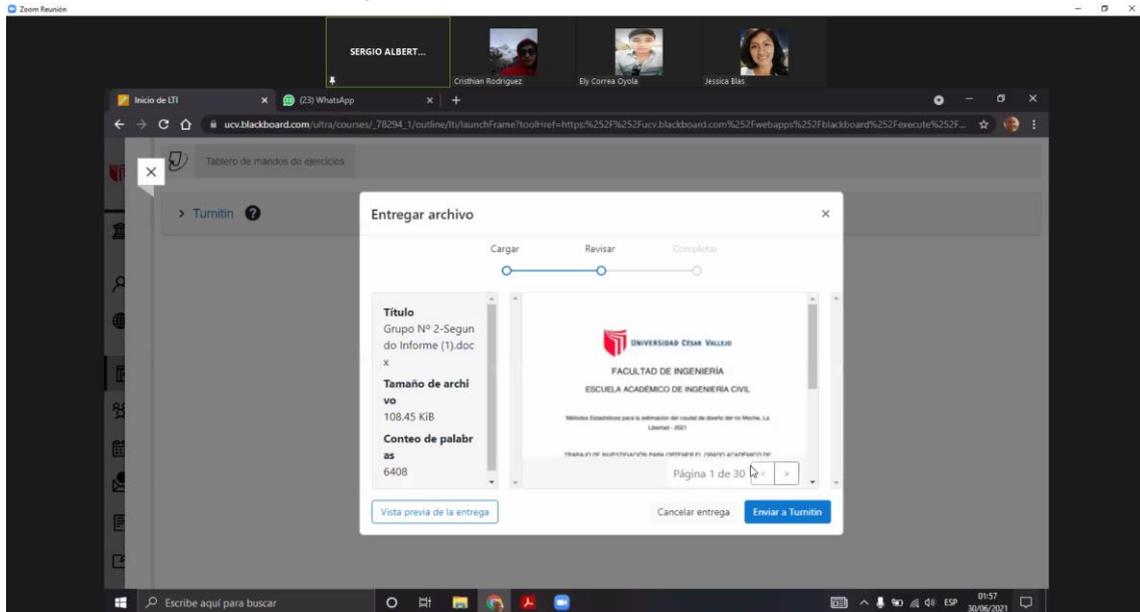
### Semana 11– Resultados y discusión.





# Anexo 15

## Semana 13– Evaluación por Turnitin.





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, FARFAN CORDOVA MARLON GASTON, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Trabajo de Investigación titulado: "MÉTODOS ESTADÍSTICOS PARA LA ESTIMACIÓN DEL CAUDAL DE DISEÑO DEL RÍO MOCHE, LA LIBERTAD - 2021", cuyos autores son RODRIGUEZ ANGELES CRISTHIAN ANDRES, ANDRADE CORDOVA SERGIO ALBERTO, BLAS SANDOVAL JESSICA SARAY, CORREA OYOLA IZRY ELY, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 8.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el Trabajo de Investigación cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 22 de Julio del 2021

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
FARFAN CORDOVA MARLON GASTON <b>DNI:</b> 03371691 <b>ORCID:</b> 0000-0001-9295-5557	Firmado electrónicamente por: MFARFANC el 22-07- 2021 21:15:51

Código documento Trilce: TRI - 0142875