

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**GENERACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS A TRAVÉS DEL
MÉTODO TÉMEZ EN CUENCAS SIN INFORMACIÓN
PLUVIOMÉTRICA DE 24 HORAS, SUBCUENCA DEL RÍO
CHETILLANO, CHOTA, 2021.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:
LUIS FERNÁNDO SALDAÑA VITÓN**

Asesor: Dr. Ing. ORBEGOSO NAVARRO, Luis Alberto.

**CHOTA, PERÚ
2022**



FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL – UNACH

1. DATOS DEL AUTOR:

Apellidos y nombres: **SALDAÑA VITÓN LUIS FERNÁNDO**

Código del alumno: **2016052032**

Teléfono: **995840215**

Correo electrónico: **2016052032@unach.edu.pe**

DNI: **71448073**

2. MODALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

Trabajo de investigación

Trabajo de suficiencia profesional

Trabajo académico

Tesis

3. TÍTULO PROFESIONAL O GRADO ACADÉMICO:

Bachiller

Licenciado

Título

Magister

Segunda especialidad

Doctor

4. TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

"GENERACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS A TRAVÉS DEL MÉTODO TÉMEZ EN CUENCAS SIN INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA DE 24 HORAS, SUBCUENCA DEL RÍO CHETILLANO, CHOTA, 2021."

5. FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

6. ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

7. ASESOR:

Apellidos y nombres: **Dr. Ing. ORBEGOSO NAVARRO LUIS ALBERTO**

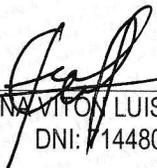
Teléfono: **939185560**

Correo electrónico: **laorbegoson@unach.edu.pe**

D.N.I.: **31664516**

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Autónoma de Chota publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNACH, versión digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.


SALDAÑA VITÓN LUIS FERNÁNDO
DNI: 71448073

Fecha: 19 de Agosto del 2022

**Generación de caudales máximos a través del método Témez en cuencas sin
información pluviométrica de 24 horas, Subcuenca del río Chetillano,
Chota, 2021.**

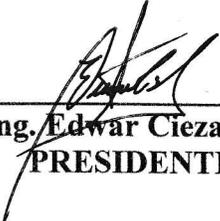
POR:

Luis Fernando Saldaña Vitón

**Presentada a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad
Nacional Autónoma de Chota para optar el título
de**

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR



Mg. Ing. Edwar Cieza Sánchez
PRESIDENTE



Mg. Ing. Jefferson Ruiz Cachi
SECRETARIO



Mg. Ing. Donald Gorki Collantes Delgado
VOCAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 7:00 pm horas, del día jueves 11 de agosto de 2022, reunidos en el Auditorio “Severiano de Cáceres Anaya” de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, el Jurado Evaluador, conformado por: Presidente: Mg. Ing. Edwar Cieza Sánchez, Secretario: Mg. Ing. Jefferson Ruiz Cachi y Vocal: Mg. Ing. Donald Gorki Collantes Delgado y en calidad de Asesor: Dr. Ing. Luis Alberto Orbegoso Navarro. Actuando de conformidad con el Reglamento de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, se dio inicio a la Sustentación de la Tesis titulada: **“GENERACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS A TRAVÉS DEL MÉTODO TÉMEZ EN CUENCAS SIN INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA DE 24 HORAS, SUBCUENCA DEL RÍO CHETILLANO, CHOTA, 2021.”**, presentada por el Bachiller **LUIS FERNÁNDO SALDAÑA VITÓN**.

Realizada la exposición y absueltas las preguntas formuladas por el Comité Científico, y luego de la deliberación del Jurado Evaluador, se acordó Aprobar la Tesis, calificándola con la nota de: **DIECISÉIS (16)**, quedando APTO para continuar sus trámites y obtener el TÍTULO de INGENIERO CIVIL.

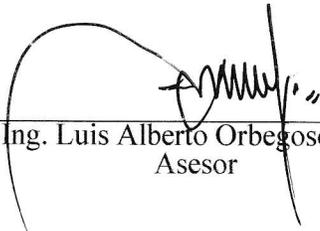
Siendo las 8:25 pm horas del mismo día, se dio por concluido el acto académico.

Firmado en: Chota, 11 de Agosto del 2022


Mg. Ing. Edwar Cieza Sánchez
Presidente


Mg. Ing. Jefferson Ruiz Cachi
Secretario


Mg. Ing. Donald Gorki Collantes Delgado
Vocal


Dr. Ing. Luis Alberto Orbegoso Navarro
Asesor

AGRADECIMIENTOS

A Dios por guiarme correctamente en esta travesía como estudiante universitario.

A todos mis maestros de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por los conocimientos compartidos en las aulas que contribuyeron a mi formación académica.

A mis compañeros, por compartir momentos de aprendizaje y felicidad durante nuestra travesía universitaria.

A todas las personas que me apoyaron para poder hacer realidad la actual investigación.

A la Universidad Nacional Autónoma de Chota, por haberme acogido en sus aulas y ofrecido la oportunidad de tener una formación profesional.

Al Ing. Luis Alberto Orbegoso Navarro, asesor de la presente tesis, por sus sabios consejos, dedicación y apoyo desinteresado en la realización de esta investigación.

Al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), por proporcionarme la información necesaria para completar la presente investigación.

DEDICATORIA

A mi abuelo Herminio (Q. E. P. D.), quien desde el cielo me cuida y me guía para lograr todas mis metas.

A mi hermana Paola, por su amor incondicional, apoyo y comprensión.

A mi tío, Segundo Saldaña, por el permanente e inmensurable apoyo hacia mi persona.

A toda mi familia y amigos, por su apoyo y motivación durante mi formación académica.

A mis padres Osiel y Maribel, su apoyo incondicional brindado hacia mi persona.

A mi madrina Brisaida, por sus consejos y valores inculcados que me ayudan a seguir adelante.

A mi pareja, Rosmeri por apoyarme y alentarme a conseguir todos mis objetivos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN -----	xii
ABSTRACT -----	xiii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN -----	14
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. -----	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA. -----	17
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA. -----	17
1.4. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN. -----	18
1.5. OBJETIVOS. -----	18
1.5.1. Objetivo General. -----	18
1.5.2. Objetivos Específicos.-----	19
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO -----	20
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN. -----	20
2.1.1. Antecedente Internacional. -----	20
2.1.2. Antecedente Nacional. -----	21
2.1.3. Antecedente Local. -----	21
2.2. MARCO TEÓRICO. -----	22
2.2.1. Características Morfométricas de la Cuenca.-----	22
2.2.1.1. Área (A).-----	22
2.2.1.2. Perímetro (P). -----	23
2.2.1.3. Longitud de la Cuenca (L).-----	23
2.2.1.4. Longitud del Cauce Principal (Lp). -----	23
2.2.1.5. Ancho de la Cuenca (B).-----	23
2.2.1.6. Factor de Forma (Ff). -----	24
2.2.1.7. Coeficiente de Compacidad (Kc). -----	24
2.2.1.8. Curva Hipsométrica. -----	25
2.2.1.9. Altitud Media de la Cuenca (Hm). -----	26
2.2.1.10. Coeficiente Orográfico (Co). -----	26
2.2.1.11. Pendiente Media de la Cuenca (Sm). -----	27
2.2.1.12. Pendiente Media del Cauce Principal (S).-----	27
2.2.1.13. Orden de Cauces.-----	28
2.2.1.14. Relación de Confluencias (Rc).-----	28
2.2.2. Similitud Hidráulica. -----	29
2.2.3. Transferencia de Información Pluviométrica.-----	29
2.2.4. Análisis Estadísticos de Datos Hidrológicos. -----	30
2.2.4.1. Distribución Normal.-----	30
2.2.4.2. Distribución Log Normal 2 Parámetros.-----	31
2.2.4.3. Distribución Log Pearson Tipo III.-----	31
2.2.4.4. Distribución Gumbel. -----	32
2.2.5. Determinación de la Tormenta de Diseño.-----	32
2.2.5.1. Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia.-----	32
2.2.6. Estimación de Caudales. -----	34
2.2.6.1. Método Racional Modificado. -----	35
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS. -----	39
CAPÍTULO III. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES -----	41
3.1. HIPÓTESIS. -----	41

3.2.	VARIABLES.	41
3.3.	OPERALIZACIÓN DE VARIABLES.	42
CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO		43
4.1.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO.	43
4.2.	UNIDAD DE POBLACIÓN, MUESTRA y ANÁLISIS.	44
4.2.1.	Población.	44
4.2.2.	Muestra.	44
4.3.	TIPO Y DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.	44
4.3.1.	Tipo de Investigación.	44
4.3.2.	Diseño de Investigación.	44
4.4.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	45
4.5.	TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.	45
4.6.	MATRIZ DE CONSISTENCIA.	47
CAPÍTULO V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		48
5.1.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.	48
5.1.1.	Características Morfométricas de la Cuenca.	48
5.1.1.1.	Subcuenca del Río Chetillano.	48
5.1.1.2.	Cuenca del Río Silaco (Estación Cutervo).	49
5.1.1.3.	Cuenca del Río El Molino (Estación Llama).	50
5.1.1.4.	Cuenca del Río Zaña (Estación Udima).	51
5.1.1.5.	Cuenca del Río Mashcón (Estación Augusto Weberbauer).	52
5.1.2.	Similitud Hidráulica.	53
5.1.3.	Transferencia de Información Pluviométrica.	53
5.1.4.	Análisis Estadísticos de Datos Hidrológicos.	54
5.1.4.1.	Prueba de Bondad de Ajuste de Smirnov Kolmogorov y Precipitaciones Máximas de 24 Horas de Data Transferida de Estación Cutervo a la Subcuenca del Río Chetillano.	55
5.1.4.2.	Precipitaciones Máximas de 24 Horas Seleccionadas para Diferentes Tiempos de Retorno, según Mejor Función de Ajuste la Data Transferida hacia la Subcuenca del Río Chetillano.	56
5.1.5.	Determinación de la Tormenta de Diseño.	57
5.1.5.1.	Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia de Data Transferida a la Subcuenca del Río Chetillano en Función a las Precipitaciones Máximas de 24 Horas para Diferentes Tiempos de Retorno de la Estación Cutervo.	57
5.1.6.	Estimación de Caudales.	60
5.1.6.1.	Número de Curva Promedio.	60
5.1.6.2.	Caudales mediante el Método Racional Modificado según Data Transferida de Estación Cutervo.	62
5.1.6.3.	Resultados de Caudales Máximos según Data Transferida de Estación Cutervo.	64
5.2.	ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	64
5.2.1.	Características Morfométricas de la Cuenca.	64
5.2.2.	Similitud Hidráulica.	64
5.2.3.	Transferencia de Información Pluviométrica.	64
5.2.4.	Análisis Estadísticos de Datos Hidrológicos.	65
5.2.4.1.	Prueba de Bondad de Ajuste de Smirnov Kolmogorov y Precipitaciones Máximas de 24 Horas de Data Transferida de Estación Cutervo a la Subcuenca del Río Chetillano.	65
5.2.5.	Determinación de la Tormenta de Diseño.	65
5.2.5.1.	Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia de Data Transferida a la Subcuenca del Río Chetillano en Función a las Precipitaciones Máximas de 24 Horas para Diferentes Tiempos de Retorno de la Estación Cutervo.	65
5.2.6.	Estimación de Caudales.	66
5.2.6.1.	Número de Curva Promedio.	66

5.2.6.2. Caudales mediante el Método Racional Modificado según Data Transferida de Estación Cutervo. 66

5.3. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS.	67
CONCLUSIONES	68
RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
ANEXOS	77
Anexo N° 1. Imagen Satelital del Área de la Subcuenca.	77
Anexo N° 2. Ubicación de las Estaciones Meteorológicas en Referencia a la Subcuenca.	78
Anexo N° 3. Datos de Precipitación Proporcionado por el SENAMHI.	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Clasificación del Coeficiente de Factor de Forma.-----	24
Tabla 2	Clasificación del Coeficiente de Compacidad. -----	25
Tabla 3	Clasificación del Terreno según la Pendiente.-----	27
Tabla 4	Coeficientes de Multiplicación. -----	34
Tabla 5	Valores del Número de Curva. -----	39
Tabla 6	Características Morfométricas de la Subcuenca del Río Chetillano.-----	49
Tabla 7	Características Morfométricas de la Cuenca del Río Silaco. -----	50
Tabla 8	Características Morfométricas de la Cuenca del Río El Molino.-----	51
Tabla 9	Características Morfométricas de la Cuenca del Río Zaña. -----	52
Tabla 10	Características Morfométricas de la Cuenca del Río Mashcón. -----	53
Tabla 11	Similitud Hidráulica con Cuencas que Tengan una Estación Meteorológica. -----	53
Tabla 12	Transferencia de Precipitaciones Máximas de 24 Horas según Altitud (m.s.n.m.).-----	54
Tabla 13	Pruebas de Bondad de Ajuste de Data Transferida de Estación Cutervo. -----	55
Tabla 14	Precipitaciones Máximas para Diferentes Tiempos de Retorno de Data Transferida de Estación Cutervo. -----	55
Tabla 15	Precipitaciones Máximas para Diferentes Tiempos de Retorno de la Data Transferida de Estación Cutervo según Mejor Función de Ajuste. -----	56
Tabla 16	Precipitaciones Máximas de 24 Horas para Diferentes Duraciones en Función a la Estación Cutervo. -----	57
Tabla 17	Intensidades Máximas de 24 Horas para Diferentes Duraciones en Función a la Estación Cutervo. -----	58
Tabla 18	Tipo de Suelo de la Subcuenca. -----	61
Tabla 19	Número de Curva Promedio. -----	62
Tabla 20	Valores Iniciales para el Cálculo de Caudales Máximos. -----	62
Tabla 21	Caudal Máximo para un Periodo de Retorno de 50 Años de Data Transferida de Estación Cutervo. -----	62
Tabla 22	Caudal Máximo para un Periodo de Retorno de 100 Años de Data Transferida de Estación Cutervo. -----	63
Tabla 23	Caudal Máximo para un Periodo de Retorno de 200 Años de Data Transferida de Estación Cutervo. -----	63
Tabla 24	Caudal Máximo para un Periodo de Retorno de 500 Años de Data Transferida de Estación Cutervo. -----	63
Tabla 25	Caudales Máximos de la Subcuenca del Río Chetillano.-----	64
Tabla 26	Precipitaciones Máximas en 24 Horas en Escala Mensual de la Estación Cutervo. -----	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Clasificación de la Cuenca según la Curva Hipsométrica.-----	26
Figura 2	Ejemplo de cómo Determinar el Orden de Cauces.-----	28
Figura 3	Ejemplo de Curvas IDF. -----	33
Figura 4	Grupo Hidrológico de Suelo depende del Tipo de Suelo.-----	38
Figura 5	Mapa de Ubicación de la Subcuenca en Estudio. -----	43
Figura 6	Delimitación de la Subcuenca del Río Chetillano.-----	48
Figura 7	Delimitación de la Cuenca del Río Silaco.-----	49
Figura 8	Delimitación de la Cuenca del Río El Molino. -----	50
Figura 9	Delimitación de la Cuenca del Río Zaña. -----	51
Figura 10	Delimitación de la Cuenca del Río Mashcón. -----	52
Figura 11	Curvas IDF en Función a la Estación Cutervo.-----	59
Figura 12	Tipo de Suelo de la Subcuenca. -----	60
Figura 13	Cobertura de Suelo de la Subcuenca.-----	61

RESUMEN

El estudio analiza y transfiere información meteorológica de cuencas con registros pluviométricos del SENAMHI, hacia aquellas que no disponen. El objetivo principal es: Generar caudales máximos a través del uso del Método Racional Modificado de Témez para la subcuenca del Río Chetillano que no cuenta con información pluviométrica de 24 horas y los específicos son: a) Caracterización morfométrica de la subcuenca del Río Chetillano y b) Determinar caudales máximos mediante la aplicación del Método Racional Modificado de Témez, para períodos de retorno de 50, 100, 200 y 500 años. El tipo de investigación es aplicada. La metodología consistió en seleccionar cuatro (4) estaciones meteorológicas con información de precipitaciones máximas de 24 horas; estas, fueron: Cutervo, Llama, Augusto Weberbauer y Udimá. En el software ArcGIS, se delimitaron y determinaron las características morfométricas, especialmente las adimensionales como: coeficiente de compacidad (K_c), relación de confluencia (R_c) y coeficiente orográfico (C_o), considerando así la similitud geométrica, cinemática y dinámica que deben existir entre ellas; los resultados indican que existe similitud hidráulica entre la subcuenca del río Chetillano y las otras cuatro (4) cuencas seleccionadas. Se aplicó la prueba de bondad de ajuste de Smirnov Kolmogorov a la data de precipitaciones máximas de 24 horas de las 4 estaciones y, se seleccionó a la estación Cutervo como representativa para transferir esta información. Los caudales máximos obtenidos aplicando el método Racional Modificado de Témez a la subcuenca del Río Chetillano para 50, 100, 200 y 500 años, fueron 58.61, 65.76, 72.87 y 82.28 m³/s, respectivamente.

