UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA

“Regionalización de caudales para determinar umbrales de inundación en la cuenca Jequetepeque bajo condiciones normales, secas y húmedas”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Presentado por:

Bach. Idrogo Pérez Darwin Leopoldo

Asesor:

Dr. Ing. Omar Coronado Zuloeta

LAMBAYEQUE - PERÚ

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA

"Regionalización de caudales para determinar umbrales de inundación en la cuenca Jequetepeque bajo condiciones normales, secas y húmedas"

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

DR. ING. JOSE DEL CARMEN ARBULU RAMOS
PRESIDENTE

DR. ING. HAMILTON VLADIMIR CUEVA CAMPOS
SECRETARIO

DRA. ING. YRMA DEL CARMEN CAPUÑAY CAPUÑAY
VOCAL

DR. ING. OMAR CORONADO ZULOETA
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios por cuidarme todos los días, mi familia, y cada uno de los momentos y personas que me permitieron llegar hasta hoy.

De igual manera a todas mis personas especiales, que llevo siempre conmigo.

Darwin Leopoldo

AGRADECIMIENTO

Agradezco al ingeniero Omar Coronado Zuloeta, por su apoyo en el desarrollo de la presente tesis, al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI y a la Autoridad Nacional del Agua por brindar la información necesaria para el buen desarrollo de la presente tesis de investigación.

RESUMEN

La presente tesis de investigación tuvo por objetivo realizar la regionalización de caudales para determinar los umbrales de inundación en la cuenca Jequetepeque bajo condiciones normales, secas y húmedas, las cuales corresponden a los rangos del número de curva (CN) para dichas características. Para el desarrollo de la investigación, se siguió todos los procedimientos de la metodología de investigación, comenzando con la delimitación de la cuenca Jequetepeque, cuya área total fue de 3935.00 Km^2 y se establecieron 8 subcuencas aportantes. Posteriormente, se cuantifico un total de 14 estaciones climáticas y 1 estación hidrométrica, a las que se les aplicaron a sus registros un total de 8 distribuciones teóricas, eligiéndose en cada una, la distribución de mejor ajuste mediante la prueba Kolmogorov-Smirnov. Luego, se obtuvieron los valores de precipitación máxima en cada estación climática para períodos de retorno de 2.33, 5 y 10 años, correspondientes a los umbrales de inundación moderado, fuerte y extremo, respectivamente, para las cuencas del Perú. A continuación, se elaboró un modelamiento hidrológico tipo precipitación - escorrentía para generar los hidrogramas, en condiciones normales, secas y húmedas, siendo indispensable el desarrollo de bloques alternos a partir de las precipitaciones máximas obtenidas en cada período de retorno (umbral) y complementario a ello se usaron los rangos correspondientes del CN a escala nacional, pero sus valores fueron limitados sólo para la cuenca en estudio. Posteriormente, se obtuvieron los umbrales de inundación para la cuenca Jequetepeque en base a los diagramas cajas con el percentil 50 (mediana) y al criterio de zonas homogéneas de caudal máximo entre área para los diferentes períodos de retorno, por lo que se logró establecer dos grupos homogéneos en cada una de las condiciones normales, secas y húmedas. Por último, se determinaron 6 ecuaciones regionales del tipo potencial, cuyos coeficientes de correlación y determinación fueron cercanos a la unidad, por lo que se concluye que, con los hallazgos obtenidos en la investigación, se pueden determinar los umbrales de inundación en condiciones normales, secas y húmedas en la cuenca Jequetepeque.

Palabras clave: Caudales, cuenca, hidrogramas, precipitación, umbrales de inundación.

ABSTRACT

The objective of this research thesis was to carry out the regionalization of flows to determine the flood thresholds in the Jequetepeque basin under normal, dry and humid conditions, which correspond to the ranges of the curve number (CN) for said characteristics. For the development of the research, all the procedures of the research methodology were followed, beginning with the delimitation of the Jequetepeque basin, whose total area was 3935.00 Km^2 and 8 contributing sub-basins were established. Subsequently, a total of 14 climatic stations and 1 hydrometric station were quantified, to which a total of 8 theoretical distributions were applied to their records, choosing in each one the best-fitting distribution using the Kolmogorov-Smirnov test. Then, the values of maximum rainfall in each climatic station were obtained for return periods of 2.33, 5 and 10 years, corresponding to the moderate, strong and extreme flooding thresholds, respectively, for the basins of Peru. After, a rainfall-runoff type hydrological modeling was developed to generate the hydrographs, under normal, dry and humid conditions, being essential the development of alternating blocks based on the maximum rainfall obtained in each return period (threshold) and complementary to for this purpose, the corresponding CN ranges were used on a national scale, but their values were limited only to the basin under study. Subsequently, the flood thresholds for the Jequetepeque basin were obtained based on the box plot with the 50th percentile (median) and the criterion of homogeneous zones of maximum flow between areas for the different return periods, so it was possible to establish two homogeneous groups in each of the normal, dry and humid conditions. Finally, 6 regional equations of the potential type were determined, whose correlation and determination coefficients were close to unity, so it is concluded that, with the findings obtained in the research, the flood thresholds can be determined under normal conditions. dry and humid in the Jequetepeque basin.

Keywords: Flows, basin, hydrographs, rainfall, flood thresholds.

Tabla de contenidos

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN 1

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 1

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 6

1.2.1. PREGUNTA GENERAL 7

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN 7

1.4. OBJETIVOS 7

1.4.1. OBJETIVO GENERAL 7

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 7

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 8

1.6. ALCANCES Y LIMITACIONES 8

1.6.1. ALCANCES 8

1.6.2. LIMITACIONES 8

1.7. PROPUESTA 9

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO 10

2.1. ANTECEDENTES 10

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES 10

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES 12

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES 14

2.2. REGIONALIZACIÓN DE CAUDALES 15

2.2.1. TIPOS DE REGIONALIZACIÓN 16

2.3. UMBRALES DE INUNDACIÓN 17

2.3.1. CUANTILES Y PERÍODOS DE RETORNO 18

2.4. ANÁLISIS REGIONAL DE FRECUENCIAS 19

2.5. ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA E HIDROMÉTRICA 21

2.6. MODELAMIENTO HIDROLÓGICO 22

CAPITULO III: METODOLOGÍA 23

3.1. ÁREA DE ESTUDIO 27

3.2. RECOPILACIÓN DE LA INFORMACIÓN 30

3.2.1. PRECIPITACIONES 30

3.2.2. CAUDALES 33

3.2.3. ESTIMACIÓN DEL NÚMERO DE CURVA EN CONDICIONES NORMALES, SECAS Y HÚMEDAS 33

3.2.4. MODELAMIENTO HIDROLÓGICO DE LA CUENCA JEQUETEPEQUE EN CONDICIONES NORMALES, SECAS Y HÚMEDAS 36

3.2.5. UMBRALES DE INUNDACIÓN EN CONDICIONES NORMALES, SECAS Y HÚMEDAS 39

CAPITULO IV: RESULTADOS 41

4.1. DELIMITACIÓN DE LA CUENCA JEQUETEPEQUE 41

4.2. CUANTIFICACIÓN DE LAS ESTACIONES CLIMÁTICAS E HIDROMÉTRICAS PARA LA APLICACIÓN DE LAS DISTRIBUCIONES TEÓRICAS 42

4.3. ELABORACIÓN DEL MODELAMIENTO HIDROLÓGICO BAJO CONDICIONES NORMALES, SECAS Y HÚMEDAS 43

4.4. OBTENCIÓN DE LOS UMBRALES DE INUNDACIÓN EN RELACIÓN AL CAUDAL MÁXIMO VERSUS ÁREA 47

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 53

5.1. CONCLUSIONES 53

5.2. RECOMENDACIONES 54

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 55

ANEXOS 59

Índice de Tablas

Tabla 1: Niveles de umbrales por peligro para Perú 17
Tabla 2: Ámbito político de la cuenca Jequetepeque 28
Tabla 3: Estaciones climáticas de la cuenca Jequetepeque 31
Tabla 4: Estación hidrométrica de la cuenca Jequetepeque 33
Tabla 5: Rangos del número de curva para la cuenca Jequetepeque 34
Tabla 6: Áreas de influencia de cada estación climática para el modelamiento hidrológico .37
Tabla 7: Parámetros geomorfológicos de la cuenca Jequetepeque 41
Tabla 8: Subcuencas de la cuenca Jequetepeque 41
Tabla 9: Distribuciones teóricas de mejor ajuste elegidas para cada estación climática 42
Tabla 10: Distribución teórica de mejor ajuste elegida para la estación hidrométrica Yonan43
Tabla 11: Caudales máximos obtenidos para las condiciones normales 43
Tabla 12: Caudales máximos obtenidos para las condiciones secas 44
Tabla 13: Caudales máximos obtenidos para las condiciones húmedas 44
Tabla 14: Umbrales de inundación para la cuenca Jequetepeque 49
Tabla 15: Ecuaciones regionales para estimar los umbrales de inundación en la cuenca Jequetepeque 52

Índice de Figuras

Figura 1: Metodología usada para el objetivo específico 1 y 2.....23
Figura 2: Metodología usada para el objetivo específico 3.....24
Figura 3: Metodología usada para el objetivo específico 4.....25
Figura 4: Ubicación general de la cuenca Jequetepeque.....28
Figura 5: Altitudes de la cuenca Jequetepeque.....29
Figura 6: Subcuencas de la cuenca Jequetepeque.....30
Figura 7: Precipitación media de la cuenca Jequetepeque.....32
Figura 8: Precipitación máxima referencial de la cuenca Jequetepeque.....32
Figura 9: Mapa de la distribución del CN en condiciones normales.....34
Figura 10: Mapa de la distribución del CN en condiciones secas.....35
Figura 11: Mapa de la distribución del CN en condiciones húmedas.....35
Figura 12: Delimitación de las áreas parciales en cada estación climática para l modelamiento hidrológico de la cuenca Jequetepeque.....36
Figura 13: Vista general del modelamiento hidrológico de la cuenca Jequetepeque.....38
Figura 14: Entorno gráfico del programa de distribución de lluvia por bloques alternos.....38
Figura 15: Obtención de los valores de eventos de tormenta usando bloques alternos.....39
Figura 16: Diagrama de caja típico o box plot.....40
Figura 17: Hidrograma de descarga en condiciones normales.....45
Figura 18: Hidrograma de descarga en condiciones secas.....46
Figura 19: Hidrograma de descarga en condiciones húmedas.....46
Figura 20: Diagramas de cajas obtenidos para las condiciones normales.....47
Figura 21: Diagramas de cajas obtenidos para las condiciones secas.....48
Figura 22: Diagramas de cajas obtenidos para las condiciones húmedas.....48
Figura 23: Regionalización de caudales para el grupo 1 en condiciones normales.....49
Figura 24: Regionalización de caudales para el grupo 2 en condiciones normales.....49
Figura 25: Regionalización de caudales para el grupo 1 en condiciones secas.....50
Figura 26: Regionalización de caudales para el grupo 2 en condiciones secas.....50
Figura 27: Regionalización de caudales para el grupo 1 en condiciones húmedas.....51
Figura 28: Regionalización de caudales para el grupo 2 en condiciones húmedas.....51

ANEXOS

ANEXO A.– REGISTROS DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DE 24 HORAS DE LAS ESTACIONES CLIMÁTICAS DE LA CUENCA JEQUETEPEQUE

ANEXO B.– REGISTROS DE CAUDALES MÁXIMOS DE LA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA YONAN

ANEXO C.– RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS DISTRIBUCIONES TEÓRICAS APLICADAS A LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS Y CAUDALES MÁXIMOS

ANEXO D.– RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS VALORES MÁXIMOS DE LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS Y CAUDALES MÁXIMOS PARA LOS PERÍODOS DE RETORNO (UMBRALES) DE 2.33, 5 Y 10 AÑOS

ANEXO E.– RESULTADOS DE LAS PRECIPITACIONES OBTENIDAS CON LOS BLOQUES ALTERNOS

ANEXO F.– RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN HIDROLÓGICA CON EL PROGRAMA HEC-HMS

ANEXO G.- UMBRALES DE INUNDACIÓN EN LOS NIVELES MODERADO, FUERTE Y EXTREMO PARA LA CUENCA JEQUETEPEQUE

ANEXO H.- PLANOS

SIGLAS Y ABREVIATURAS

ANA.	: Autoridad Nacional del Agua
CN	: Número de Curva
HEC-HMS	: Hydrologic Modeling System
INDECI	: Instituto Nacional de Defensa Civil
SENAMHI	: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
SIG	: Sistema de Información Geográfica

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel internacional

En Europa, debido a las inundaciones producidas a lo largo de los años, investigadores de diversos países han puesto en cuestión la falta de estudios y el poco interés de las autoridades sobre la evaluación de los desbordes de ríos, en ese contexto, es importante analizar cuáles son los umbrales de advertencia que indiquen los caudales máximos que se pueden producir ante potenciales crecidas y también sus posibles períodos de retorno, este último en base al conjunto de datos disponibles en los diferentes sistemas de alerta de los países europeos, por lo que estas herramientas ayudarán en la planificación y gestión de riesgos de desastres (Alfieri et al., 2019).

En tal sentido, los sistemas globales de pronóstico de inundaciones deben basarse en umbrales de inundación que optimicen los posibles eventos de descargas máximas que puedan producirse en los próximos años, así como sus distintos períodos de recurrencia, no obstante, los métodos existentes de estimación de dichos umbrales deben proporcionar las herramientas necesarias para que los planificadores en evaluación de desastres y complementado con la gestión del agua puedan tomar las decisiones adecuadas en bien de seguridad de la población (Zsoter et al., 2020).

En México, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (2021) menciona que se tienen los casos de ciudades como Guadalajara, Monterrey, Ciudad de México y Chetumal, que se instalaron muy cerca de los ríos y quebradas con el fin de abastecerse del recurso hídrico disponible, sin embargo, debido al crecimiento considerable de la población, se ha ido alterando el ecosistema, lo que incluye la construcción de obras hidráulicas para el control del caudal ante potenciales desbordes. Es por ello que los cauces naturales han ido modificándose por canales de sección prismática de concreto y mampostería, con la finalidad de mejorar la capacidad hidráulica de conducción de la mayoría de los tramos de los ríos, y por ende, lograr que los puntos de desfogue de las cuencas tributarias no provoquen inundaciones repentinas en las zonas aguas abajo. Así mismo, la modificación de los cauces que anteriormente cruzaban por las ciudades se han acentuado en gran medida debido al proceso de urbanización, y ha ido empeorado debido al viaje contínuo de pobladores rurales a las zonas urbanas, en tal sentido, es necesario

contar con los adecuados niveles de alerta ante posibles desbordes de los ríos producto de las crecidas.