Palabras Claves: Precipitaciones Máximas de 24 horas, Similitud Hidrológica, Parámetros Morfométricos, Tiempo de Retorno.

ABSTRACT

The study analyzes and transfers meteorological information from basins with SENAMHI rainfall records to those that do not. The main objective is: To generate maximum flows through the use of the Modified Rational Method of Témez for the Chetillano River sub-basin that does not have 24-hour rainfall information and the specific objectives are: a) Morphometric characterization of the Chetillano River sub-basin and b) To determine maximum flows through the application of the Modified Rational Method of Témez, for return periods of 50, 100, 200 and 500 years. The type of research is applied. The methodology consisted of selecting four (4) meteorological stations with information on maximum 24-hour rainfall: Cutervo, Llama, Augusto Weberbauer and Udima. In the ArcGIS software, the morphometric characteristics were delimited and determined, especially the adimensional ones such as: compactness coefficient (K_c), confluence ratio (R_c) and orographic coefficient (C_o), thus considering the geometric, kinematic and dynamic similarity that should exist between them; the results indicate that there is hydraulic similarity between the Chetillano river sub-basin and the other four (4) selected basins. The Smirnov Kolmogorov goodness-of-fit test was applied to the 24-hour maximum rainfall data of the 4 stations, and the Cutervo station was selected as representative to transfer this information. The maximum flows obtained by applying the Modified Rational method of Témez to the Chetillano River sub-basin for 50, 100, 200 and 500 years were 58.61, 65.76, 72.87 and 82.28 m³/s, respectively.

Key Words: Maximum 24-hour Rainfall, Hydrological Similarity, Morphometric Parameters, Return Time.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Los estudios hidrológicos precisan de información para estimar caudales máximos orientados al diseño de obras hidráulicas, sin embargo, el registro específico de datos de aforos y precipitaciones es limitada en nuestro País, a pesar de que estas, se generan en zonas altoandinas para el beneficio de grandes extensiones de tierras de la zona costera.

Este problema, es el que gestó mi inquietud de buscar antecedentes de cómo generar información en una cuenca sino existen estaciones meteorológicas. Fue así, que, en base al estudio de doctorado del Ing. Oswaldo Ortiz Vera (2016), propongo la presente investigación en el ámbito de la Sub-Región Chota, concretamente en la subcuenca del Río Chetillano, asumiendo como punto de control, la desembocadura de este, muy cercano a la capital del Distrito de Tacabamba, que se conecta al Río Silaco cuyas aguas se vierten al Río Marañón.

Conforme lo describe Ortiz (2016), dos sistemas hidrológicos son similares, si se toma en cuenta la similitud Geométrica, similitud Cinemática y similitud Dinámica, es decir, si el coeficiente de compacidad (K_c), su relación de confluencia (R_c) y el coeficiente orográfico (C_o), son similares, correspondientemente. Este es un análisis adimensional que depende de la geomorfología que haya adoptado la cuenca y de los efectos que estas se encuentren experimentado en función a los cambios climáticos.

Es por ello por lo que, se seleccionó cuatro cuencas hidrográficas del ámbito de la Región Cajamarca, que tiene un registro de 24 horas de precipitación máxima según el SENAMHI, como han sido las que albergan a las estaciones de Cutervo, Llama, Augusto Weberbauer y Udimá.

Después de estimar que la cuenca seleccionada es apta para el análisis de similitud, la información de precipitaciones se caracterizan utilizando el ajuste propuesto

por Smirnov Kolmogorov, función de probabilidad Normal, Log Normal 2P, Log Pearson tipo III y Gumbel, y finalmente diferentes periodos de precipitación, construcción de curvas IDF y aplicar la curva de enfoque lógico mejorada de Témez para determinar el flujo máximo para lograr las metas establecidas.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La época lluviosa en la sierra peruana, se presenta con ciertas variaciones entre octubre a abril de cada año; son precipitaciones de tipo orográficos y/o convectivas, generados por el desplazamiento de grandes volúmenes de masas de vapor agua, que, de una u otra manera, al caer sobre la tierra, producen escorrentías en zonas urbanas, inundaciones, desbordes y deslizamientos de laderas; todo un gran problema que incluso se transforma en pérdidas humanas y materiales, especialmente ante la presencia de un evento extraordinario como lo es el Fenómeno El Niño.

En estos últimos cinco (5) años, a nivel nacional, prácticamente, se han presentado (2) eventos; uno débil y el otro moderado, este último el año 2016-2017, siendo la región de Cajamarca y específicamente el distrito de Tacabamba y sus caseríos de Chucmar, Centro Palma, La Pucara, Succhapampa, Los Alisos, El Verde, Lanche Cucho, Puña, Pampa Grande, Santo Domingo, Unión Pucara Tacabamba, Nuevo Oriente, los asentamientos que han sufrido los avatares de la naturaleza, presentándose huaycos, deslizamientos y derrumbes, afectando diversos tipos de infraestructuras, viales, educativas, de salud y de viviendas (INDECI, 2018)

Estos acontecimientos que afectan el bienestar de la población, la tranquilidad y la vida, se sienten a lo largo y ancho del ámbito de la subcuenca del río Chetillano.

La presencia de estas lluvias extraordinarias, no llegan a ser registradas in situ, ya que no se cuenta con equipos e infraestructura instalada dentro de esta

subcuenca, lo que hace que se pierda valiosa información, limitando entender el comportamiento de la distribución de las lluvias a lo largo de la subcuenca, así como hacer aportes a estudios sobre Ordenamiento Territorial; sin embargo, existen técnicas básicas de transponer o extrapolar información de sitios que sí tienen registros hacia otros que no lo tienen, tal como se comprueba en diversas tesis hechas en otros espacios del territorio nacional; podemos mencionar el estudio hecho por Paredes (2015) en Puno, donde estima la generación de caudales máximos a partir de precipitaciones de 24 hr de otras estaciones meteorológicas, o, el estudio hecho por Suárez y Almeida (2017) en Colombia, que han determinado la correlación entre precipitaciones y caudales máximos con las características morfométricas de cuencas rurales. Es decir, la tecnología es vasta, así que, para nuestro estudio, con la finalidad de generar caudales en la subcuenca del río Chetillano, hemos utilizado hasta 4 estaciones de los alrededores del ámbito geográfico de la mencionada subcuenca, correspondiendo estas estaciones a Cutervo, Llama, Augusto Weberbauer y Udima, las mismas que a través del análisis de similitud hidráulica las hemos seleccionando para ser las representativas, así aplicando el método racional modificado con la finalidad de estimar caudales máximos.

Según informó la Defensoría de los Derechos Humanos, el estudio forma parte de la Política y Estrategia Nacional del Agua, que reconoce el valor sociocultural, económico y ambiental de los depósitos naturales del recurso hídrico y propone una gestión integrada y una toma de decisiones participativa a través de hidrología de cuenca (2015); esto implica que, necesariamente tarde o temprano, se constituirá conforme a la Ley de Recursos Hídricos, Ley N°29338, los Consejos de Cuencas Hidrográficas, donde nuestra institución universitaria va a tener que participar como miembro activo, entonces, este hecho es más que suficiente para

adentrarnos al conocimiento aproximado de nuestra realidad en cuanto a recursos hídricos, especialmente en zonas que no cuentan con registros directos de los fenómenos meteorológicos, como son las precipitaciones y los caudales que las cuencas generan. En realidad, el tema es bastante complejo, especialmente porque la generación de caudales en una cuenca depende de variables como la geomorfología (parámetros de forma, relieve y red hídrica), meteorológicos (precipitaciones, temperatura, humedad relativa), así como de la cobertura vegetal y de las intervenciones del hombre. Por lo tanto, con base en la investigación de Ortiz (2016), a través del principio de similitud hidráulica, se puede entender como una vía de transmisión de información hidrometeorológica entre sistemas hidrológicos similares que pueden generar el mayor flujo de ecos diferentes utilizando el mayor período de precipitación (24 horas) desde un lugar cercano.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Se podrá generar caudales máximos a través del Método Témez en cuencas sin información pluviométrica de 24 horas para la subcuenca del Río Chetillano, Chota?

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.

El trabajo de investigación se justifica porque representa el esfuerzo de transferir información en base a parámetros adimensionales entre sistemas hidrológicos similares, considerando que la relación precipitación – escorrentía es compleja, tal como lo ha demostrado y sustentado científicamente el Ing. Ortiz (2017) a través de su estudio de Doctorado sobre transferencia de información de cuencas con registros hidrometeorológicos hacia cuencas que no cuentan con ella, y de esta manera, poder aplicar otros modelos hidráulicos que permitan llegara a estimar la generación de caudales, tal como lo hace el modelo del Método Racional

Modificado de Témez, planteado por el Manual de Hidráulica, Hidrología y Drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2012). De esta manera, la data hidrometeorológica de otras cuencas, especialmente las precipitaciones máximas de 24 horas, que en este caso pertenecen a las estaciones: Cutervo, Llama, Augusto Weberbauer y Udimá, permitan seleccionar a una de ellas (la que mejor similitud Hidrológica presente) para transferirle valores de precipitaciones máximas y determinar caudales máximos para diferentes tiempos de retorno (T_r), proveyendo a la ingeniería en su conjunto, pudiendo emplear esta información para diseñar cualquier obra de tipo hidráulica o atender la planificación de zonas con problemas de inundaciones u problemas de regadío o drenaje de carreteras o drenaje pluvial de ciudades urbanas y/o rurales.

1.4. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

Este estudio se centró en el análisis de las precipitaciones más altas registradas en 24 horas en las estaciones meteorológicas comprendidas en la región Cajamarca, que pertenecen al SENAMHI y que es utilizada con autorización de dicha institución estatal, para luego ser extendida hacia el ámbito de la Subcuenca del Río Chetillano ubicada entre los distritos de Conchan, Tacabamba y Chalamarca, provincia de Chota, atendiendo la similitud hidráulica existente entre las estaciones vecinas que se analizarán como: Cuenca de la estación Cutervo, Llama, Augusto Weberbauer y Udimá.

1.5. OBJETIVOS.

1.5.1. Objetivo General.

- Generar caudales máximos a través del uso del Método Racional Modificado de Témez para la subcuenca del Río Chetillano que no cuenta con información pluviométrica de 24 horas.

1.5.2. Objetivos Específicos.

- Caracterización morfométrica de la subcuenca del Río Chetillano, utilizando como herramienta de trabajo, el software ArcGIS.
- Determinar caudales máximos mediante la aplicación del Método Racional Modificado de Témez, para períodos de retorno de 50, 100, 200 y 500 años.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

2.1.1. Antecedente Internacional.

Sotomayor (2019) quien realizó la investigación “*Adaptación de los recursos hídricos al cambio climático: aplicación de modelos hidrológicos al caso de la cuenca del río Babahoyo-Ecuador*” donde implementó una base metodológica con el objetivo es comparar los balances hídricos actuales y futuros del área de captación, utilizando modelamientos hidrológicos y referencias geográfica sistemáticamente en el área de captación. Para lo cual recogió datos hidrometeorológicos y posteriormente obtuvo un modelamiento hidrológico. Una de las conclusiones a la cual llegó es que se debe completar la información debido a que existen vacíos con los apuntes de lluvias diaria obtenida de las estaciones, además estos no cuentan con un proceso de validación y homogeneización.

Sandoval y Aguilera (2015) en su estudio titulada “*Determinación de caudales en cuencas con poca información hidrológica*” en Ecuador, desarrollaron ecuaciones que eran aplicables a un área de captación con poca información hidrológica para calcular desde el máximo, medio y mínimo referente al caudal a partir del balance de masa de agua. Estas fórmulas de caudales máxima son aplicables a lagos menores o iguales a 45 kilómetros cuadrados y mayores a 45 kilómetros cuadrados. La ecuación obtenida para el caudal máximo para cuencas pequeñas ($A \leq 45 \text{ km}^2$) es proporcional al área de captación y precipitación media. Por otro lado, el coeficiente máximo de escurrimiento para cuencas grandes ($A > 45 \text{ km}^2$) varía con la precipitación, el menor corresponde a una precipitación promedio de 2500 mm, y todas estas ecuaciones son equivalentes al mismo que el método racional.

2.1.2. Antecedente Nacional.

Herencia y Carrera (2019) realizaron la investigación “*Estimación caudales medios y máximos de la cuenca del río Checras mediante ecuaciones sintéticas y racionales*”, en Lima utilizaron datos obtenidos del SENAMHI para establecer los indicadores morfológicos para medir el caudal medio y máximo del sistema hidrológico. Concluyeron que las ecuaciones combinadas y racionales eran aplicables a las cuencas altoandinas del Perú hasta 1000 kilómetros cuadrados con poca o ninguna información meteorológica e hidrológica.

Lujano et al. (2017) desarrollaron la investigación “*Regionalización de caudales mensuales en la región hidrográfica del Titicaca, Perú*”, en Puno, se creó un modelo regional de tráfico promedio mensual y presencia continua de los principales canales, para poder estimar caudales en cuencas donde no se cuenta con un registro hidrométrico. La metodología empleada para definir las regiones hidrológicas semejantes se hizo mediante técnicas de Ward y Momentos-L. D. Concluyendo que, si es válido transferir, pero siempre y cuando las áreas tengan las mismas características.

2.1.3. Antecedente Local.

Silva (2019) realizó la investigación “*Generación de información hidrométrica con fines de aprovechamiento hídrico para la cuenca El Porvenir distrito de Huarango*” en San Ignacio. Su desarrollo inicio delimitando la cuenca que no cuenta con información hidrometeorológica, determinando los parámetros geomorfológicos, analizado la similitud de sistemas hidráulicos, tratado la información hidrometeorológica, transferido la información para analizar la curva de duración. Concluyendo que la transferencia de información

hidrometeorológica es posible debido a que las cuencas analizadas están dentro de los límites aceptables para que exista una similitud hidráulica.

Julcamoro (2017) en la investigación “*Evaluación de la disponibilidad del recurso hídrico en la microcuenca del río El Tuyo en el distrito de Catilluc, provincia de San Miguel-Cajamarca, 2017*” evaluó el recurso hídrico para determinar su disponibilidad en la microcuenca del río El Tuyo con la metodología de Lutz Scholz. Concluyó que si hacemos un análisis de consistencia a la información garantiza que se tenga datos sin errores y estos estén acorde con la zona de estudio.

Ortiz (2016) en su investigación “*Similitud hidráulica de sistemas hidrológicos altoandinos y transferencia de información hidrometeorológica*” en Cajamarca definió los parámetros que son analizados en cuencas altoandinas para que haya una similitud hidráulica. Concluyó que los parámetros que determinan la similitud hidráulica de cuencas altoandinas son: los Coeficientes de compacidad, orográfico y relación de confluencias.

2.2. MARCO TEÓRICO.

2.2.1. Características Morfométricas de la Cuenca.

Las propiedades morfométricas son una serie de valores que se tienen que obtener en muchos casos antes de iniciar una investigación hidrológica, con el objetivo de conseguir información de la cuenca para el aprovechamiento o su respectivo control. (Lux, 2016)

2.2.1.1. Área (A).

Es la superficie proyectada sobre un plano horizontal y para poder obtenerla se tiene que delimitar la cuenca en base a la línea distribuidora de aguas. Este indicador se mide en km². (Villón, 2002)

2.2.1.2. Perímetro (P).

Esta es la línea trazada a través de la cuenca. La unidad para este parámetro es la longitud, que se puede expresar en metros o kilómetros. (Ibáñez *et al.*, 2011)

2.2.1.3. Longitud de la Cuenca (L).

Se considera a la separación que hay a partir del punto de cierre de la cuenca hasta la zona más distante de la misma. Esta longitud conecta los bordes de la cuenca paralelamente al canal primordial. Su unidad de medida se expresa en kilómetros. (Camino *et al.*, 2018)

2.2.1.4. Longitud del Cauce Principal (Lp).

Se mide la extensión desde el lugar más lejano del canal receptor hasta la boca del tanque. Esta longitud suele concordar con la longitud del canal más grande, este parámetro está en km. (Camino *et al.*, 2018)

2.2.1.5. Ancho de la Cuenca (B).

Se asume como valor a la relación obtenida de la superficie y la amplitud de la cuenca, dicho indicador se obtiene en kilómetros. (Lux, 2016)

$$B = \frac{A}{L}$$

Donde:

- **A:** Área de la cuenca (km²).
- **L:** Longitud de la cuenca (km).