En Estados Unidos, Turner (2022) estudió el río Mississippi en el período de 1871 al 2020, con la finalidad de conocer la variabilidad del caudal en ese lapso de tiempo, dentro del cual se analizó la problemática de dichos cambios del estado del flujo, ya que no se tiene claro la influencia de las predicciones del efecto de la variabilidad climática terrestre y por ende en el uso de la tierra en las descargas diarias del río Mississippi, es por ello que recomienda establecer métricas estadísticas mediante parámetros comparativos que ayuden a cuantificar los niveles de flujo máximo aplicando los umbrales de inundación potenciales, con los cuales se puede establecer pronósticos y ciertas relaciones de los desbordes con el cambio progresivo del suelo respecto a los caudales registrados en las diferentes estaciones hidrométricas de la cuenca de dicho río.

En Nueva Zelanda, Cattoën et al. (2022), indican que una manera práctica y sencilla de pronosticar los peligros de inundaciones a escala nacional y/o continental es a través de la generación de umbrales de inundación, cuya meta es la de optimizar las estimaciones de los caudales máximos y sus probables períodos de retorno, por ende, estos aportes van a ayudar a la reducción de los impactos de los desbordes de los ríos, que se pudieran generar a corto y mediano plazo, sin embargo, sigue siendo un desafío tecnológico hoy en día, puesto que la mayoría de cuencas y subcuencas importantes no cuentan muchas veces con estaciones hidrométricas que registren los caudales a nivel diario, debido a ello, los pronósticos de posibles crecidas se reducen en modelos hidrológicos que no necesariamente pueden ser calibrados, lo que genera una gran incertidumbre en los umbrales de avenidas máximas.

En Argentina, la Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (2023), conocida comúnmente como ACUMAR, cuyo ámbito de acción le corresponde el río Matanza, ubicado en las nacientes de la provincia de Buenos Aires, de Argentina y desemboca cerca al Río La Plata del mencionado país, indica dentro de su plan de gestión del recurso hídrico que las inundaciones acontecidas por las fuertes lluvias y la altitud del Río de la Plata, muestran graves efectos nocivos en las áreas con una mayor diversidad del tipo económica y social, con regular a alta densidad de la población urbana, así mismo esta institución busca desarrollar óptimamente la conducción y drenaje de dicho río, con el fin de salvaguardar a la población de la zona de influencia, ante posibles eventos de máximas

avenidas, debido a ello es necesario tener en cuenta planes de contingencia considerando probables desbordes y sus diferentes períodos de retorno.

Otro aspecto relevante que menciona la Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (2023), es que el río Matanza, es un río característico de bajas elevaciones, zonificado dentro de una llanura, pero con un caudal casi en estiaje, cuya escorrentía además es lenta. Esto se puede notar que el área de dicha cuenca muestra una superficie de baja pendiente, por ello, las zonas aledañas se encuentran más propensas a desbordes, que además de estos, se debe a otros aspectos como las fuertes precipitaciones que superan la capacidad de filtración del suelo. Así mismo, por los efectos de la altitud del Río de la Plata que producen el libre tránsito del flujo a lo largo del río Matanza, y por último, estas inundaciones se han visto influenciadas por la poca capacidad hidráulica del sistema de drenaje municipal, junto al aumento de áreas impermeables de la citada cuenca y la falta de obras de conducción, por lo expuesto, es importante establecer umbrales de inundación con la finalidad de pronosticar los niveles de alerta temprano ante eventos extremos.

A nivel nacional

Ley N° 29338: Ley de los Recursos Hídricos (27 de marzo de 2019), agrega la denominación de caudal ecológico, conocido en algunas referencias como caudal ambiental, que en legislaciones anteriores no se mostraba como elemento de consulta, esto debido a que cuando se desarrolló la “Ley General de Aguas (Decreto Legislativo 17752), este concepto inicialmente en este apartado se iniciaba, pues en esas fechas se comenzaba a estudiar su importancia en diferentes países del mundo. El caudal ambiental es un concepto que surge para ayudar a la recuperación de un sistema acuático, así como su mantenimiento, el cual, visto desde un enfoque más integral, implica su gestión adecuada en una cuenca hidrográfica, con fines de desarrollar infraestructura hidráulica y la optimización del agua para el uso poblacional y/o productivo.

En ese contexto, desde que se empezó a aplicar este parámetro en los estudios hidrológicos de cuencas, su valoración ha ido avanzando a lo largo de las últimas décadas, ya que el calentamiento global, el cambio climático y efecto invernadero, como parte de la preocupación mundial para conservar el medio ambiente, está cobrando mayor relevancia, puesto que involucra no sólo a las personas, si no también a la flora y fauna del medio ambiente.

Arriola et al. (2020), en su investigación señalan la importancia del estudio de descargas máximas en áreas de influencia lejanas, dentro de las cuales no existe mucha información relevante, que se relacionan a datos de origen meteorológico y/o hidrométrico. Es así, que para lograr tal fin, se necesita evaluar la geomorfología de la cuenca, además de su comportamiento hidrológico, destacando en este último, sus elementos aportantes, sin embargo, existe aún la incertidumbre de cuál es el mejor modelo hidrológico a emplear con el fin de que se optimice el proceso precipitación - escorrentía en todo el área de la cuenca, ante tal problemática recomiendan el uso del método de número de curva como parámetro de entrada que ayude a una mejor determinación de los umbrales máximos, no obstante, surge la necesidad de incorporar algún proceso de regionalización de caudales, que con ello, se puedan establecer los niveles potenciales de desbordes ante avenidas de gran magnitud.

Para el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2022), conocido comúnmente SENAMHI, señala que en el período hidrológico correspondiente entre los años 2020-2021, se desarrolló un ciclo de sequías, con mayor énfasis en la zona central de Perú, el cual abarcó las principales provincias y distritos de Pasco, Huánuco y Junin, cuyas zonas afectadas en su totalidad alcanzaron rangos de 19.00%, 7.00% y 17.00%, respectivamente. Complementario a ello, se pudieron desarrollar persistencias de lluvias durante el período de diciembre de 2020 a enero de 2021, desarrollándose diferencias significativas de las lluvias estacionales entre inicios y fines de año. Estas condiciones se vieron influenciadas por la activación de La Niña en la zona central del Pacífico, además de otros factores como los vientos provenientes de las cordilleras y en gran medida por el aumento de las temperaturas. En tanto en la Región Hidrológica Titicaca se presentaron eventos regulares con presencia de usuales heladas en esta área del Perú, es por ello que debido a la variabilidad climática de las diferentes partes del Perú se hace necesario el desarrollo de una regionalización de caudales con el fin de establecer posibles umbrales de inundación, con fines de pronóstico y prevención.

Según Info Inundaciones (2023), detalla que las repentinas crecidas en el territorio peruano, con mayor impacto en el noroeste (Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad), y algunas zonas de la selva (Amazonas, Loreto y Ucayali), se deben a los ciclos estacionales verano-invierno, no obstante, las inundaciones se han visto incrementadas principalmente por las fuertes lluvias y de moderada intensidad, los cuales poco a poco vienen superando los umbrales de inundación pronosticados por el SENAMHI.

También Info Inundaciones (2023), manifiesta que cerca del 5.00% de la población peruana, se vió afectada por los grandes desbordes acontecidos en los últimos años, donde se produjeron eventos extremos asociados a los cambios de temperatura y precipitaciones. En tanto, el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), documentan aproximadamente que más de medio millón de personas fueron damnificadas y que cerca de 70 mil viviendas fueron destruidas, en ese contexto la alta susceptibilidad ante potenciales desbordes y otros peligros asociados al cambio climático hace que el estudio de las avenidas máximas sea un tema prioritario y por ende se busquen medidas a corto plazo de prevención en las zonas de mayor vulnerabilidad.

A nivel local

Naupari (2020), señala que la cuenca Jequetepeque, delimitada previamente utilizando sistemas de georreferenciación y las cartas nacionales del Perú, presenta características geomorfológicas importantes, como por ejemplo el factor de forma, el índice de Gravelius y la curva hipsométrica, que explican en cierta manera las variaciones estacionales de las precipitaciones y por ende se pueden producir inundaciones en las zonas de baja altitud. En tanto, mediante la simulación hidrológica del sistema de regulación hídrica de la cuenca en mención, se pudo conocer que existen diversas subcuencas y quebradas aportantes, destacando ocho elementos hidrológicos como los más importantes, que permiten la distribución del flujo a lo largo de toda la cuenca.

Vasquez (2021), indica que la geomorfología variante de la cuenca del río Jequetepeque, es una de las principales características de dicha cuenca y además de gran influencia en el escurrimiento general del agua superficial, así como de su impacto en el proceso de infiltración, lo cual, se ha ido incrementando los procesos asociados a los deslizamientos, inundaciones y erosiones, es por ello que se ven afectados los principales centros poblados, vías de comunicación terrestre y zonas agrícolas en uso y en expansión; ante tales circunstancias, es necesario establecer pronósticos claros y precisos sobre los caudales máximos y sus umbrales de inundación ante potenciales desbordes del río Jequetepeque a los largo de la cuenca en mención.

Para Rodríguez & Castro (2022), los recursos de origen hídrico en toda el área de la cuenca Jequetepeque, son muy importantes, ya que son el sustento del desarrollo socioeconómico de los lugareños de dicha cuenca. Así mismo, indican que conocer su

comportamiento hidrológico y la variabilidad climática sobre todo ante eventos extremos es importante, pues sabiendo los pronósticos en cierto intervalo de tiempo se podrán conocer que zonas serían las más afectadas ante inundaciones, es por ello que resulta indispensable el conocimiento de los niveles de desbordes, comúnmente conocidos como umbrales, los cuales son producto de los eventos de caudales máximos.

Por lo expuesto anteriormente, la presente investigación tiene la finalidad de realizar la regionalización de caudales que determine los umbrales de inundación en la cuenca Jequetepeque bajo condiciones normales, secas y húmedas.

Como parte de esta tesis se elabora un modelamiento del tipo hidrológico, basado en el proceso precipitación - escorrentía de la cuenca Jequetepeque bajo condiciones normales (lluvias normales), secas (lluvias mínimas) y húmedas (lluvias máximas) con fines de generar los hidrogramas de salida y los caudales máximos, finalmente en base al criterio de zonas homogéneas de caudal máximo versus área, denominado comúnmente como regionalización, se obtendrán los umbrales de inundación en toda la cuenca.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La cuenca Jequetepeque, considerada como una las cuencas más importante de la zona noroeste peruana, pues comprende parte de las provincias de dos Regiones: Cajamarca y La Libertad, que junto a las cuenca Tumbes, cuenca Chira, cuenca Piura, cuenca Chancay-Lambayeque, representan a la mayor producción agrícola de diversos productos de consumo nacional y de agroexportación (Vasquez, 2021); por otro lado al ser la cuenca Jequetepeque de vital importancia, es necesario tomar medidas a corto plazo sobre los posibles desbordes que puedan causar el río principal de la cuenca y sus quebradas aportantes.

Entre algunas de estas medidas, se puede indicar a la regionalización de caudales con el fin de estimar los umbrales de inundación y posteriormente su validación, mediante algún proceso de simulación del tipo precipitación-caudal (Cruz, 2020); todo esto se logra con la finalidad de mitigar el máximo posible las inundaciones en la cuenca en estudio.

En tanto, los eventos producidos en los años 1983, 1998, 2017 e inicios del 2023 han afectado progresivamente la infraestructura local y regional de las provincias de las Regiones La Libertad y Cajamarca que abarca la cuenca Jequetepeque, lo que ha

producido inundaciones, activación de quebradas, avalanchas de lodos y colapsos de las principales obras hidráulicas (Sardon et al., 2022); debido a ello, es necesario proporcionar mediante los estudios respectivos, cuáles son los niveles probables de inundación para una adecuada gestión de riesgo de desastres.

1.2.1. PREGUNTA GENERAL

¿De qué manera la regionalización de caudales permitirá determinar los umbrales de inundación en la cuenca Jequetepeque bajo condiciones normales, secas y húmedas?

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

Si se realiza la regionalización de caudales entonces se podrán determinar los umbrales de inundación en la cuenca Jequetepeque bajo condiciones normales, secas y húmedas.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar la regionalización de caudales para determinar los umbrales de inundación en la cuenca Jequetepeque bajo condiciones normales, secas y húmedas.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Delimitar la cuenca Jequetepeque y sus subcuencas aportantes.
2. Cuantificar la cantidad de estaciones climáticas e hidrométricas para aplicarles las distribuciones teóricas de mejor ajuste para diferentes períodos de retorno.
3. Elaborar el modelamiento hidrológico tipo precipitación - escorrentía de la cuenca Jequetepeque bajo condiciones normales (lluvias normales), secas (lluvias mínimas) y húmedas (lluvias máximas) con fines de generar hidrogramas de salida y caudales máximos.
4. Obtener los umbrales de inundación para la cuenca Jequetepeque en base al criterio de zonas homogéneas de caudal máximo versus área.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La cuenca Jequetepeque al ubicarse geográficamente en una zona económicamente activa del noroeste peruano, es trascendental realizar un estudio de la regionalización de los caudales y por ende la determinación de los umbrales de inundación, pues esta zona del país se encuentra potencialmente expuesta a constantes lluvias y desbordes del río principal y quebradas aportantes, cuyo efecto se ve acentuado por el Fenómeno El Niño, sobre todo durante el período de enero a abril, debido a ello nace la importancia de su estudio, teniendo en cuenta además las condiciones hidrológicas normales, secas y húmedas de la cuenca considerada en la presente tesis; ya que además, no se cuentan con este tipo de estudios en esta cuenca hidrográfica.

1.6. ALCANCES Y LIMITACIONES

1.6.1. ALCANCES

- Delimitación de la cuenca Jequetepeque y sus elementos aportantes.
- Análisis de las precipitaciones máximas de las estaciones climáticas y caudales máximos de la estación hidrométrica mediante la aplicación de las distribuciones teóricas de mejor ajuste y diferentes períodos de retorno.
- Modelamiento hidrológico de la cuenca Jequetepeque bajo condiciones normales, secas y húmedas, teniendo en cuenta a la estación Yonan como punto de descarga.
- Determinación de los hidrogramas de salida (descarga) y los caudales máximos para cada estación climática a partir del modelamiento hidrológico.
- Obtención de los umbrales de inundación para los períodos de retorno de 2.33 años, 5 años y 10 años, considerando la regionalización de caudales.