2.2.1.6. Factor de Forma (Ff).

Este es el vínculo entre la superficie de la cuenca y su longitud, el cual representa su elongación. Si el valor calculado es bajo, la cuenca tiende a tener menor riesgo de crecientes que una cuenca que tiene las mismas características, pero mayor valor de factor de forma. (Córdova, 2016)

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

Donde:

- **A:** Área de la cuenca (km²).
- **L:** Longitud de la cuenca (km).

Para la clasificación de la forma de la cuenca se tiene los siguientes parámetros:

Tabla 1

Clasificación del Coeficiente de Factor de Forma.

FACTOR DE FORMA	ESTRUCTURA DE LA CUENCA
<0.22	Muy larga
0.22 a 0.30	Larga
0.30 a 0.37	Levemente larga
0.37 a 0.45	Ni larga ni ancha
0.45 a 0.60	Levemente ancha
0.60 a 0.80	Ancha
0.80 a 1.20	Muy ancha
>1.20	Rodeando al desagüe

Nota: Pérez (citado en Córdova, 2016)

2.2.1.7. Coeficiente de Compacidad (Kc).

Es el vínculo entre la circunferencia de la cuenca, que teóricamente debería ser circular, pero ambas teniendo la misma área de superficie. El resultado nunca debe ser menor a 1. (Ibáñez *et al.*, 2011)

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

Donde:

- **P:** Perímetro de la cuenca (km).
- **A:** Área de la cuenca (km²).

El valor obtenido puede clasificar a la cuenca según la siguiente tabla:

Tabla 2

Clasificación del Coeficiente de Compacidad.

GRUPO	ÍNDICE DE COMPACIDAD	ESTRUCTURA DE LA CUENCA
Grupo A	1.00 a 1.25	Cerca de circular a redonda ovalada
Grupo B	1.26 a 1.50	Redonda ovalada a oblonga ovalada
Grupo C	1.51 a más de 2	Oblonga ovalada a oblonga rectangular

Nota: Campos (citado en Lux, 2016)

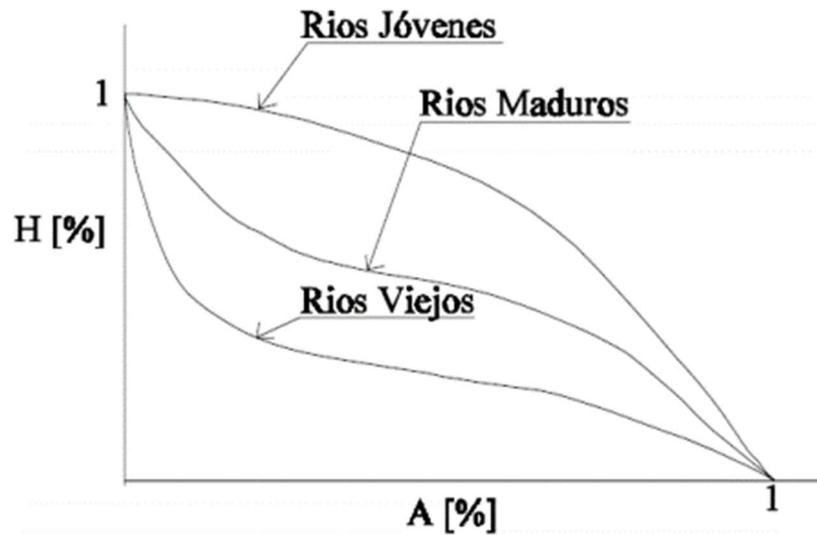
2.2.1.8. Curva Hipsométrica.

Está representado por el sistema de coordenadas cartesianas, que simboliza el vínculo entre la elevación y el área del cuerpo de agua. Para refinar las curvas de altura, se utilizan planos contorneados. (Villón, 2002)

Y según la gráfica de la curva hipsométrica podemos determinar el ciclo erosivo y etapa evolutiva del río.

Figura 1

Clasificación de la Cuenca según la Curva Hipsométrica.



Nota: Llamas (citado en Rengifo, 2018)

2.2.1.9. Altitud Media de la Cuenca (Hm).

Consiste en la elevación obtenida promediando el área de la cuenca. (Silva, 1999)

$$H_m = \frac{\sum H_i * S_i}{A}$$

Donde:

- **Hi:** Altitud media de cada tramo de área contenido entre las curvas de nivel (m.s.n.m.).
- **Si:** Área contenida entre las curvas de nivel (km²).
- **A:** Área de la cuenca (km²).

2.2.1.10. Coeficiente Orográfico (Co).

Es una medida de la disminución de una cuenca y tiene en cuenta tanto el nivel como el área de la cuenca. (Bermúdez, 2016)

$$C_o = \frac{H_m^2}{A}$$

Donde:

- **Hm:** Altitud media de la cuenca (km).
- **A:** Área de la cuenca (km²).

2.2.1.11. Pendiente Media de la Cuenca (Sm).

Parámetro que define la topografía de una cuenca y permite la agregación de información entre cuencas para observar la erosión que ocurre en la superficie. (Lux, 2016)

$$Sm = \frac{Lc * D}{A}$$

Donde:

- **Lc:** Longitud total de las curvas de nivel (km).
- **D:** Diferencia de altura entre curvas de nivel (km).
- **A:** Área de la cuenca (km²).

Y según el valor encontrado el tipo de relieve de la cuenca puede ser:

Tabla 3

Clasificación del Terreno según la Pendiente.

PORCENTAJE %	TIPO
<5	Plano
5-12	Ligeramente ondulado
12-18	Ondulado
18-24	Fuertemente ondulado
24-32	Escarpado
32-44	Fuertemente escarpado
>44	Montañoso

Nota: (Machado *et al.*, 2017)

2.2.1.12. Pendiente Media del Cauce Principal (S).

Vínculo existente entre la inclinación del lecho del río y su extensión. (Ibáñez *et al.*, 2011)

$$S = \frac{Da}{Lp}$$

Donde:

- **Da:** Diferencia altitudinal (km).
- **Lp:** Longitud del Cauce Principal (km).

2.2.1.13. Orden de Cauces.

Este es la secuencia de los ríos, este parámetro tiene en cuenta los ríos de primer orden, es decir, los que llevan agua desde su nacimiento y no tienen afluentes. Cuando los dos ríos del primer paso se unen, se forma un río del segundo paso. Este proceso se repite y cuando dos ríos de orden i se articulan, da resultado a un río de orden $i+1$. Y cuando un río se llega a unir con otro de mayor orden prevalece el orden mayor (Lux, 2016).

Figura 2

Ejemplo de cómo Determinar el Orden de Cauces.



Nota: (Villón, 2002)

2.2.1.14. Relación de Confluencias (Rc).

Describe la distribución de una red de drenaje o la geometría de flujo superficial. (Ortiz, 2016)

$$R_{ci} = \frac{N_i}{N_i + 1}$$

Donde:

- **Rci:** Relación de confluencia parcial.
- **Ni:** Número de cursos de orden i.
- **Ni+1:** Número de cursos de orden inmediatamente superior.

$$R_c = \frac{1}{n} \sum \frac{N_i}{N_i + 1}$$

Donde:

- **n:** Número de relación de confluencias parciales calculadas.
- **Rci:** Relación de confluencia parcial.

2.2.2. Similitud Hidráulica.

La similitud hidráulica es la condición para poder asegurar que dos o más cuencas tienen condiciones similares, por lo tanto, es factible la transferencia de información de una cuenca a otra. En el cinturón altoandino, el coeficiente de compacidad, relación de confluencias y coeficiente orográfico, respectivamente, presentan similitudes geométricas, cinéticas y dinámicas, suficientes para garantizar la similitud hidráulica entre las dos o varias cuencas. Los mayores coeficientes de variación son 0,05, 0,20 y 0,30, respectivamente (Ortiz, 2016).

2.2.3. Transferencia de Información Pluviométrica.

Este proceso se lleva a cabo una vez determinado la similitud hidráulica entre dos o más cuencas, además del análisis estadístico y coherencia de la

averiguación recolectada de las estaciones meteorológicas ubicadas en la misma cuenca hidráulica que la cuenca de estudio. (Ortiz, 2016)

Para el traspaso de información meteorológica se usa la siguiente fórmula:

$$I_d = \left(\frac{H_d}{H_o} \right) * I_o$$

Donde:

- **I_d**: Intensidad de precipitación en la cuenca de destino (mm).
- **I_o**: Intensidad de precipitación en la cuenca de origen (mm).
- **H_d**: Altura de la cuenca de destino (m.s.n.m.).
- **H_o**: Altura de la cuenca de origen (m.s.n.m.).

2.2.4. Análisis Estadísticos de Datos Hidrológicos.

Su propósito es utilizar varios modelos probabilísticos con la finalidad de determinar la precipitación máxima, la velocidad o la escorrentía para diferentes periodos de retorno. (MTC, 2011)

Al existir una gran variedad de modelos probabilísticos, el modelo designado es la prueba de bondad de ajuste de Smirnov Kolmogorov.

2.2.4.1. Distribución Normal.

Se determina sobre la base de 2 indicadores, como los son la media y la desviación estándar. (Pértegas y Pita, 2001)

$$f(x) = \frac{1}{S\sqrt{(2\pi)}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{S}\right)^2}$$

Donde:

- **f(x):** Función densidad normal de la variable x.
- **x:** Variable independiente.
- **μ:** Parámetro de localización, igual a la media aritmética de x.
- **S:** Parámetro de escala, igual a la desviación estándar de x.

2.2.4.2. Distribución Log Normal 2 Parámetros.

El método se obtiene cuando el logaritmo de la variable se representa a través una distribución normal. (Aráoz y Luccioni, 2008)

$$f(x \leq x_i) = \frac{1}{S\sqrt{(2\pi)}} \int_{-\infty}^{x_i} e^{(-(x-\bar{x})^2/2S^2)} dx$$

Donde:

- **x:** Logaritmo de la variable aleatoria.
- **\bar{x} y S:** Parámetros de la distribución.

2.2.4.3. Distribución Log Pearson Tipo III.

Este es un método para explicar la distribución de probabilidad de un evento utilizando el método de Poisson. (García, 2013)

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

Donde:

- **y = log(x).**
- **$\Gamma(\beta)$:** Función.
- **β , λ y ε :** Parámetros de forma, escala y posición respectivamente.

2.2.4.4. Distribución Gumbel.

De acuerdo con García (2013) esta es actualmente la asignación estadística más utilizada para obtener datos de lluvias y así los periodos de tiempo de retorno estimados.

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

Donde:

- **f(x):** Probabilidad de que un valor dado de x no sea superado.
- **x:** Valor de la variable aleatoria.
- **α y μ :** Parámetros del ajuste.

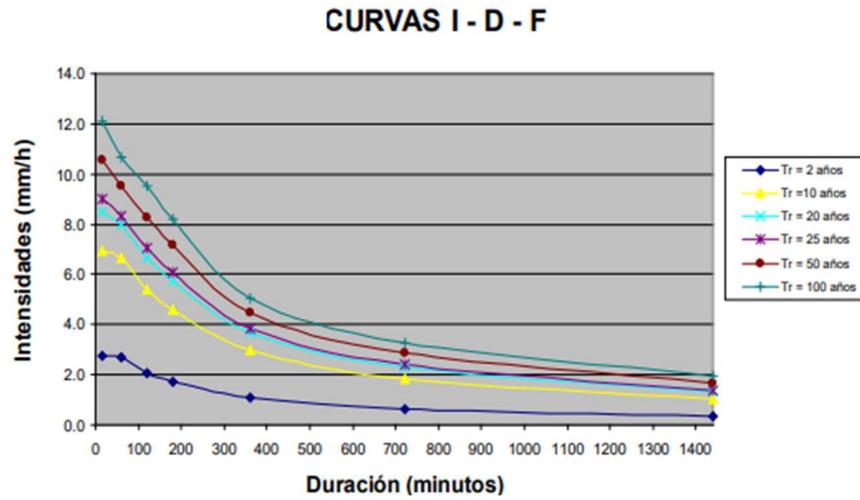
2.2.5. Determinación de la Tormenta de Diseño.

Es de vital importancia las tormentas de diseño para el modelamiento de obras hidráulicas y poder mitigar el impacto de la crecida de ríos a lo largo de la cuenca. Para el diseño de estas tormentas se puede usar información histórica o información de zonas adyacentes. (MTC, 2011)

2.2.5.1. Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia.

Esta es la parte elemental de modelamiento que permite conocer la intensidad, duración y frecuencia de la lluvia. Para construir las curvas IDF, necesita datos de las tormentas del área de interés. (MTC, 2011)

Figura 3
Ejemplo de Curvas IDF.



Nota: (MTC, 2011)

En nuestro país, debido a que no contamos con mucha información de lluvias, se hace muy difícil que se puedan elaborar curvas IDF. Según el MTC (2011), esta es actualmente la asignación estadística más utilizada para obtener datos de lluvias y así periodos de tiempo de retorno estimados.

A. Tormentas entre 1 y 48 horas.

Las tormentas entre 1 y 48 horas se estiman multiplicando los siguientes valores:

Tabla 4*Coefficientes de Multiplicación.*

TIEMPO DE LLUVIA (HR)	COEFICIENTE
1	0.25
2	0.31
3	0.38
4	0.44
5	0.50
6	0.56
8	0.64
10	0.73
12	0.79
14	0.83
16	0.87
18	0.90
20	0.93
22	0.97
24	1.00
48	1.32

Nota: (MTC, 2011)**B. Tormentas menores a 1 hora.**

Para tormentas menores a una hora se tiene que emplear la siguiente fórmula es:

$$P_d = P_{24h} \left(\frac{d}{1440} \right)^{0.25}$$

Donde:

- **P_d**: Precipitación total (mm).
- **d**: Duración (min).
- **P_{24h}**: Precipitación máxima en 24 horas (mm).

2.2.6. Estimación de Caudales.

Es una parte importante del proyecto de los recursos hídricos y el diseño de la estructuras hídrica en toda el área de la cuenca. Hay tipos de caudal: instantáneo, diario, mensual, anual, módulo, extremo, ecológico, mínimo y máximo. Con base en ellos, podemos crear una serie de flujos para

diferentes períodos de recuperación en función de las tasas de interés.
(Herencia y Carrera, 2019)

2.2.6.1. Método Racional Modificado.

Este es un modelo que determina fácilmente el caudal máximo, es decir, el mayor caudal de la cuenca con un área inferior a 3.000 km² y un tiempo de concentración (Tc) de 0,25 a 24 horas.
(MTC, 2011)

$$Q = \frac{CIAK}{3.6}$$

Donde:

- **Q:** Descarga máxima de diseño (m³/s).
- **C:** Coeficiente de escorrentía para el intervalo en el que se produce.
- **I:** Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h).
- **A:** Área de la cuenca (km²).
- **K:** Coeficiente de uniformidad.

Los factores de representación común están determinados por las fórmulas:

A. Tiempo de Concentración (Tc).

$$Tc = 0.3(Lp/S^{0.25})^{0.76}$$

Donde:

- **Lp:** Longitud del cauce principal (km).
- **S:** Pendiente promedio del cauce mayor (m/m).

B. Coeficiente de Uniformidad (K).

$$K = 1 + \frac{T_c^{1.25}}{T_c^{1.25} + 14}$$

Donde:

- **T_c:** Tiempo de concentración (horas).

C. Coeficiente de Simultaneidad o Factor Reductor (K_A).

$$K_A = 1 - ((\log_{10}A)/15)$$

Donde:

- **A:** Área de la cuenca (km²).

D. Precipitación Máxima Corregida sobre la Cuenca (P).

$$P = K_A P_d$$

Donde:

- **K_A:** Factor reductor.
- **P_d:** Precipitación máxima diaria (mm).

E. Intensidad de Precipitación (I).

$$I = \left(\frac{P}{24}\right) * (11)^{\frac{28^{0.1} - T_c^{0.1}}{28^{0.1} - 1}}$$

Donde:

- **P:** Precipitación máxima corregida (mm).
- **T_c:** Tiempo de concentración (horas).

F. Coeficiente de Escorrentía (C).

$$C = \frac{(P_d - P_o) * (P_d + 23 * P_o)}{(P_d + 11 * P_o)^2}$$

Donde:

- **P_d:** Precipitación máxima diaria (mm).
- **P_o:** Umbral de escorrentía (mm).

G. Umbral de Escorrentía (P_o).

$$P_o = \left(\frac{5000}{CN'} \right) - 50$$

Donde:

- **CN'**: Número de curva promedio.

H. Número de Curva Promedio (CN').

$$CN' = \frac{\sum(CN * A)}{A}$$

Donde:

- **CN**: Número de curva.
- **A**: Área (km).

Figura 4*Grupo Hidrológico de Suelo depende del Tipo de Suelo.*

TIPOS DE SUELOS	GRUPO HIDROLÓGICO
Acrisol háplico - Alisol háplico - Lixisol háplico	C
Acrisol háplico - Alisol háplico - Luvisol crómico	C
Arenosol háplico - Solonchak háplico	A
Cambisol dístrico - Acrisol háplico	C
Cambisol dístrico - Acrisol háplico - Lixisol háplico	C
Cambisol dístrico - Alisol háplico	C
Cambisol dístrico - Nitisol háplico	C
Cambisol éutrico - Phaeozem háplico	B
Cambisol éutrico - Vertisol éutrico	C
Fluvisol éutrico - Gleysol éutrico	B
Fluvisol éutrico - Regosol éutrico	B
Gleysol dístrico - Cambisol dístrico	B
Gleysol dístrico - Histosol fibrico	D
Gleysol dístrico - Lixisol háplico - Fluvisol dístrico	A
Leptosol dístrico - Afloramiento lítico	B
Leptosol dístrico - Andosol mbrico - Afloramiento lítico	B
Leptosol dístrico - Andosol vítrico	B
Leptosol dístrico - Cambisol dístrico - Regosol dístrico	B
Leptosol dístrico - Regosol dístrico - Afloramiento lítico	B
Leptosol éutrico - Afloramiento lítico	B
Leptosol éutrico - Cambisol éutrico	C
Leptosol éutrico - Cambisol éutrico - Regosol éutrico	B
Leptosol éutrico - Kastanozem háplico - Afloramiento lítico	B
Leptosol éutrico - Regosol éutrico - Afloramiento lítico	B
Leptosol lítico - Afloramiento lítico	B
Lixisol háplico - Gleysol dístrico	B
Luvisol crómico - Cambisol éutrico	C
Regosol dístrico - Afloramiento lítico	B
Regosol dístrico - Cambisol dístrico	C
Regosol éutrico - Andosol móllico	C
Regosol éutrico - Calcisol háplico	C
Regosol éutrico - Cambisol éutrico	C
Solonchak háplico - Leptosol éutrico	A

Nota: (ANA, 2015)

Tabla 5*Valores del Número de Curva.*

USO DE LA TIERRA	GRUPO HIDROLÓGICO			
	A	B	C	D
Cuerpos de agua	100	100	100	100
Nevados	98	98	98	98
Centros poblados	77	85	90	92
Cultivos/Áreas intervenidas	62	71	78	81
Matorral arbustivo abierto	45	66	77	83
Pradera en zona de clima frío	68	79	86	89
Sabana de árboles leñosos	45	66	77	83
Sabana hidromorfica	25	55	70	77
Selva lluviosa tropical	25	55	70	77
Selva lluviosa tropical con bambúes	25	55	70	77
Selva temporal de hojas anchas	25	55	70	77
Selva hidrolítica	39	61	74	80
Desierto en zona de clima árido	72	81	88	91

Nota: (ANA, 2015)

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.

Características Morfométricas: Son parámetros que caracterizan a una cuenca y se debe conocer antes de empezar un estudio. (Lux, 2016)

Caudales Máximos: Estos son flujos que están directamente relacionados con el período de recuperación. (Sandoval y Aguilera, 2015)

Cuenca: Según Villón (2002), es la parte superficial donde todos los fluidos obtenidos debido a las precipitaciones se articulan para establecer un solo recorrido de agua. (Villón, 2002)

Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF): Parte fundamental que tiene el objetivo de estimar las tormentas de modelación en lugares que no cuentan con información de caudales. (Pérez y Senent, 2017)

Modelos de Distribución: Se utiliza para estimar la precipitación máxima, la intensidad o el caudal para diferentes periodos de regreso. (MTC, 2011)

Periodo de Retorno: Es la duración estimada para que una eventualidad de interés se desarrolle por primera vez. (Fernández y Montt, 2001)

Precipitación: Proporción de líquido (H_2O) proveniente de la humedad atmosférica que cae hacia el suelo. Esta agua puede ser líquida (por ejemplo, lluvia) o sólida (por ejemplo, granizo, nieve o escarcha). (Accostupa, 2017)

Precipitación Máxima 24 Horas: Es 1.13 veces mayor que la precipitación máxima de 1 día. (Cardich, 2017, citado en Mandamiento, 2018)

CAPÍTULO III. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. HIPÓTESIS.

A través del modelo del Método Racional Modificado de Témez, es posible determinar caudales máximos en cuencas que no cuentan con información pluviométrica de 24 horas, tal el caso del Rio Chetillano.

3.2. VARIABLES.

Variable Independiente:

- Características Morfométricas.
- Precipitaciones.

Variable Dependiente:

- Caudales Máximos.

3.3. OPERALIZACIÓN DE VARIABLES.

VARIABLES		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL			
			DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICA	INSTRUMENTO
VARIABLE INDEPENDIENTE	Características Morfométricas	Son parámetros que caracterizan a una cuenca y se debe conocer antes de empezar cualquier investigación.	—	Área	Cartografía Digital (Satélite ALOS PALSAR)	Software ArcGIS
				Perímetro		
				Longitud de la Cuenca		
				Longitud del Cauce Principal		
				Ancho de Cuenca		
				Factor de Forma		
				Coeficiente de Compacidad		Hoja Excel
				Curva Hipsométrica		
				Altitud Media de la Cuenca		
				Coeficiente Orográfico		
				Pendiente Media de la Cuenca		
				Pendiente Media del Cauce Principal		
Orden de Cauces	Pluviógrafo					
Relación de Confluencias						
Precipitación	Se considera a la porción de recurso hídrico proveniente de la humedad atmosférica que cae hacia el suelo. Esta agua puede ser líquida, como la lluvia, o sólida, como el granizo, la nieve o la escarcha.	Volumen de Agua Acumulada Diaria	Precipitación Máxima Diaria Anual	Registros de Precipitación Diaria	Pluviómetro	
					Pluviómetro	
VARIABLE DEPENDIENTE	Caudales Máximos	Son aquellos caudales que están directamente relacionados al tiempo de retorno.	Parámetros del Método Racional Modificado	Coeficiente de Escorrentía	Método Racional Modificado	Tabulado por Método
				Intensidad de Precipitación Máxima Horaria		Curvas IDF
				Área de la cuenca		Software ArcGIS
				Coeficiente de Uniformidad		Formulación del Método

CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO

4.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO.

El área de este estudio se considera a la subcuenca del río Chetillano, ubicada en:

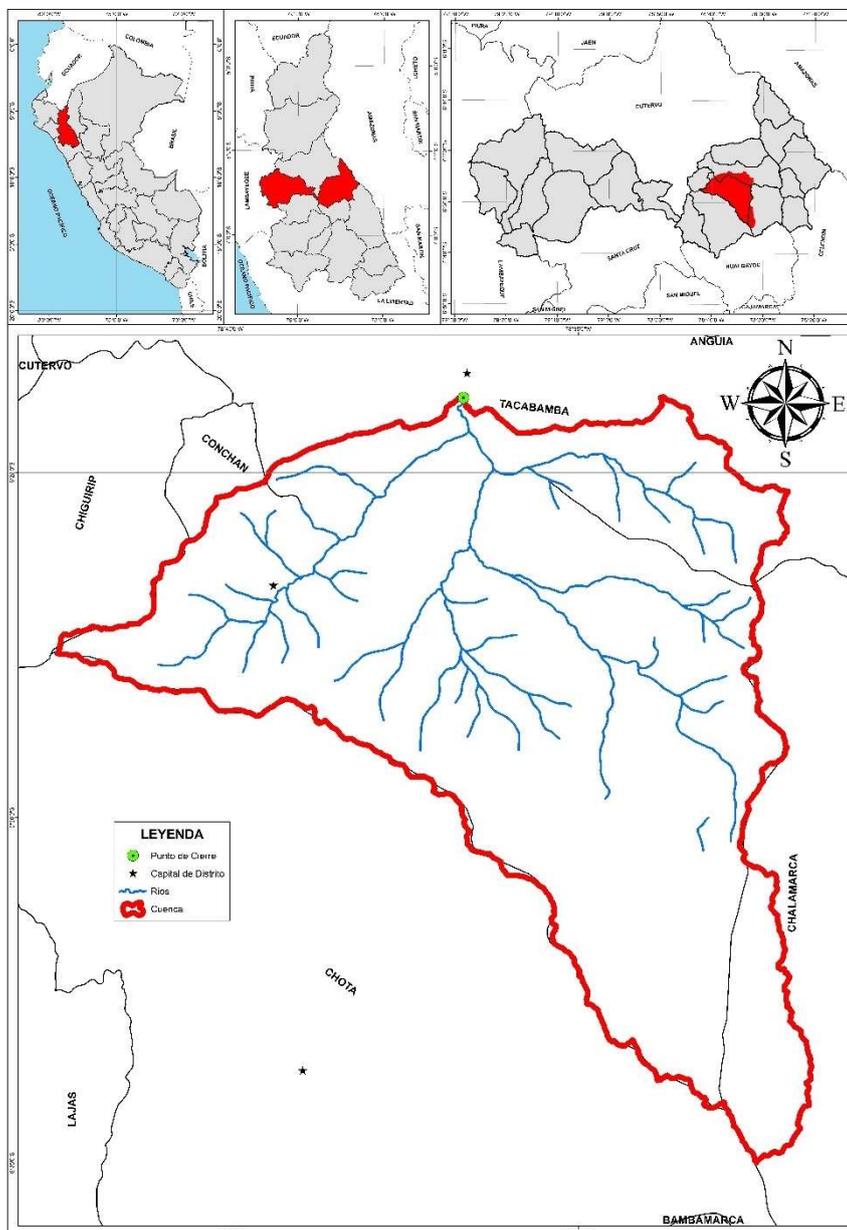
Departamento : Cajamarca.

Provincia : Chota.

Distritos : Conchan, Chalamarca y Tacabamba.

Figura 5

Mapa de Ubicación de la Subcuenca en Estudio.



4.2. UNIDAD DE POBLACIÓN, MUESTRA y ANÁLISIS.

4.2.1. Población.

La población de estudio incluyo a todas las cuencas, subcuencas y microcuencas sin información pluviométrica, ubicadas en el ámbito de la provincia de Chota.

4.2.2. Muestra.

La muestra fue no probabilística determinada por conveniencia, donde para la presente investigación se optó por la Subcuenca del río Chetillano.

4.3. TIPO Y DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

4.3.1. Tipo de Investigación.

Este estudio se considera una investigación aplicada porque pone en práctica el conocimiento y ayuda a aplicarlo a la resolución de problemas en beneficio de la sociedad. De acuerdo a su metodología, la investigación es cuantitativa porque existen tales fases de investigación, teniendo en cuenta las variables de la investigación. (Hernández y Mendoza, 2018).

De acuerdo con Hernández y Mendoza (2018) este trabajo se realizó a nivel de investigación descriptiva porque las dos variables (variables complejas con factores o indicadores cuantitativos) se investigaron de forma secuencial, es decir, la intención de este trabajo no fue investigar la relación entre las dos variables.

4.3.2. Diseño de Investigación.

Para inferir los cambios, sus determinantes y consecuencias, se utilizaron diseños no experimentales o longitudinales no empíricos, incluyendo la recolección de datos en puntos de tiempo o períodos diferentes (Hernández y Mendoza, 2018).

En este trabajo de investigación, se adoptaron dos modelos de investigación, el diseño documental y el diseño de campo, es decir, se utilizaron datos de la literatura (datos secundarios) y fuentes primarias para lograr cada objetivo específico. Además, este estudio no determinó el efecto de una variable sobre otras variables como el eje central, la manipulación y el control de otras variables (Arias, 2016).

4.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

VARIABLES	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Características Morfométricas	Cartografía Digital (Satélite ALOS PALSAR)	Software ArcGIS Hoja Excel
Precipitación	Registros de Precipitación Diaria	Pluviógrafo Pluviómetro Tabulado por Método
Caudales Máximos	Método Racional Modificado	Curvas IDF Software ArcGIS Formulación del Método

4.5. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.

Primero realizamos la caracterización morfométrica de la cuenca en estudio incluyendo a las cuencas donde exista una estación con la finalidad de encontrar una similitud hidráulica para el traslado informativo. Determinando que las cuencas que tienen similitud hidráulica con la cuenca de estudio como lo son las cuencas que albergan a las estaciones de Cutervo, Llama, Augusto Weberbauer y Udima.

Se selecciono la estación Cutervo para obtener información de precipitación máximas de 24 horas, la cual fue traspasada a la subcuenca de estudio apoyándonos en la fórmula propuesta por Ortiz (2016).

Usando los datos obtenidos, usamos la prueba de ajuste de Smirnov Kolmogorov para realizar análisis estadísticos con los datos hidrológicos usando distribuciones normales, log-normal de 2 indicadores, distribuciones log-Pearson

tipo III o Gumbel para establecer que distribuciones analizadas tiene el mejor ajuste y obtener los datos relevantes.

Luego, se desarrolló la curva IDF utilizando el método de bloques al tresbolillo, y finalmente se utilizamos el método racional modificado con la finalidad de estimar el caudal máximo en función de los distintos períodos de retorno. En el caso del último método, se requieren datos sobre características morfológicas, precipitación máxima diaria, factor de reducción, precipitación máxima corregida y umbral de caudal. Luego, necesito obtener el número promedio de curvas según el uso del suelo.

4.6. MATRIZ DE CONSISTENCIA.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	DISEÑO
¿Se podrá generar caudales máximos a través del Método Témez en cuencas sin información pluviométrica de 24 horas para la subcuenca del Río Chetillano, Chota?	GENERAL Generar caudales máximos a través del uso del Método Racional Modificado de Témez para la subcuenca del Río Chetillano que no cuenta con información pluviométrica de 24 horas.	A través del modelo del Método Racional Modificado de Témez, es posible determinar caudales máximos en cuencas que no cuentan con información pluviométrica de 24 horas, tal el caso del Río Chetillano.	VARIABLES INDEPENDIENTES Características Morfométricas.	-	Área	No experimental
					Perímetro	
					Longitud de la Cuenca	
					Longitud del Cauce Principal	
					Ancho de Cuenca	
					Factor de Forma	
					Coefficiente de Compacidad	
					Curva Hipsométrica	
					Altitud Media de la Cuenca	
					Coefficiente Orográfico	
					Pendiente Media de la Cuenca	
					Pendiente Media del Cauce Principal	
	Orden de Cauces					
Relación de Confluencias						
Precipitación	Volumen de Agua Acumulada Diaria	Precipitación Máxima Diaria Anual				
ESPECÍFICOS Caracterización morfométrica de la subcuenca del Río Chetillano, utilizando como herramienta de trabajo, el software ArcGIS. Determinar caudales máximos mediante la aplicación del Método Racional Modificado de Témez, para períodos de retorno de 50, 100, 200 y 500 años.			VARIABLE DEPENDIENTE Caudales máximos	Parámetros del Método Racional Modificado	Coefficiente de Escorrentía	
					Intensidad de Precipitación Máxima Horaria	
					Área de la cuenca	
					Coefficiente de Uniformidad	

CAPÍTULO V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

5.1.1. Características Morfométricas de la Cuenca.

Basado en un mapa digital con una resolución de 12,5 m sintetizado desde el satélite ALOS PALSAR y cartas nacionales pertenecientes al Instituto Geográfico Nacional (IGN), se procedió a delimitar y determinar las características morfométricas, con ayuda de los softwares ArcGIS y Excel, de las cuencas de interés.

5.1.1.1. Subcuenca del Río Chetillano.

Figura 6

Delimitación de la Subcuenca del Río Chetillano.