1.6.2. LIMITACIONES

- No se dispone de una estación climática por cada subcuenca, por lo que la simulación hidrológica se realizó tomando en cuenta a las estaciones existentes como elementos aportantes a lo largo de toda la cuenca Jequetepeque mediante la delimitación con Polígonos de Thiessen.

- Sólo se cuenta con una estación hidrométrica en la cuenca Jequetepeque, por lo que se usará sólo esa estación como punto de descarga (aforo) para la simulación hidrológica de la cuenca en estudio.

1.7. PROPUESTA

La ejecución de esta tesis de investigación se desarrolla en cuatro procesos, en concordancia con los objetivos específicos: La delimitación de la cuenca Jequetepeque; la cuantificación de las estaciones climáticas e hidrométrica para la aplicación de distribuciones teóricas a los registros históricos de precipitaciones y caudales; modelamiento hidrológico en condiciones normales, secas y húmedas para generar los caudales máximos y la obtención de los umbrales de inundación.

En primer lugar, se delimitó la cuenca Jequetepeque y sus subcuencas aportantes para saber el área correspondiente de drenaje, así como establecer el punto de descarga (aforo) en la estación hidrométrica respectiva.

Posteriormente se cuantificaron las estaciones climáticas y la estación hidrométrica que dispone la cuenca en estudio, para lo cual fue necesario recurrir a los registros disponibles en el SENAMHI y en la ANA, ambas instituciones de Perú; así mismo, en esta etapa se recolectó la información de precipitaciones máximas de 24 horas y los flujos extremos para la posterior aplicación de las métodos teóricos, conocidos como distribuciones máximas de buen ajuste, aplicados para diversos tiempos de retorno.

Luego se elaboró un modelamiento hidrológico del tipo precipitación – escorrentía con la finalidad de generar los hidrogramas de salida y caudales máximos para la cuenca Jequetepeque bajo condiciones normales (lluvias normales), es decir con rangos de número de curva (CN) en dicha categoría; también otro caso bajo condiciones secas (lluvias mínimas), tomando en cuenta en este proceso los rangos de los CN mínimos y en último lugar en condiciones húmedas (lluvias máximas) cuyos valores de los CN correspondieron a los valores máximos.

Finalmente se obtuvieron los umbrales de inundación para la cuenca Jequetepeque, considerando como punto de descarga (aforo) a la estación hidrométrica Yonan; en tanto, los rangos de cada umbral fueron establecidos para cada estación climática como elemento aportante a la cuenca, usando para tal fin diagramas de cajas (box plots) para el percentil 50, en los períodos de retorno de 2.33 años. 5 años y 10 años.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Gallego & Carvajal (2017). ***Regionalización de curvas de duración de caudales en el departamento de Antioquia-Colombia***
(Artículo científico). Revista EIA. Colombia.
Se pudieron establecer las ecuaciones de regionalización para el departamento de Antioquía, Colombia, a partir de la evaluación estadística y análisis de extremos de las curvas de duración de caudales disponibles en la zona de estudio, en ese sentido, las ecuaciones estimadas muestran un ajuste adecuado para una variación de probabilidad de excedencia entre el 10% y 90%, sin embargo, para valores mínimos y máximos porcentuales fuera de dichos rangos, el error calculado aumenta significativamente, indicando grandes diferencias hidrológicas para el proceso de regionalización.

Briceño & Yamit (2018). ***Investigación de la regionalización de caudales máximos en las cuencas de la Provincia Gualivá por medio del método estadístico índice de creciente*****.**
(Trabajo de pregrado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.
Se determinó que, en las ocho zonas analizadas con sus respectivas estaciones, cada una cumple con la cantidad de datos mínimo para estimar caudales pico anuales, así como también, para su estudio en la evaluación de valores máximos y para su aplicación de los métodos teóricos de ajuste estadístico. Así mismo, al contar con varias estaciones hidrométricas, estas se separaron en dos regiones homogéneas, pues los registros que se tienen disponibles presentan una significativa dispersión en cuanto a su coeficiente de variación, promedio de datos y desviación estándar. En tanto, al apreciar que distribución teórica Gumbel fue la que presentó un óptimo ajuste para la mayoría de estaciones, se pudieron establecer los índices de creciente para la Provincia Gualivá, Colombia.

Cifuentes (2020). ***Automatización de las estimaciones de caudales de crecidas para diferentes periodos de retorno***
(Tesis de maestría). Universidad de Concepción, Concepción, Chile.
Se desarrolló una metodología para generar en forma automática la determinación de flujos en planicies con pocos datos de lluvia, correspondientes a la zona centro sur de Chile, considerándose para tal fin el procedimiento de regionalización hidrológica, siendo necesario realizar un análisis estadístico y de extremos para la evaluación de los caudales registrados y posteriormente clasificar las cuencas hidrográficas en cinco grupos homogéneos, basados principalmente en la similitud de la distribución de sus registros históricos, por lo que finalmente fue posible proponer relaciones matemáticas para la estimación de flujos pico en diferentes rangos de retorno.

Liu et al. (2020). ***Estudio sobre regionalización de similitud de caudales basado en correlación no lineal y red compleja***
(Artículo científico). Advances in Water Science, China.
En esta investigación se desenvolvió una regionalización de picos, referenciado en la similitud caudal-área usando una correlación no lineal para interpolar y transferir descargas en diferentes períodos de retorno de las estaciones hidrométricas, correspondientes al lago Poyang de China. Para lograr tal fin se usó la teoría de redes complejas para construir el modelo de regionalización de similitud de caudales, donde las estaciones hidrológicas se establecieron como nodos y se compararon las condiciones de las estadísticas, tanto de las series de caudal, como de los umbrales ya especificados en la zona de estudio. Estos hallazgos manifiestan que el modelo basado en el proceso de regionalización, muestra altas correlaciones, llegando a un r = 0.80, por lo que se concluye en que la zona de estudio se puede subdividir en 12 tipos de regiones.

Lujano et al. (2020). ***Análisis Regional de Frecuencias para la Predicción de Caudales Máximos en Cuencas no aforadas de la Amazonía Peruana***
(Artículo científico). Revista Brasileira de Meteorologia, Brasil.
En esta investigación se aplicó un análisis de frecuencia regional para predecir caudales máximos para diferentes períodos de retorno en cuencas no aforadas de la Amazonía peruana, usando para tal fin diferentes funciones de

distribución estadísticas y la estimación de cuantiles para varias frecuencias, por otro lado, los hallazgos de dicha investigación indican que la distribución generalizada de valores extremos fue la más adecuada para representar la muestra de datos del análisis regional, sin embargo, la predicción de caudales máximos presentaron amplios rangos de incertidumbre, principalmente para altos períodos de retorno.