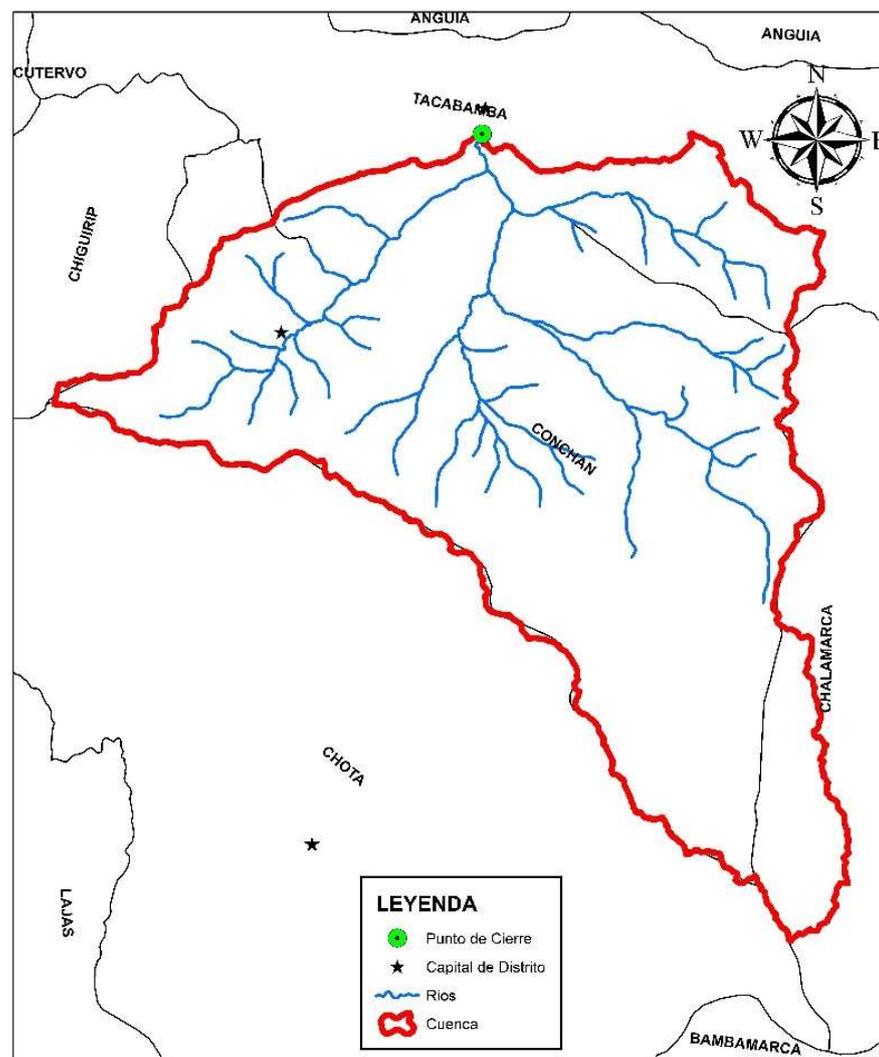


Tabla 6

Características Morfométricas de la Subcuenca del Río Chetillano.

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Área (A)	km ²	187.43
Perímetro (P)		77.92
Longitud de la Cuenca (L)	km	21.86
Longitud del Cauce Principal (Lp)		16.69
Ancho de la Cuenca (B)		8.58
Factor de Forma (Ff)	Adimensional	0.39
Coefficiente de Compacidad (Kc)		1.61
Altitud Media de la Cuenca (Hm)	m.s.n.m.	2863.98
Coefficiente Orográfico (Co)	Adimensional	0.04
Pendiente Media de la Cuenca (Sm)	m/m	0.32
Pendiente Media del Cauce Principal (S)		0.07
Orden de Cauces		4
Relación de Confluencias (Rc)	Adimensional	3.43

5.1.1.2. Cuenca del Río Silaco (Estación Cutervo).

Figura 7

Delimitación de la Cuenca del Río Silaco.

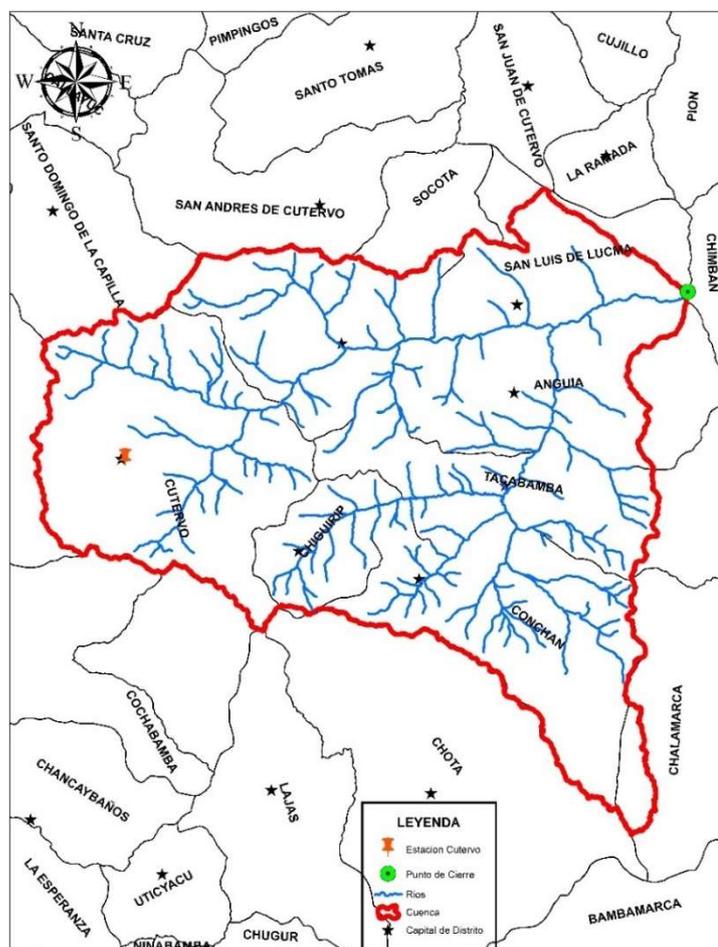


Tabla 7

Características Morfométricas de la Cuenca del Río Silaco.

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Área (A)	km ²	826.93
Perímetro (P)		164.11
Longitud de la Cuenca (L)	km	38.76
Longitud del Cauce Principal (Lp)		43.76
Ancho de la Cuenca (B)		21.33
Factor de Forma (Ff)	Adimensional	0.55
Coefficiente de Compacidad (Kc)		1.61
Altitud Media de la Cuenca (Hm)	m.s.n.m.	2577.52
Coefficiente Orográfico (Co)	Adimensional	0.01
Pendiente Media de la Cuenca (Sm)	m/m	0.39
Pendiente Media del Cauce Principal (S)		0.04
Orden de Cauces	Adimensional	5.00
Relación de Confluencias (Rc)		3.57

5.1.1.3. Cuenca del Río El Molino (Estación Llama).

Figura 8

Delimitación de la Cuenca del Río El Molino.

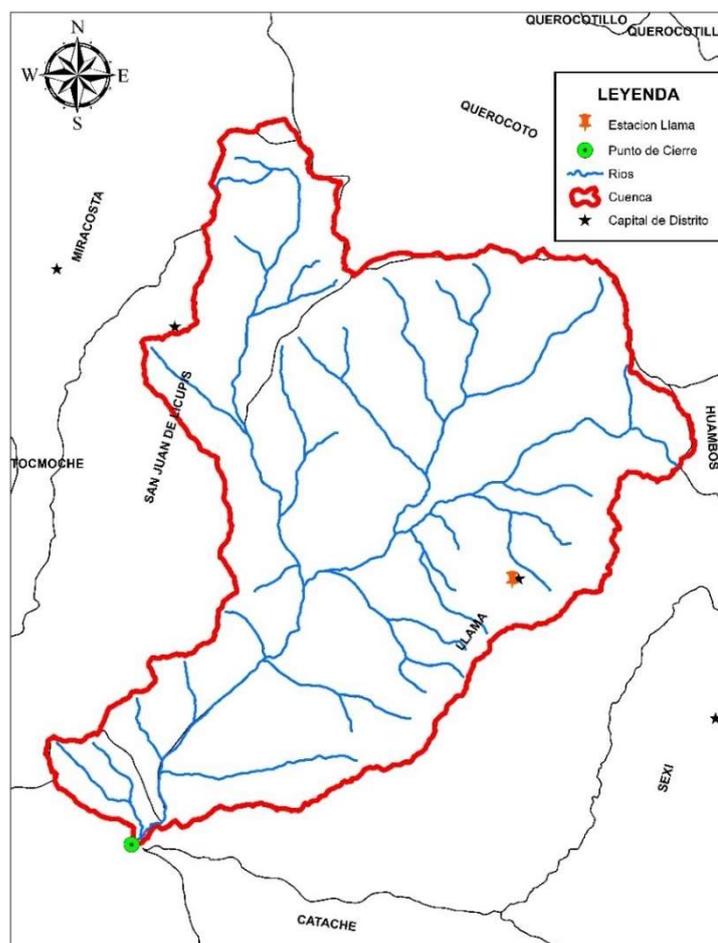


Tabla 8

Características Morfométricas de la Cuenca del Río El Molino.

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Área (A)	km ²	355.98
Perímetro (P)		106.29
Longitud de la Cuenca (L)	km	29.14
Longitud del Cauce Principal (Lp)		34.39
Ancho de la Cuenca (B)		12.22
Factor de Forma (Ff)	Adimensional	0.42
Coefficiente de Compacidad (Kc)		1.59
Altitud Media de la Cuenca (Hm)	m.s.n.m.	1923.15
Coefficiente Orográfico (Co)	Adimensional	0.01
Pendiente Media de la Cuenca (Sm)	m/m	0.50
Pendiente Media del Cauce Principal (S)		0.10
Orden de Cauces		4
Relación de Confluencias (Rc)	Adimensional	3.25

5.1.1.4. Cuenca del Río Zaña (Estación Udima).

Figura 9

Delimitación de la Cuenca del Río Zaña.

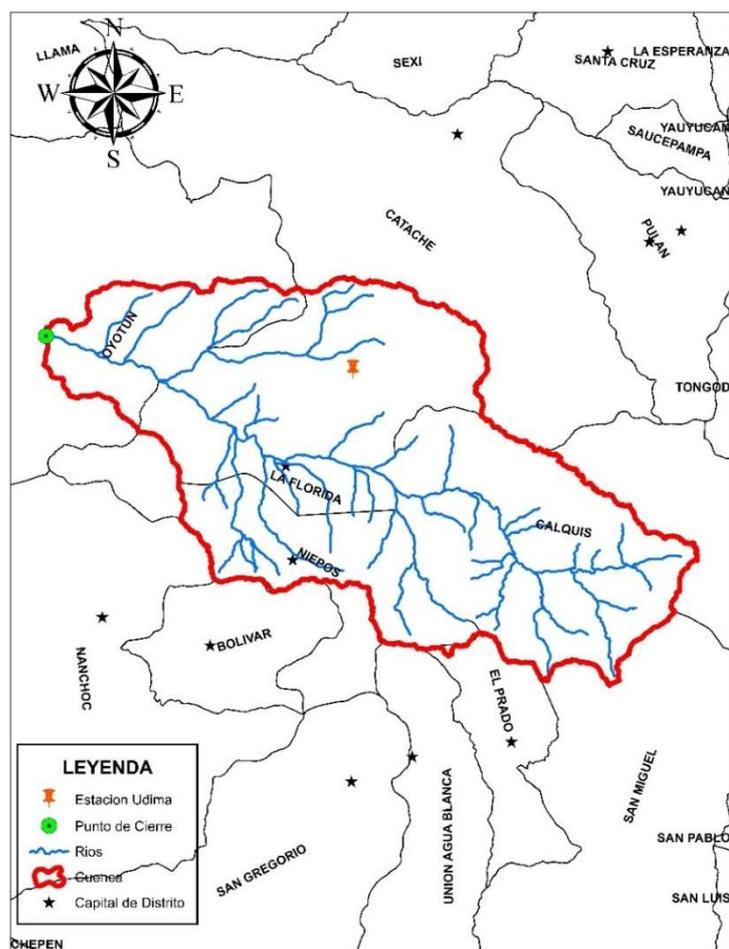


Tabla 9

Características Morfométricas de la Cuenca del Río Zaña.

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Área (A)	km ²	605.02
Perímetro (P)		135.88
Longitud de la Cuenca (L)	km	44.46
Longitud del Cauce Principal (Lp)		50.72
Ancho de la Cuenca (B)		13.61
Factor de Forma (Ff)	Adimensional	0.31
Coefficiente de Compacidad (Kc)		1.56
Altitud Media de la Cuenca (Hm)	m.s.n.m.	2248.37
Coefficiente Orográfico (Co)	Adimensional	0.01
Pendiente Media de la Cuenca (Sm)	m/m	0.39
Pendiente Media del Cauce Principal (S)		0.06
Orden de Cauces	Adimensional	4
Relación de Confluencias (Rc)		3.60

5.1.1.5. Cuenca del Río Mashcón (Estación Augusto Weberbauer).

Figura 10

Delimitación de la Cuenca del Río Mashcón.

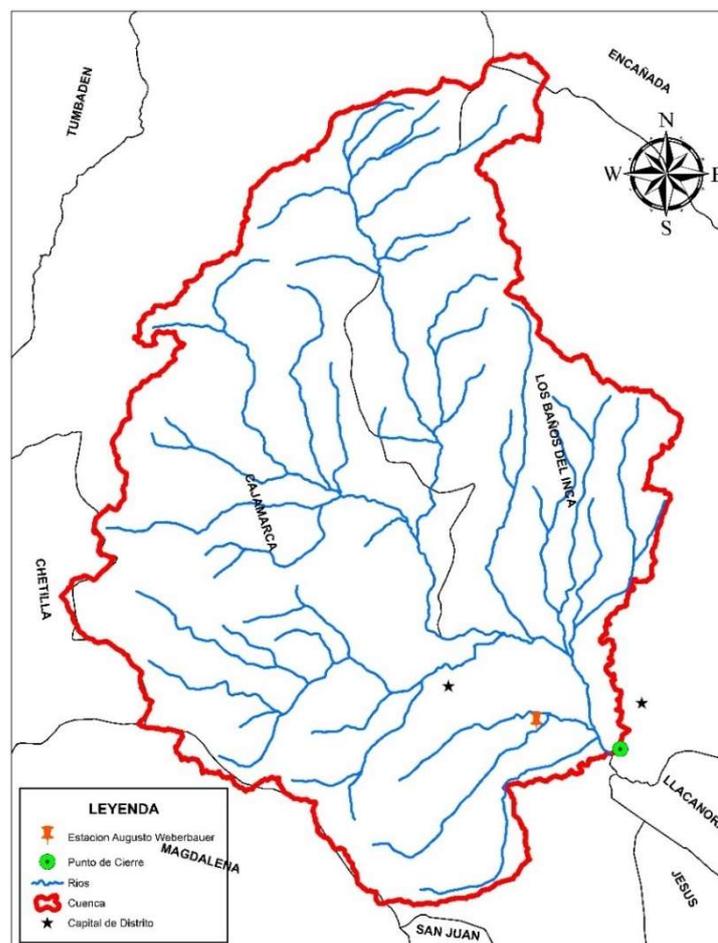


Tabla 10*Características Morfométricas de la Cuenca del Río Mashcón.*

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Área (A)	km ²	311.46
Perímetro (P)		99.13
Longitud de la Cuenca (L)	km	22.40
Longitud del Cauce Principal (Lp)		28.93
Ancho de la Cuenca (B)		13.90
Factor de Forma (Ff)	Adimensional	0.62
Coefficiente de Compacidad (Kc)		1.58
Altitud Media de la Cuenca (Hm)	m.s.n.m.	3293.38
Coefficiente Orográfico (Co)	Adimensional	0.03
Pendiente Media de la Cuenca (Sm)	m/m	0.25
Pendiente Media del Cauce Principal (S)		0.04
Orden de Cauces	Adimensional	4
Relación de Confluencias (Rc)		3.63

5.1.2. Similitud Hidráulica.

Teniendo en cuenta como referencia las propiedades morfológicas de las cuencas analizadas, comparamos los valores de coeficiente de compactación, coeficiente de convergencia y coeficiente topográfico, mostrando respectivamente la similitud en geometría, dinámica y cinemática.

Tabla 11*Similitud Hidráulica con Cuencas que Tengan una Estación Meteorológica.*

CUENCA	PARÁMETRO			SIMILITUD HIDRÁULICA
	Coefficiente de Compacidad (Kc)	Relación de Confluencias (Rc)	Coefficiente Orográfico (Co)	
Río Chetillano	1.61	3.43	0.04	-
Río Silaco	1.61	3.57	0.01	EXISTE
Río El Molino	1.59	3.25	0.01	EXISTE
Río Zaña	1.56	3.60	0.01	EXISTE
Río Mashcón	1.58	3.63	0.03	EXISTE

5.1.3. Transferencia de Información Pluviométrica.

Conociendo las cuencas con similitud hidráulica a la subcuenca de estudio, se seleccionó una de ellas para realizar el traspaso de información

obtenida de la estación meteorológica ubicada dentro la misma, hacia la subcuenca de estudio.