Pan et al. (2022). ***Modelo de picos sobre el umbral en el análisis de la frecuencia de inundaciones: Una revisión del alcance***
(Artículo científico). Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, Estados Unidos.
Este estudio tiene como objetivo la brecha de conocimiento actual sobre los diversos métodos y modelos para el estudio de inundaciones a partir de la evaluación de los umbrales pico generados por las descargas máximas en diferentes cuencas. Así mismo, el citado artículo revisa los criterios necesarios de selección de umbrales que permiten conocer los niveles de alerta temprana, los cuales involucran la estimación de parámetros, tales como la precipitación máximo, el caudal máximo, el tiempo de concentración de la lluvia, el ajuste a las diferentes distribuciones de probabilidad y por último la regionalización de caudales.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Montesinos, C. (2018). ***Estimación de Umbrales de Inundación en la Región Hidrográfica del Pacífico***
(Estudio hidrológico). Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI, Lima.
El citado estudio estableció tres niveles de alerta para descargas en ríos principales, los cuales están en relación a los umbrales de inundación de las principales cuencas de la costa del Pacífico Peruano. La metodología empleada se basó en el método de los momentos, que fue aplicado a distintos tipos de distribuciones teóricas, para establecer el mejor ajuste y por ende desarrollar funciones regionales, considerando el área de la cuenca, el caudal máximo y el

tiempo de recurrencia, con la finalidad de estimar sus umbrales de inundación en los respectivos agrupamientos de cuencas.

Ortiz, S. (2018) ***Propuesta de un sistema de alerta temprana por inundación en la cuenca del río Lucre - Cusco 2018***
(Tesis de pregrado). Universidad Andina del Cusco, Cusco.
La tesis desarrolló una propuesta de un circuito de aviso de corto plazo para el río Lucre, basado en varios umbrales de inundación, usando para tal fin, diferentes criterios de evaluación como el análisis estadístico de las precipitaciones y caudales mediante la aplicación de distribuciones de mejor ajuste, además, incluyó la estimación de las precipitaciones máximas y la descarga pico para diversos tiempos de recurrencia, para posteriormente evaluar el grado vulnerabilidad al que se encuentra expuesta la población aledaña al río y finalmente el daño que podrían ocasionar eventuales desbordes.

Lujano, E. (2019). ***Análisis regional de frecuencia para la estimación de caudales máximos en la cuenca Amazónica del Perú***
(Tesis de doctorado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
En esta tesis doctoral se empleó un análisis de frecuencia para estimar caudales máximos en las diferentes cuencas de la zona amazónica peruana, cuyos hallazgos permitieron establecer tres regiones homogéneas mediante dos técnicas basadas en la colocación de elementos y heterogeneidad, sin embargo, algunas regiones fueron excluidas debido a la falta de estaciones hidrométricas, a pesar de ello, se pudo aplicar diferentes pruebas estadísticas teóricas y de bondad de ajuste para validar los ajustes respectivos a los registros históricos hidrométricos disponibles, en tal sentido, la gráfica de aumento con enfoque regional obtenida a través de distribución generalizada de valores extremos permitió cuantificar los valores máximos instantáneos para diferentes tiempos.

Quispe, E. (2023) ***Determinación de umbrales de prevención de riesgo de inundación aplicando L-momentos en la cuenca baja del río Coata - Puno***
(Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
La citada tesis desarrolló tres niveles de alerta en relación a los umbrales de prevención de inundación aplicando la metodología de L-momentos en la

cuenca baja del río Coata. Dicho método implicó el proceso de regionalización de caudales y la obtención de la distribución de mejor ajuste para los caudales máximos de dicho río, con lo que finalmente se pudo cuantificar para la zona de estudio, un umbral mínimo de 289.30 m^3/s y un umbral máximo de 333.30 m^3/s.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Portella y Villafuerte (2020). ***Evaluación del riesgo de inundación del río Cascajal en el entorno del Caserío de Sincape (Distrito de Olmos) y análisis de alternativas de solución***
(Tesis de Pregrado). Universidad Señor de Sipán, Chiclayo.
En dicha tesis se evaluó el potencial de desbordamiento del mencionado río que puede provocar entre las inmediaciones del sector Sincape del Distrito de Olmos. Para lograr tal fin, se desarrollaron mapas de posibles desbordes para diferentes períodos de retorno, los cuales fueron procesados con ayuda de softwares como HEC – RAS, ArcMAP y HEC-GEORAS, identificándose posteriormente las áreas más vulnerables. De acuerdo a ello, se propusieron algunas alternativas de solución, destacando entre ellas, la protección de ambas márgenes del río con enrocado. Se incluyó además un análisis de costos unitarios, un presupuesto y un cronograma de ejecución para la etapa posterior de construcción.

Cruz, J. (2021). ***Análisis regional de caudales para determinar umbrales de inundación en la región hidrológica VI del Pacífico del Perú***
(Tesis de Pregrado). Universidad Señor de Sipán, Chiclayo.
La citada tesis abordó un análisis regional de caudales con el fin de establecer los umbrales de inundación en la región hidrológica VI del Pacífico norte, abarcando 18 principales cuencas de las Regiones Tumbes, Piura, Lambayeque, Cajamarca y La Libertad. Para lograr tal fin, se logró determinar en cada una de dichas cuencas un modelo de simulación hidrológica tipo lluvia-caudal, tomando en consideración a las subcuencas como elementos hidrológicos que aportan caudal a la cuenca. Posteriormente se logró realizar el ajuste estadístico a las precipitaciones y descargas pico para diferentes

eventos de recurrencia, que ayudaron a generar los hietogramas e hidrogramas respectivamente. Finalmente se establecieron 4 grupos homogéneos para 4 niveles de aviso ante potenciales desbordes, tomando para ello la consideración un evento mínimo de 2 años y con un rango máximo de 500 años.

2.2. REGIONALIZACIÓN DE CAUDALES

Chávez (2009), menciona que: Para lograr el avance de las diversas infraestructuras hidráulicas, urge la evaluación de las características hidrológicas de una cuenca hidrográfica, las cuales orienten adecuadamente la estimación de los flujos pico, no obstante, se han notado sucesos en donde las longitudes de registro son cortas o muestran escasos valores, lo que implica que la determinación de caudales pico no sea la mejor. Es por ello, que hoy en día se vienen desarrollando diversos métodos que ayudan a esta cuantificación de caudales, destacando entre ellos la regionalización de caudales, pues incorpora algunas variables climáticas, geográficas y estadísticas (p.25).

En ese mismo contexto Chávez (2009), explica que: En casos donde se disponga de un sistema de estaciones que miden flujos en una determinada región, como una cuenca, no necesariamente se podrán cubrir todas las zonas hídricas, por ende no se podrían conocer los hidrogramas de descarga en cualquier punto, por ello, se sugieren emplear métodos como la regionalización para tener semejanzas de caudales (p.25).

La metodología de regionalización de caudales, es usada ampliamente en la hidrología, con el fin de evaluar mediante el análisis de los datos meteorológicos, la transferencia de dicha información a una cuenca, sobre todo en donde no se disponga de registros de flujos completos, empleando para tal fin el criterio del comportamiento hidrológico similar usando las áreas o la altitud de los elementos aportantes. En ese sentido Tucci (2017), manifiesta que la trasmisión de datos se puede dar a través de:

Función hidrológica: Que normalmente representa la relación existente entre una variable hidrológica, variable climática o geográfica, con respecto a la probabilidad de ocurrencia de un evento. Ejemplos claros de una función de este tipo se pueden encontrar en la curva de persistencia, en la gráfica de variación estacional, espacio-temporal o en la curva de tormenta.

Parámetro: Expresa una característica del sistema hidrológico de una cuenca, que por lo general está asociado a sus elementos geomorfológicos y en otros casos puede estar relacionado a alguna variable climatológica.

Variable: Expresión que identifica el comportamiento de un proceso o fenómeno dentro de la cuenca, como por ejemplo, el caudal, la precipitación, la temperatura, la evapotranspiración, etc.

Así mismo, Tucci (2017), afirma que el concepto de regionalización se fundamenta en la semejanza espacial que existe entre la función hidrológica, los parámetros y las variables, ya que permiten realizar la transferencia de los datos, de un lugar a otro dentro de una cuenca, sobre todo, donde no se dispone de mucha información meteorológica.

2.2.1. TIPOS DE REGIONALIZACIÓN

Tucci (2017) explica que la regionalización hidrológica puede ser realizada por medio de:

Variables: Cuando una variable como la precipitación media, caudales medio, caudal mínimo, tiempo de concentración, entre otras, pueden ser determinadas en una región por medio de relaciones establecidas a través de datos puntuales existentes.

Funciones: Cuando se puede estimar información hidrológica usando parámetros basados en funciones estadísticas, es decir cuando se considera que un tipo de distribución estadística se ajusta adecuadamente a los registros históricos de un área o cuenca hidrográfica.

También se consideran los picos máximos, en la cual, por medio de información de los registros extremos para diferentes tiempos de recurrencia y su relación con características de las cuencas en estudio, se puede determinar el caudal máximo para diferentes periodos de retorno en otros puntos de la región. Este método se usa generalmente ante la falta de datos.

Así mismo, por medio de la curva de probabilidad adimensional, se determina la curva adimensional de probabilidad o curva regional en base a las relaciones de Q/Qm vs tiempo de retorno para la zona de estudio, con la cual se puede

determinar la curvas de caudal vs tiempo de retorno para la zona a regionalizar. Este método es útil cuando se tienen series cortas.

Parámetros: Los parámetros de una función o de un modelo matemático pueden ser determinados por la relación con características físicas de la cuenca. Por ejemplo: las tablas generadas por el Soil Conservation Service para relacionar el parámetro CN con características del suelo, cobertura vegetal y uso del suelo.

Indicadores regionales: Son definidos como los valores medios de las variables que permiten una rápida estimación de una variable hidrológica, para atender su comportamiento, como por ejemplo, el caudal específico medio y la relación entre el caudal mínimo y medio.

2.3. UMBRALES DE INUNDACIÓN

La Resolución Ministerial N° 049-2020-PCM emitida como parte del protocolo de emisión de avisos, alertas y alarmas ante lluvias intensas y peligros asociados, indica que: Los umbrales de inundación son estimados a partir del análisis de frecuencias de caudales máximos anuales simulados en cada tramo de río y para tres periodos de retorno, equivalentes a 2.33, 5 y 10 años (Presidencia del Consejo de Ministros, 2020).

Dicha Resolución también describe que: Los umbrales son valores numéricos que se obtienen en base a datos históricos y cálculos matemáticos que se utilizan para establecer el nivel de logro (Presidencia del Consejo de Ministros, 2020).

Para el presente protocolo se consideran los siguientes umbrales (tabla 1) en función al tipo de peligro, tal y como se muestra en la citada Resolución.

Tabla 1

Niveles de umbrales por peligro para Perú

PELIGRO	UMBRAL	
Crecida de ríos	Basado en los períodos de retorno de 2.33 años	Moderado
	Basado en los períodos de retorno de 5 años	Fuerte
	Basado en los períodos de retorno de 10 años	Extremo

Fuente: (Presidencia del Consejo de Ministros, 2020).

En el caso de crecidas de ríos, los umbrales son definidos por los Gobiernos Regionales y Locales en coordinación con el SENAMHI, y publicados en los portales institucionales. En caso de que no pudieran establecerse dichos niveles de alerta por las autoridades respectivas, se utilizarán los parámetros señalados anteriormente en la tabla 1.

2.3.1. CUANTILES Y PERÍODOS DE RETORNO

Montesinos (2018), señala que: Los cuantiles se definen como aquellos valores de la variable, que están asociados a una probabilidad de excedencia $P(X \geq x)$ o no excedencia $P(X \leq x)$, es decir, existe una asociación de dicha variable, pudiendo ser por ejemplo la precipitación, caudal, temperatura u otro parámetro climático que está relacionado con el tiempo y por ende con la probabilidad de que sea excedido o no durante dicha duración. Generalmente, la medición del tiempo es a largo plazo, por ello en los diversos estudios hidrológicos e investigaciones el término comúnmente utilizado es el tiempo de recurrencia, ya que muestra una forma más formal y precisa de representar dicha probabilidad.

Por otro lado, Montesinos (2018), explica que: Cuando la precipitación u otro parámetro se muestra como el evento máximo que puede producirse en un año, su período de recurrencia representa el valor esperado máximo que puede ocurrir durante un evento de magnitud igual o superior, es por ello, que toda probabilidad de excedencia se asocia a algún modelo matemático, como la probabilidad empírica de Weibull, de California, de Hazen, de Gringorten, entre otras. En ese sentido, para poder representar adecuadamente el período de retorno, se recurre a invertir la probabilidad, ya que numéricamente la recurrencia se necesita expresarla en relación al tiempo.

La expresión para establecer los rangos de recurrencia (Tr) es la que se muestra a continuación:

$$T_r = \frac{1}{P}$$

Donde:

T_r: Periodo de retorno (en años).

P: Probabilidad de excedencia (sin unidades).

2.4. ANÁLISIS REGIONAL DE FRECUENCIAS

Montesinos (2018), manifiesta que: Mediante una evaluación regional de frecuencias, se establece si una estimación de un evento extremo es de baja o elevada frecuencia, durante un determinado lapso de tiempo. Por lo general, dicha estimación, se basa en el estudio de eventos extremos, esto se realiza con el fin de reducir la incertidumbre de la información faltante y de los sesgos que puedan existir al momento de extrapolar la información para diferentes tiempos de recurrencia. En ese contexto, los métodos basados en la estadística, ayudan a optimizar los hallazgos, pues en estos casos para simplificar la estimación de los valores extremos, se emplean diferentes tipos de distribuciones teóricas, cuyas características propias de cada distribución permiten ajustarse o no al registro de valores disponibles en una zona de estudio. Debido a esto, es recomendable utilizar alguna prueba de bondad de ajuste y validar la información mediante correlaciones como la de Pearson (r), que permitan establecer un criterio más claro y preciso del ajuste de alguna distribución teórica respecto a los datos históricos de la variable analizada.

Complementario a ello Cruz (2020), indica que: El análisis regional de frecuencias, que generalmente se asocia a la agrupación de precipitaciones y/o caudales en relación a algún parámetro geográfico, como el área de cuenca y la altitud; se centra en un enfoque probabilístico, tal y como lo afirma Montesinos (2018), ya que al no tener rangos prestablecidos de zonas homogéneas, se necesita aproximar convenientemente la agrupación de las series de registros históricos disponibles del ámbito de estudio. Dichas series deben cumplir con ciertas condiciones de semejanza, tales como la cantidad congruente de datos, buena consistencia y una baja densidad de datos faltantes.