Tabla 12

Transferencia de Precipitaciones Máximas de 24 Horas según Altitud (m.s.n.m.).

AÑO	ESTACIÓN	SUBCUENCA RÍO
	CUTERVO	CHETILLANO
	2600.00	2863.98
2000	50.0	55.1
2001	49.1	54.1
2002	54.4	59.9
2003	40.0	44.1
2004	38.6	42.5
2005	46.7	51.4
2006	49.5	54.5
2007	46.5	51.2
2008	38.3	42.2
2009	33.9	37.4
2010	50.4	55.5
2011	35.2	38.8
2012	40.5	44.6
2013	59.0	65.0
2014	65.0	71.6
2015	43.2	47.6
2016	51.0	56.2
2017	41.0	45.2
2018	42.8	47.1
2019	51.0	56.2
2020	39.6	43.6

5.1.4. Análisis Estadísticos de Datos Hidrológicos.

Después de trasladar los información de precipitaciones máximas por día desde la estación Cutervo hacia la subcuenca del río Chetillano, se ejecutó estadísticamente un análisis de los apuntes hidrológicos para determinar la valores máximos de caudales en función de los diferentes ciclos de retorno.

5.1.4.1. Prueba de Bondad de Ajuste de Smirnov Kolmogorov y Precipitaciones Máximas de 24 Horas de Data Transferida de Estación Cutervo a la Subcuenca del Río Chetillano.

Tabla 13

Pruebas de Bondad de Ajuste de Data Transferida de Estación Cutervo.

DISTRIBUCIÓN	Δt	Δc	AJUSTE	MEJOR
Normal	0.297	0.101	BUENO	
Log Normal 2P	0.297	0.091	BUENO	Log
Log Pearson Tipo III	0.297	0.101	BUENO	Normal
Gumbel	0.297	0.122	BUENO	2P

Tabla 14

Precipitaciones Máximas para Diferentes Tiempos de Retorno de Data Transferida de Estación Cutervo.

T(AÑOS)	LOG NORMAL	LOG NORMAL 2P	LOG PEARSON TIPO III	GUMBEL
$\Delta c=$	0.101	0.091	0.101	0.122
5	57.94	57.54	57.42	56.88
10	61.75	61.95	62.17	61.95
25	65.81	67.01	67.88	68.35
50	68.44	70.50	71.95	73.10
75	69.85	72.45	74.27	75.85
100	70.80	73.80	75.90	77.81
200	72.96	76.95	79.75	82.50
500	75.57	80.94	84.75	88.70

5.1.4.2. Precipitaciones Máximas de 24 Horas Seleccionadas para Diferentes Tiempos de Retorno, según Mejor Función de Ajuste la Data Transferida hacia la Subcuenca del Río Chetillano.

Tabla 15

Precipitaciones Máximas para Diferentes Tiempos de Retorno de la Data Transferida de Estación Cutervo según Mejor Función de Ajuste.

T(AÑOS)	ESTACIÓN CUTERVO LOG NORMAL 2P
5	57.54
10	61.95
25	67.01
50	70.50
75	72.45
100	73.80
200	76.95
500	80.94

5.1.5. Determinación de la Tormenta de Diseño.

Después de encontrar el mejor ajuste, determinamos la precipitación y la intensidad máxima para diferentes períodos, las mismas que sirvieron para elaborar las curvas IDF.

5.1.5.1. Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia de Data Transferida a la Subcuenca del Río Chetillano en Función a las Precipitaciones Máximas de 24 Horas para Diferentes Tiempos de Retorno de la Estación Cutervo.

Tabla 16

Precipitaciones Máximas de 24 Horas para Diferentes Duraciones en Función a la Estación Cutervo.

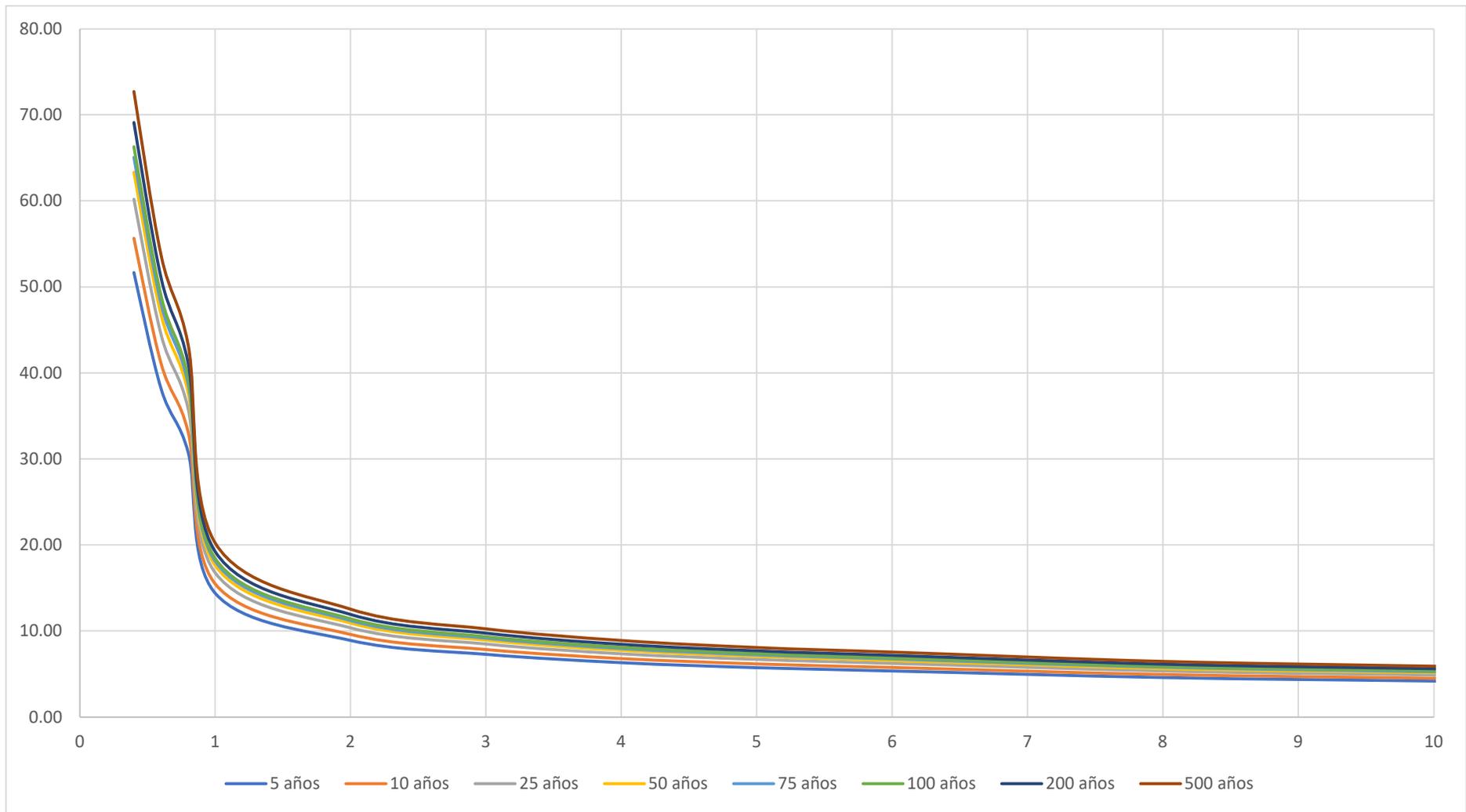
T(AÑOS)	PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN (mm) PARA DIFERENTES DURACIONES (hr)																		
	48	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6	5	4	3	2	1	0.8	0.6	0.4
5	75.95	57.54	55.81	53.51	51.79	50.06	47.76	45.46	42.00	36.83	32.22	28.77	25.32	21.87	17.84	14.39	24.59	22.88	20.67
10	81.77	61.95	60.09	57.61	55.76	53.90	51.42	48.94	45.22	39.65	34.69	30.98	27.26	23.54	19.20	15.49	26.47	24.63	22.26
25	88.45	67.01	65.00	62.32	60.31	58.30	55.62	52.94	48.92	42.89	37.53	33.51	29.48	25.46	20.77	16.75	28.63	26.65	24.08
50	93.06	70.50	68.39	65.57	63.45	61.34	58.52	55.70	51.47	45.12	39.48	35.25	31.02	26.79	21.86	17.63	30.12	28.03	25.33
75	95.63	72.45	70.28	67.38	65.21	63.03	60.13	57.24	52.89	46.37	40.57	36.23	31.88	27.53	22.46	18.11	30.96	28.81	26.03
100	97.42	73.80	71.59	68.63	66.42	64.21	61.25	58.30	53.87	47.23	41.33	36.90	32.47	28.04	22.88	18.45	31.53	29.35	26.52
200	101.57	76.95	74.64	71.56	69.26	66.95	63.87	60.79	56.17	49.25	43.09	38.48	33.86	29.24	23.85	19.24	32.88	30.60	27.65
500	106.84	80.94	78.51	75.27	72.85	70.42	67.18	63.94	59.09	51.80	45.33	40.47	35.61	30.76	25.09	20.24	34.58	32.18	29.08

Tabla 17*Intensidades Máximas de 24 Horas para Diferentes Duraciones en Función a la Estación Cutervo.*

T(AÑOS)	INTENSIDAD MÁXIMA EN (mm/hr) PARA DIFERENTES DURACIONES (hr)																		
	48	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6	5	4	3	2	1	0.8	0.6	0.4
5	1.58	2.40	2.54	2.68	2.88	3.13	3.41	3.79	4.20	4.60	5.37	5.75	6.33	7.29	8.92	14.39	30.73	38.13	51.69
10	1.70	2.58	2.73	2.88	3.10	3.37	3.67	4.08	4.52	4.96	5.78	6.20	6.81	7.85	9.60	15.49	33.09	41.06	55.65
25	1.84	2.79	2.95	3.12	3.35	3.64	3.97	4.41	4.89	5.36	6.25	6.70	7.37	8.49	10.39	16.75	35.79	44.41	60.19
50	1.94	2.94	3.11	3.28	3.53	3.83	4.18	4.64	5.15	5.64	6.58	7.05	7.76	8.93	10.93	17.63	37.65	46.72	63.33
75	1.99	3.02	3.19	3.37	3.62	3.94	4.30	4.77	5.29	5.80	6.76	7.25	7.97	9.18	11.23	18.11	38.70	48.01	65.08
100	2.03	3.08	3.25	3.43	3.69	4.01	4.38	4.86	5.39	5.90	6.89	7.38	8.12	9.35	11.44	18.45	39.42	48.91	66.29
200	2.12	3.21	3.39	3.58	3.85	4.18	4.56	5.07	5.62	6.16	7.18	7.70	8.46	9.75	11.93	19.24	41.10	51.00	69.12
500	2.23	3.37	3.57	3.76	4.05	4.40	4.80	5.33	5.91	6.48	7.55	8.09	8.90	10.25	12.55	20.24	43.23	53.64	72.71

Figura 11

Curvas IDF en Función a la Estación Cutervo.



5.1.6. Estimación de Caudales.

Después de calcular la precipitación máxima y la intensidad para diferentes duraciones y características morfológicas del área de captación, la descarga máxima del río Chetillano se puede calcular utilizando un método racional modificado. Pero antes de calcularlas por separado, obtuvimos el número de curvas medias de la subcuenca.

5.1.6.1. Número de Curva Promedio.

Figura 12

Tipo de Suelo de la Subcuenca.

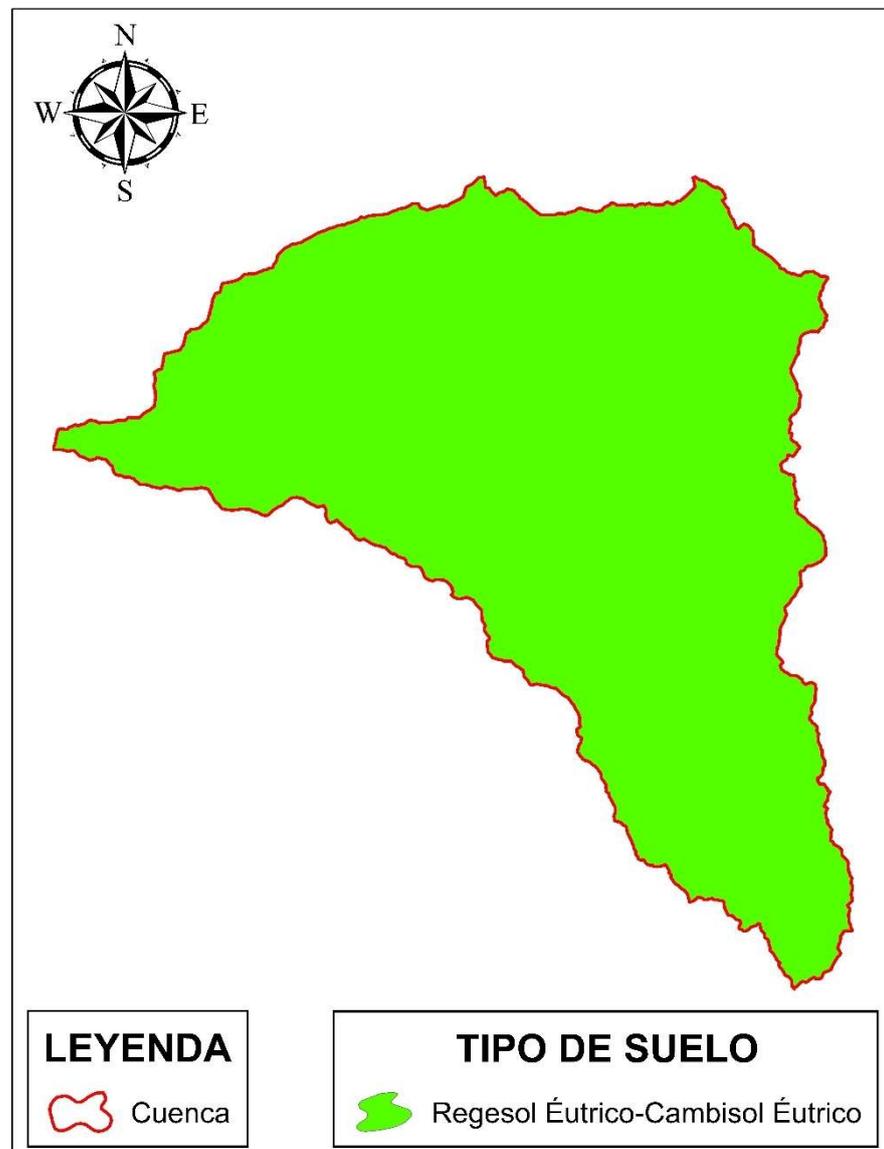


Figura 13

Cobertura de Suelo de la Subcuenca.

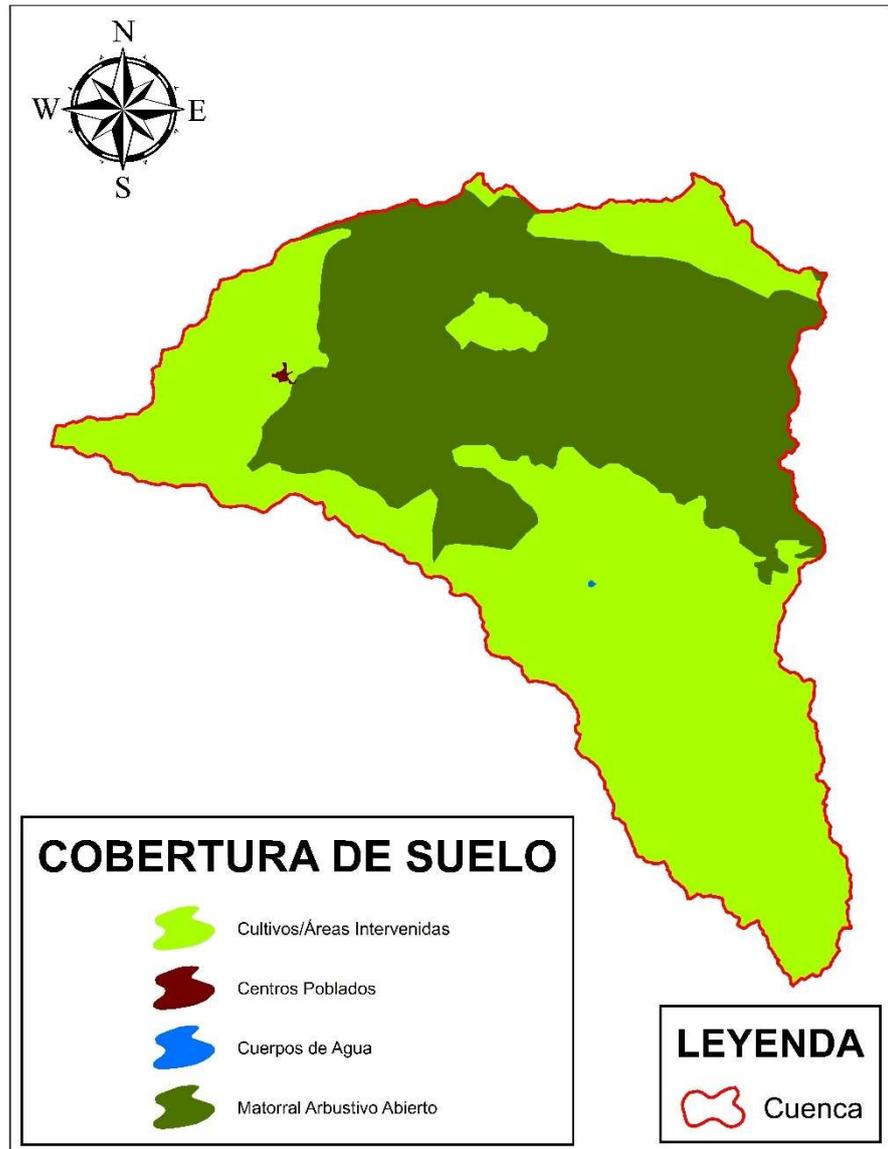


Tabla 18

Tipo de Suelo de la Subcuenca.

TIPO DE SUELO	
TIPO DE SUELO	GRUPO HIDROLÓGICO
Regesol Éútrico-Cambisol Éútrico	C

Tabla 19*Número de Curva Promedio.*

NÚMERO DE CURVA PROMEDIO			
DESCRIPCIÓN DE COBERTURAS	VALORES DE CN	ÁREA (KM²)	CN'
Cultivos /Áreas Intervenidas	78	107.07	77.58
Centros Poblados	90	0.12	
Cuerpos de Agua	100	0.02	
Matorral Arbustivo Abierto	77	80.21	

5.1.6.2. Caudales mediante el Método Racional Modificado según Data Transferida de Estación Cutervo.

Tabla 20*Valores Iniciales para el Cálculo de Caudales Máximos.*

DESCRIPCIÓN	VALOR	UNIDAD
Área (A)	187.43	km ²
Longitud del Cauce Principal (Lp)	16.69	km
Pendiente Media del Cauce Principal (S)	0.07	m/m
Tiempo de Concentración (Tc)	4.21	hr
Coficiente de Uniformidad (K)	1.30	Adimensional
Coficiente de Simultaneidad (KA)	0.85	Adimensional
Número de Curva Promedio (CN')	77.58	Adimensional
Umbral de Escorrentía (Po)	14.45	mm

Tabla 21*Caudal Máximo para un Periodo de Retorno de 50 Años de Data Transferida de Estación Cutervo.*

CAUDAL MÁXIMO T=50 AÑOS		
DESCRIPCIÓN	VALOR	UNIDAD
Precipitación Máxima Diaria (Pd)	32.16	mm
Precipitación Máxima Corregida (P)	27.28	mm
Intensidad de Precipitación (I)	4.89	mm/hr
Coficiente de Escorrentía (C)	0.18	Adimensional
Caudal Máximo (Q)	58.61	m ³ /s

Tabla 22

Caudal Máximo para un Periodo de Retorno de 100 Años de Data Transferida de Estación Cutervo.

CAUDAL MÁXIMO T=100 AÑOS		
DESCRIPCIÓN	VALOR	UNIDAD
Precipitación Máxima Diaria (Pd)	33.65	mm
Precipitación Máxima Corregida (P)	28.55	mm
Intensidad de Precipitación (I)	5.12	mm/hr
Coefficiente de Escorrentía (C)	0.19	Adimensional
Caudal Máximo (Q)	65.76	m ³ /s

Tabla 23

Caudal Máximo para un Periodo de Retorno de 200 Años de Data Transferida de Estación Cutervo.

CAUDAL MÁXIMO T=200 AÑOS		
DESCRIPCIÓN	VALOR	UNIDAD
Precipitación Máxima Diaria (Pd)	35.09	mm
Precipitación Máxima Corregida (P)	29.77	mm
Intensidad de Precipitación (I)	5.34	mm/hr
Coefficiente de Escorrentía (C)	0.20	Adimensional
Caudal Máximo (Q)	72.87	m ³ /s

Tabla 24

Caudal Máximo para un Periodo de Retorno de 500 Años de Data Transferida de Estación Cutervo.

CAUDAL MÁXIMO T=500 AÑOS		
DESCRIPCIÓN	VALOR	UNIDAD
Precipitación Máxima Diaria (Pd)	36.91	mm
Precipitación Máxima Corregida (P)	31.31	mm
Intensidad de Precipitación (I)	5.62	mm/hr
Coefficiente de Escorrentía (C)	0.22	Adimensional
Caudal Máximo (Q)	82.28	m ³ /s

5.1.6.3. Resultados de Caudales Máximos según Data Transferida de Estación Cutervo.

Tabla 25

Caudales Máximos de la Subcuenca del Río Chetillano.

CAUDALES MÁXIMOS (m ³ /s)	
T (AÑOS)	VALOR
50	58.61
100	65.76
200	72.87
500	82.28

5.2. ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

5.2.1. Características Morfométricas de la Cuenca.

Haber caracterizado morfométricamente las cuencas nos hace respaldar la postura hecha por Lux (2016), que indica que el aproximado de las propiedades morfométricas de una cuenca abre paso para poder conocer el comportamiento hidrológico de esta y poder así clasificarla según sea la necesidad.

5.2.2. Similitud Hidráulica.

Encontrar cuencas que presenten similitud hidráulica con la subcuenca de estudio no fue tarea fácil, de las 14 cuencas analizadas tan solo 4 de estas presentaron similitud hidráulica. Lo anteriormente afirmado, también lo podemos constatar en las investigaciones de Ortiz (2016) y Aquino (2019), el primero menciona que de 50 cuencas analizadas en Cajamarca solo 21 de ellas presentaron similitud hidráulica y el segundo menciona que de 100 cuencas analizadas en la sierra de Piura solo 41 de ellas presentaron similitud hidráulica.

5.2.3. Transferencia de Información Pluviométrica.

Es de vital importancia debido a que la data pluviométrica es escasa y es por ello que esta última es de vital importancia para realizar la planificación, diseño, operación, mantenimiento de proyectos hidráulicos, etc. Con el mismo

sustento brindado anteriormente por Paredes (2015) y Condori (2018) recomiendan realizar más estudios que impliquen la transferencia de información pluviométrica a lugares con escasa información con la finalidad de cubrir la brecha existente.

5.2.4. Análisis Estadísticos de Datos Hidrológicos.

5.2.4.1. Prueba de Bondad de Ajuste de Smirnov Kolmogorov y Precipitaciones Máximas de 24 Horas de Data Transferida de Estación Cutervo a la Subcuenca del Río Chetillano.

Los frutos de la prueba de ajuste de Smirnov Kolmogorov muestran que la distribución del mejor ajuste es Log Normal 2P, con la elección de la distribución se pudo determinar precipitaciones máximas para tiempos desiguales de regreso con la data transferida de la estación Cutervo, las precipitaciones creadas son totalmente confiables como lo constatan Moráguez (2015), Rodó (2020) y Flores y Flores (2021) en sus respectivos estudios.

5.2.5. Determinación de la Tormenta de Diseño.

5.2.5.1. Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia de Data Transferida a la Subcuenca del Río Chetillano en Función a las Precipitaciones Máximas de 24 Horas para Diferentes Tiempos de Retorno de la Estación Cutervo.

Las curvas intensidad-duración-frecuencia como lo dice el MTC (2011), son difíciles de preparar en nuestro país por falta de información sobre las mediciones de agua. Por lo que es de vital importancia el traspaso de información pluviométrica hacia los lugares donde no exista esta, con la finalidad de elaborar las curvas intensidad-duración-frecuencia (i-d-f).

5.2.6. Estimación de Caudales.

5.2.6.1. Número de Curva Promedio.

Se determinó teniendo en cuenta los pasos indicados por el ANA (2015), donde el mapa de tipo y cobertura de suelo, elaborados por el Ministerio del Ambiente (2015) son muy importantes para determinar el número de curva promedio tal y como lo menciona Lavao (2014). La guía brindada por el ANA (2015) nos permite concordar con la postura de Pacheco et al. (2018) el intercambio de este tipo de información ahorra tiempo de trabajo, potencia técnica y aumenta la eficiencia de los cálculos necesarios.

5.2.6.2. Caudales mediante el Método Racional Modificado según Data Transferida de Estación Cutervo.

Teniendo los resultados de caudales máximos diferente tiempo de retorno como lo son para 50, 100, 200 y 500 años, obtenidos a partir de la data transferida de la estación Cutervo tenemos información valiosa que permitirá la planificación, diseño, operación, mantenimiento de proyectos de índole hidráulico. La información generada guarda relación con los caudales máximos generados para las cuencas del río Collini, río Grande y río Mashcón, en las investigaciones de Acero (2014, Sandoval y Aguilera (2015) y Nizama (2018) respectivamente, además para poder afirmar que la información generada para la subcuenca del río Chetillano es confiable tomamos a Condori (2018) que nos dice que realizar este tipo de investigaciones nos muestra de manera eficiente el comportamiento hidrológico de un río.

5.3. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

El caudal máximo en la Subcuenca del río Chetillano se logra a través del Método Racional Modificado mediante la transmisión de información meteorológica de precipitaciones máximas registradas durante un periodo de 24 horas, desde la Estación Meteorológica de Cutervo en la Cuenca del río Silaco la cual cuenta con similitud hidráulica a la subcuenca de estudio. Por la tanto podemos afirmar que, en cuencas altoandinas, existen sistemas hidrológicos similares que permiten transferir información hidrometeorológica en base al análisis morfométrico adimensional entre dichos sistemas.

CONCLUSIONES

- La subcuenca del río Chetillano presenta las siguientes características morfométricas: Área de 187.43 km², perímetro de 77.92 km, longitud de cuenca de 21.86 km, longitud del cauce principal de 16.69 km, ancho de cuenca de 8.58 km, factor de forma de 0.39 que nos señala que la subcuenca muestra una representación ni alargada ni ensanchada, coeficiente de compacidad de 1.61 con lo cual podemos afirmar que la subcuenca es de clase III con forma oval-oblonga a rectangular-oblonga, altitud media de la cuenca de 2863.98 m.s.n.m., coeficiente orográfico de 0.04, pendiente media de la cuenca de 0.32 m/m que clasifica el terreno de la subcuenca como escarpado, pendiente media del cauce principal de 0.07 m/m, orden de cauces de nivel 4 y relación de confluencias de 3.43.
- Los caudales máximos para diferentes tiempos de retorno, a través de la mejor prueba de bondad de ajuste, correspondiente a la función probabilística Log Normal 2 Parámetros, obtenidos a partir de la aplicación del Método Racional Modificado de Témez, son: Q= 58.61 m³/s para Tr= 50 años, Q= 65.76 m³/s para Tr= 100 años, Q= 72.87 m³/s para Tr= 200 años y Q= 82.28 m³/s para Tr= 500 años.

RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS

- Se sugiere realizar estudios de diseño y construcción de puntos de aforo en cuencas y microcuencas, a efectos de calibrar los resultados para aplicar este y otros métodos de cálculo de caudales máximos.
- Se recomienda elaborar mapas temáticos de cuencas con similitud hidráulica en la provincia de Chota con el objetivo de transferir información hidrológica que ayuden a la planificación de los recursos hídricos.
- Se propone realizar estudios respecto a la caracterización morfológica de los sistemas hidrológicos existentes a lo largo de la provincia de Chota.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Accostupa, Y. (2017). *Fenómeno El Niño y su relación con la variabilidad climática en la provincia de Cusco, periodo 1964-2014* [Tesis doctoral, Universidad Andina del Cusco]. Repositorio Digital UAC. <http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/UAC/1312>
- Acero, J. L. (2014). *Análisis de precipitaciones máximas para la generación de caudales máximos mediante el método del servicio de conservación de suelos en la cuenca Collini-Pomata* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional UNA. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4531>
- Aquino, S. M. (2019). *Regionalización morfométrica adimensional de cuencas hidrográficas de la sierra de Piura - Perú, con fines de transferencia de información hidrológica* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3372>
- Aráoz, G. F. y Luccioni, B. M. (2008, 15-17 de octubre). *Curva de fragilidad para muro de mampostería bajo cargas explosivas a partir de simulaciones numéricas* [ponencia]. 20° Jornadas Argentinas Ingeniería Estructural, Buenos Aires, Argentina. https://jornadasaie.org.ar/jornadas-aie-antiores/2008/contenidos/tema_g.html
- Arias, F. (2016). *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica* (7.ª ed.). Editorial Episteme. <https://studylib.es/doc/8815588/el-proyecto-de-investigacion-fidias-arias-7ma-edic-2016>
- Autoridad Nacional del Agua (2015). *Generación del mapa temático de curva número (CN)*. <https://repositorio.ana.gob.pe/discover?scope=%2F&query=GENERACI%C3%>

- 93N+DEL+MAPA+TEM%C3%81TICO+DE+CURVA+N%C3%9AMERO+%
28CN%29&submit=
- Bermúdez, V. M. (2016). *Evaluación de la estabilidad ecohidrológica y análisis de energía para la quebrada Dalí y su complejo de humedales, Vereda el Cedral, Santa Rosa de Cabal, Risaralda* [Tesis de maestría, Universidad Tecnológica de Pereira]. Repositorio Institucional UTP. <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/7626>
- Camino, M. A., Bó, M. J., Cionchi, J. L., Del Río, J. L., López de Armentia, A. y De Marco, S. G. (2018). Estudio morfométrico de las cuencas de drenaje de la vertiente sur del sudeste de la provincia de Buenos Aires. *Universitaria de Geografía*, 27(1). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=383257036005>
- Condori, B. R. (2018). *Análisis del comportamiento de las precipitaciones en la cuenca del río Huancané en condiciones de desarrollo del fenómeno del Niño y La Niña, 1965 - 2017* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional UNA. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/12205>
- Córdova, M. (2016). Parámetros geomorfológicos de cuencas hidrográficas. *PRONTUBEAM*. https://www.prontubeam.com/articulos/articulos.php?Id_articulo=26
- Defensoría del Pueblo (2015). *Conflictos sociales y recursos hídricos*. <https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2018/05/IA-Conflictos-por-Recursos-Hidricos.pdf>
- Fernández, B. y Montt, J. P. (2001). Estimación del periodo de retorno de sequías meteorológicas e hidrológicas mensuales. *Ingeniería Hidráulica en México*, 16(3), 25-37. <http://revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/867>
- Flores, C. E. y Flores, K. L. (2021). *Pruebas para comprobar la normalidad de datos en procesos productivos: Anderson-Darling, Ryan-Joiner, Shapiro-Wilk y*

- Kolmogórov-Smirnov*. Societas. Revista de Ciencias Sociales y Humanísticas.
<http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/341/3412237018/html/index.html>
- García, A. J. (2013). *Análisis de distribuciones estadísticas alternativas a las tradicionales para la optimización de los caudales de cálculo empleados en los estudios hidrológicos* [Tesis doctoral, Universidad de Extremadura]. Repositorio Institucional UEX. <http://dehesa.unex.es/handle/10662/434>
- Google. (2020, 24 de agosto). *Google Earth Pro*.
https://earth.google.com/web/@0,0,0a,22251752.77375655d,35y,0h,0t,0r?utm_source=earth7&utm_campaign=vine&hl=es-419
- Herencia, B. G. y Carrera, C. E. (2019). Estimación caudales medios y máximos de la cuenca del río Checras mediante ecuaciones sintéticas y racionales. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 22(44), 15-24.
<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/17282>
- Hernández, R. y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Editorial Mc Graw Hill Education.
<https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>
- Ibáñez, S., Moreno, H. y Gisbert, J. (2011). Morfología de las cuencas hidrográficas. *Universitat Politècnica de València*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/10782>
- Instituto Nacional de Defensa Civil (2018). *Emergencias ordenadas por fecha*.
<http://sinpad.indeci.gob.pe/sinpad/emergencias/mapa/ListadoEmergencias.asp?emerg=1&estado=0&ano=2018&ord=0®ion=00&sltEmer=1&sltEstado=0&sltAno=2018&sltOrden=0&sltRegion=06>
- Julcamoro, J. F. (2017). *Evaluación de la disponibilidad del recurso hídrico en la microcuenca del río El Tuyo en el distrito de Catilluc, provincia de San Miguel-*

- Cajamarca, 2017* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca].
Repositorio Institucional UNC. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1490>
- Lavao, S. A. (2014). *Aplicación de la teoría del número de curva (CN) a una cuenca de montaña. Caso de estudio: Cuenca del río Murca, mediante la utilización de sistemas de información geográfica* [Tesis de pregrado, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio Institucional UMNG. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/13331>
- Lujano, A., Quispe, J. P., Lujano, E. y Tapia, B. (2017). Regionalización de caudales mensuales en la región hidrográfica del Titicaca, Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 19(2), 219-230. <https://huajsapata.unap.edu.pe/index.php/ria/article/view/143>
- Lux, B. (2016). *Conceptos básicos de morfometría de cuencas hidrográficas* [Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio del Sistema Bibliotecario USAC. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/4482/>
- Machado, P., Silva, A., Chury, M. R., Salari, A. y Ojeda, C. (2017). Determinación de parámetros hidrogeomorfológicos de la cuenca del arroyo Palmar aplicando técnicas de teledetección. *GHICMA*, 5, 19-24. <https://www.frcon.utn.edu.ar/wpfrcon/wp-content/uploads/2018/04/>
- Mandamiento, A. Y. (2018). *Generación de máximas avenidas con HEC-HMS en la cuenca media del río Locumba, sector Poquera* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional UNA. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/10847>
- Ministerio del Ambiente (2015). *Mapa nacional de cobertura vegetal*. <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/2674-mapa-nacional-de-cobertura-vegetal-memoria-descriptiva>

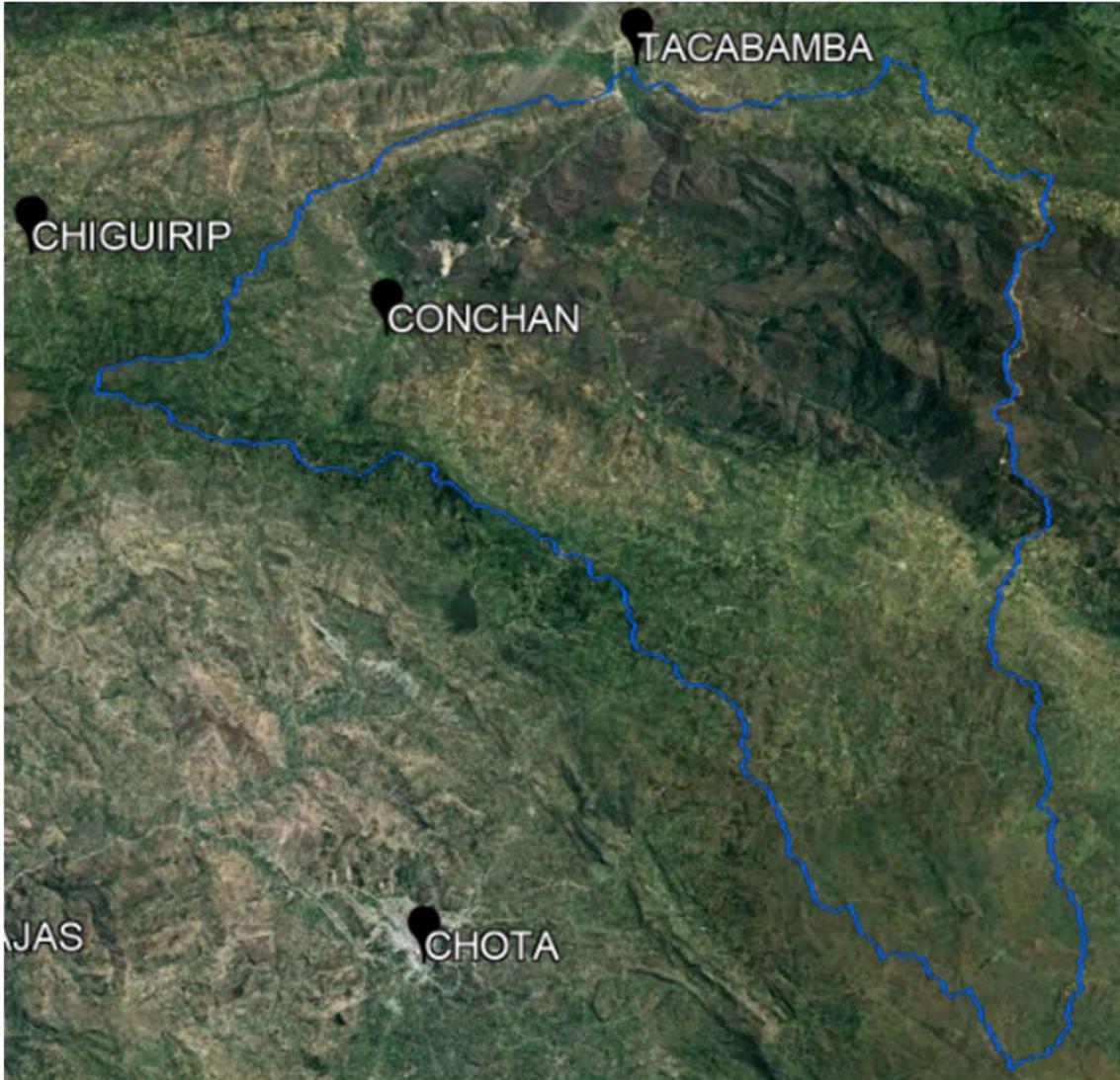
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2011). *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. <http://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2011/octubre/10/RD-20-2011-MTC-14.pdf>
- Moráguez, A., Espinosa, M. P. y Gaspar, A. (2015). La prueba de hipótesis Kolmogorov-Smirnov para dos muestras pequeñas con una cola. *Revista electrónica trimestral de la Universidad de Ciencias Pedagógicas "José de la Luz y Caballero"*, 14(1), 78-90. <https://luz.uho.edu.cu/index.php/luz/article/view/686>
- Nizama, H. C. (2018). *Zonificación de áreas inundables del caserío El Molino-Huambocancha Baja ocasionado por avenidas extraordinarias del río Mashcón-Cajamarca* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2047>
- Ortiz, S. O. (2016). *Similitud hidráulica de sistemas hidrológicos altoandinos y transferencia de información hidrometeorológica* [Tesis doctoral, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional UNALM. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2239>
- Pacheco, R. M., Quiala, E. y Martínez, I. (2018). Determinación del parámetro número de curva en la cuenca Las Coloradas en un entorno SIG. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 39(2), 60-71. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382018000200005
- Paredes, R. E. (2015). *Generación de intensidades de precipitación máxima en estaciones sin información pluviográfica (Cuenca del río Illpa-Puno)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional UNA. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4582>

- Pérez, J. y Senent, J. (2017). Curvas intensidad-duración-frecuencia de tormentas de corta duración en la cuenca del río Segura, España. *Agrociencia*, 51(6), 607-616.
<https://agrociencia-colpos.mx/index.php/agrociencia/article/view/1314>
- Pértegas, S y Pita, S. (2001). La distribución normal. *Cad Aten Primaria* 2001, 8, 268-274. https://www.fisterra.com/mbe/investiga/distr_normal/distr_normal.asp
- Rengifo, J. P. (2018). *Crianza de la chacra y nominación de los suelos en la microcuenca de Chunatahua-Chinchao-Acomayo* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS.
<http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1357>
- Rodó, P. (2020). *Prueba de Kolmogorov-Smirnoff (K-S)*.
<https://economipedia.com/definiciones/prueba-de-kolmogorov-smirnoff-k-s.html>
- Sandoval, W. R. y Aguilera, E. P. (2015). Determinación de caudales en cuencas con poca información hidrológica. *Ciencia UNEMI*, 7(12), 100-110.
<http://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/108>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2021, 07 de septiembre). *Datos / Descarga de datos Meteorológicos*.
<https://www.senamhi.gob.pe/?&p=descarga-datos-hidrometeorologicos>
- Silva, G. (1999). Análisis hidrográfico e hipsométrico de la cuenca alta y media del río Chama, estado Mérida, Venezuela. *Geográfica Venezolana*, 40(1), 9-41.
<http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/24500>
- Silva, R. (2019). *Generación de información hidrométrica con fines de aprovechamiento hídrico para la cuenca El Porvenir distrito de Huarango* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC.
<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3211>

- Sotomayor, P. G. (2019). *Adaptación de los recursos hídricos al cambio climático: aplicación de modelos hidrológicos al caso de la cuenca del río Babahoyo-Ecuador* [Tesis doctoral, Universidad de Zaragoza]. Repositorio Institucional UNIZAR. <https://zaguan.unizar.es/record/89530/files/?ln=es>
- Suárez, R. y Almeida, O. F. (2017). *Análisis de correlación entre parámetros morfométricos, precipitaciones máximas y caudales máximos asociados a diferentes periodos de retorno en cuencas rurales* [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio Institucional Ucatólica. <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/14625>
- Villón, M. (2002). *Hidrología*. Editorial Villón.
- Villón, M. (2006). *Hidrología Estadística*. Editorial Instituto Tecnológico de Costa Rica.

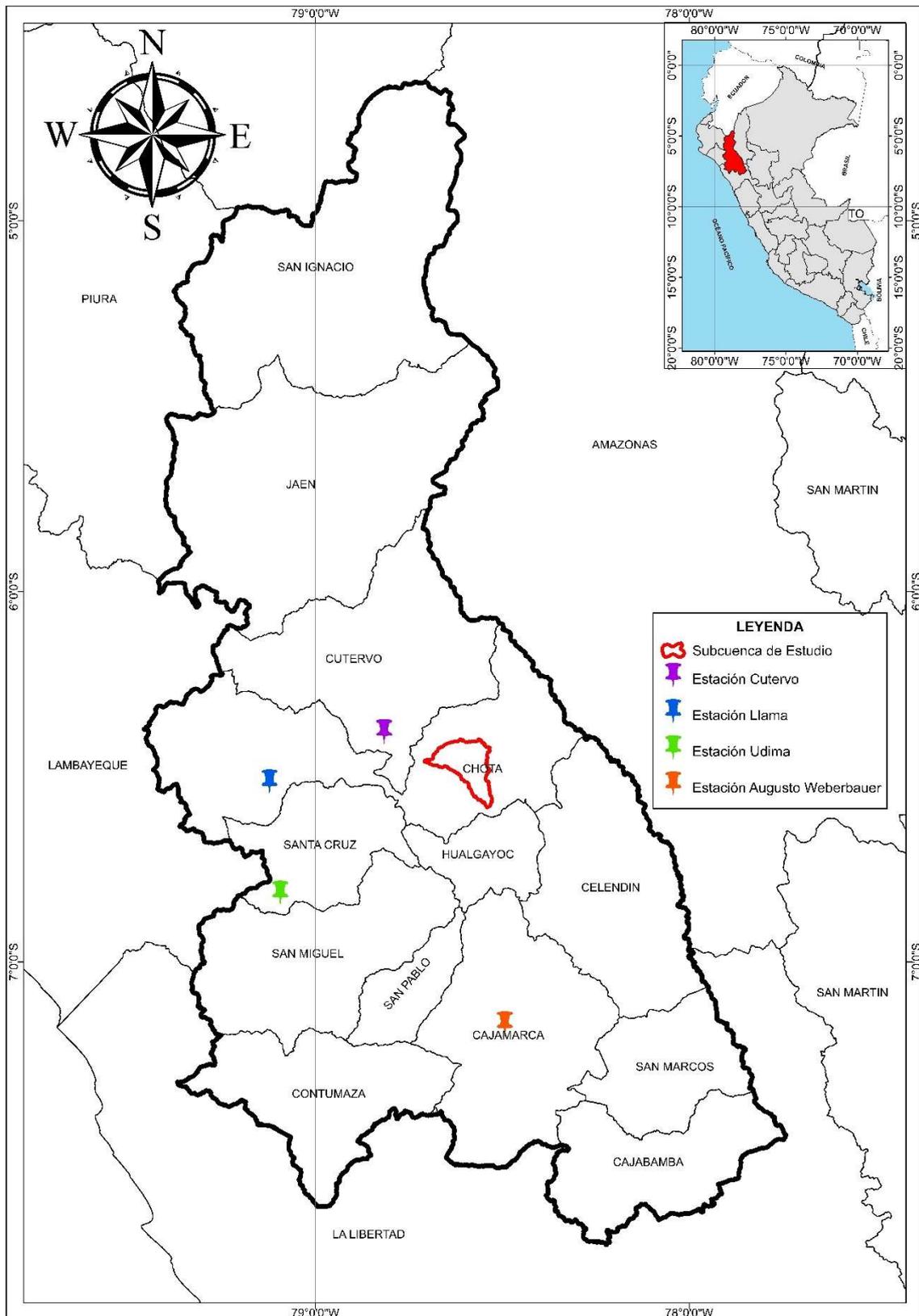
ANEXOS

Anexo N° 1. Imagen Satelital del Área de la Subcuenca.



Nota: (Google, 2020)

Anexo N° 2. Ubicación de las Estaciones Meteorológicas en Referencia a la Subcuenca.



Anexo N° 3. Datos de Precipitación Proporcionado por el SENAMHI.

Tabla 26

Precipitaciones Máximas en 24 Horas en Escala Mensual de la Estación Cutervo.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2000	25.3	50	30.8	40.9	22.5	13.9	14.8	8.1	16	5.3	9	34
2001	34	12.1	49.1	33.2	18	1.5	3.8	2	15.3	36.2	28.3	26.1
2002	12.7	21.3	27.8	41.9	27	S/D	9	1.8	40	54.4	22.2	22.1
2003	19	40	32	29	10.2	10.5	0.5	7.2	6.6	22	S/D	12.6
2004	25.5	33	11.4	33.1	13.7	5.1	7.4	6	12.9	29.1	38.6	16.7
2005	13.5	42.4	25.2	11.6	18.6	15.1	4.5	2.2	16.2	46.7	18.7	18
2006	27	25.4	49.5	37	7.4	14.8	12.5	3.5	S/D	23.5	32.4	18.6
2007	31.3	9.4	25.8	S/D	27.3	4	15.2	7.8	15.1	46.5	26	24.9
2008	28	38.3	15.2	23.8	20.8	11.7	6.2	18.5	22.2	35.2	35.9	24.4
2009	16	28.8	S/D	28.3	13.8	17	11.6	2.8	16.4	25.9	14.8	22.7
2010	13.9	49.3	50.4	40.3	15.5	4.8	28.9	4.8	26.3	26.2	29	18.6
2011	30.5	25	32.4	25.7	10.6	6.3	7	16	23.3	30.1	21.4	35.2
2012	40.5	19.9	34.3	29.7	8.8	1.2	2	4	22.2	39.8	13.3	17.5
2013	49	21.5	36.1	31.9	59	10.1	2.4	25.5	8.7	15.3	12.2	28.5
2014	16.3	34.2	65	27.2	20.5	11.1	11.8	6.2	10.4	26.7	28.8	35
2015	35	36.6	34.6	43.2	11	2.3	4	1.5	4.6	23.6	20.2	7.8
2016	16.2	26.4	25.8	33.8	30.5	10.3	5	3.5	32	22.2	51	27.5
2017	41	32	27.8	23.7	32	23.1	5.3	25.4	21.2	S/D	S/D	S/D
2018	S/D	42.8	32.4	19.5								
2019	18.4	51	37.7	28.8	36.8	9.3	13.7	1.2	5.2	28.6	28	21.7
2020	8	10	S/D	39.6	30.2							

Nota: (SENAMHI, 2021)



CONSTANCIA

El que suscribe Mg. Ing. Miguel Angel Silva Tarrillo, **JEFE DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN** de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Autónoma de Chota:

HACE CONSTAR

Que el bachiller: **Luis Fernando Saldaña Vitón**, ha presentado la tesis denominada: “**GENERACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS A TRAVÉS DEL MÉTODO TÉMEZ EN CUENCAS SIN INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA DE 24 HORAS, SUBCUENCA DEL RÍO CHETILLANO, CHOTA, 2021**”, para la verificación de su contenido en el programa antiplagio Turnitin de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, indicando que la misma tiene un 22 % de similitud, estando dentro del límite permitido (25%) establecido en acápite g del artículo 20 del Reglamento de Grados y Títulos UNACH, aprobado mediante la Resolución C.O. N° 120-2022-UNACH con fecha de 03 de marzo de 2022.

Sin otro particular.

Colpa Matara, 05 de agosto del 2022.

Miguel Angel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL

Ing. Miguel Angel Silva Tarrillo
Jefe de la unidad de investigación
FCI-UNACH