Uno de los procesos más adecuados para una agrupación homogénea es el método del vector regional, pues como manifiesta Arriola et al. (2022): Esta metodología considera una estación como ficticia como el promedio, obteniéndose un índice representativo, conocido como vector, dentro del conjunto de las demás estaciones existentes en una zona homogénea, en ese sentido, se mejora la caracterización del grupo de estaciones en relación a la ubicación geográfica, la elevación, la precipitación y/o caudal. Similares características son las obtenidas por Montesinos (2018), que aplicó otro

método conocido como el de L-moments (Momentos lineales) para generar zonas de similares características hidrológicas y estadísticas. Dicho procedimiento implica el uso de distribuciones teóricas de probabilidad extrema, pero ajustadas a momentos lineales, los cuales pueden establecer resultados confiables para diferentes períodos de retorno.

No obstante Cruz (2020) propone: Un método mucho más simple y práctico, basado en el modelo regional desarrollado previamente por Chávez (2009) y Fuentes (2018), el cual relaciona directamente el pico extremo obtenido para cada tiempo de recurrencia y el área cuenca hidrográfica, pero tomando en cuenta la menor variación de dichos parámetros, con el fin de generar las zonas homogéneas de similares características hidrológicas y geográficas. En ese contexto, al determinar hallazgos válidos, tanto con un método u otro, se pueden finalmente estimar los flujos pico en donde se desee conocer sus rangos o en otras áreas cercanas donde no se disponga de información hidrométrica.

Así mismo, Montesinos (2018), asevera que: Los procesos para efectuar un análisis de frecuencia basado en la regionalización, se basan usualmente en la aplicación de distribuciones teóricas para eventos extremos, dentro ellas, la más conocida es la distribución generalizada de valor extremo, no obstante, el ajuste a una u otra distribución va a depender de la cantidad y rangos de los caudales disponibles. Es por ello, que si los ajustes presentas adecuadas similitudes con relación a los registros existentes, es posible determinar hallazgos precisos, sin embargo, se necesitan comparar los ajustes empleando diversas métricas estadísticas, que ayuden a validar la extrapolación de datos, lo que finalmente y de un modo más práctico todo este proceso forma parte del análisis regional de frecuencias.

En tanto, como afirma Montesinos (2018): Los principios y procedimientos del análisis regional de frecuencia son aplicables cuando existan muestras, de la misma variable, provenientes de diferentes lugares dentro de una misma región. Suponiendo que las observaciones se realizan en intervalos regulares de tiempo en una región determinada, se denomina a “Q” como la magnitud del evento que ocurre en un momento dado en un lugar específico. Así se considera a “Q” como una variable aleatoria que teóricamente puede tomar cualquier valor entre cero y el infinito. Además, el fundamento del análisis estadístico de frecuencia se basa en la distribución de probabilidad de los posibles valores de “Q”. Se denomina “F(x)” a la probabilidad de que el valor de “Q” no sea mayor que “x”, y se expresa como:

$$F(x) = P(Q \leq x)$$

Donde:

F(x): es la función de probabilidad de la distribución de frecuencia.

P(Q ≤ x): es la probabilidad de que el evento sea igualado o excedido en el tiempo.

Complementario a ello, en sus respectivos estudios e investigaciones, Fuentes (2018), Montesinos (2018) y Cruz (2020), hacen mención que: Al existir diferentes métodos para obtener una regionalización de caudales, no hay alguna métrica estadística precisa de cual de los métodos son los adecuados, sin embargo hacen notar que la combinación de algunos de sus procedimientos para la obtención de la regionalización de caudales para distintas frecuencias, estimaría en gran medida los umbrales de inundación en una cuenca hidrográfica.

2.5. ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA E HIDROMÉTRICA

La estación pluviométrica, es aquella estación encargada de medir la precipitación, usualmente en milímetros, que muchas veces se encuentra dentro de una estación meteorológica o climática que mide otras variables como la temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, entre otras. Estas estaciones son gestionadas y mantenidas por las autoridades encargadas del agua en un país y que generalmente se encuentran distribuidas en amplias zonas geográficas y están interconectadas mediante un sistema de redes de estaciones climáticas, pues la información derivada de dicha red es valiosa para el pronóstico de posibles lluvias extremas o potenciales sequías hidrológicas. Así mismo, lo que se usa en una estación pluviométrica es el medidor de lluvia conocido como pluviómetro, un tipo de instrumento utilizado por los meteorólogos e hidrólogos para recoger y medir la cantidad de precipitación líquida durante un período determinado de tiempo.

La estación hidrométrica es una estación física ubicada por lo general en una estructura hidráulica, en una presa de embalse, en las márgenes de un río o en las defensas ribereñas. Su disposición se muestra en una zona visible, mediante una regla graduada con valores numéricos que permiten medir los niveles del agua, y por ende puede conocerse el caudal instantáneo que circula, tanto en épocas de estiaje como también en períodos de máximas avenidas. El proceso de medición se da por un personal técnico

capacitado y posteriormente detalla las mediciones realizadas en reportes diarios, esto con el fin de conocer los valores reales del agua circulante y por ende realizar una mejor gestión y distribución del agua para sus diversos usos y fines.

2.6. MODELAMIENTO HIDROLÓGICO

Horta et al. (2024) explica que: El modelamiento hidrológico es una representación esquemática y resumida de un sistema físico de una cuenca hidrográfica existente, el cual se basa en los principales procesos físicos que involucra el ciclo hidrológico, principalmente se asocian las variables climáticas como la precipitación, la temperatura, la evaporación, la evapotranspiración y la infiltración, con la finalidad de obtener caudales, pudiendo ser a escala diaria, mensual o para ciertos períodos de retorno. A pesar de que muchas veces no se representa con exactitud el ciclo hidrológico en una cuenca, como parte de un modelamiento hidrológico, es necesario entonces el uso de algún software que ayude a simplificar dichos procesos y valide la simulación de caudales a corto y largo plazo.

Caicedo (2022) detalla que: Uno de los principales softwares que se tienen hoy en día para la simulación hidrológica es el programa HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System), ya que además de ser amigable con el entorno Windows, permite representar en forma simplificada y ordenada, el proceso lluvia-descarga, que concierne a una cuenca hidrográfica. Además, el modelo de lluvia-escorrentía incorporado como parte del software HEC-HMS, está elaborado de tal manera que las descargas son generadas en forma de una curva suavizada, conocida comúnmente como hidrograma, cuya variación muestra la distribución del caudal a lo largo de tiempo, usualmente el modelo esquematiza uno o varios episodios de lluvia.

Así mismo, Cabrera-Balarezo et al. (2019) y Arriola et al. (2020), explican que: Este modelo incorporado en HEC-HMS es por poco, el más usado en el mundo, pues permite transformar cualquier evento de precipitación en caudal, inclusive si se desarrolla un modelo mucho más amplio de una cuenca, se puede conocer en diferentes puntos (red de drenaje), las descargas producidas por la precipitación en diferentes intervalos de tiempo, por otro lado, dichos procesos se interconectan mediante relaciones matemáticas, los cuales pueden representar procesos físicos existentes, por ejemplo las pérdidas por infiltración, adición de flujo base, incluyendo hasta el llenado de un embalse.

CAPITULO III: METODOLOGÍA

La metodología usada se agrupó en concordancia a los objetivos específicos de la presente tesis, los cuales se muestran en la figura 1, figura 2 y figura 3.

Figura 1

Metodología usada para el objetivo específico 1 y 2

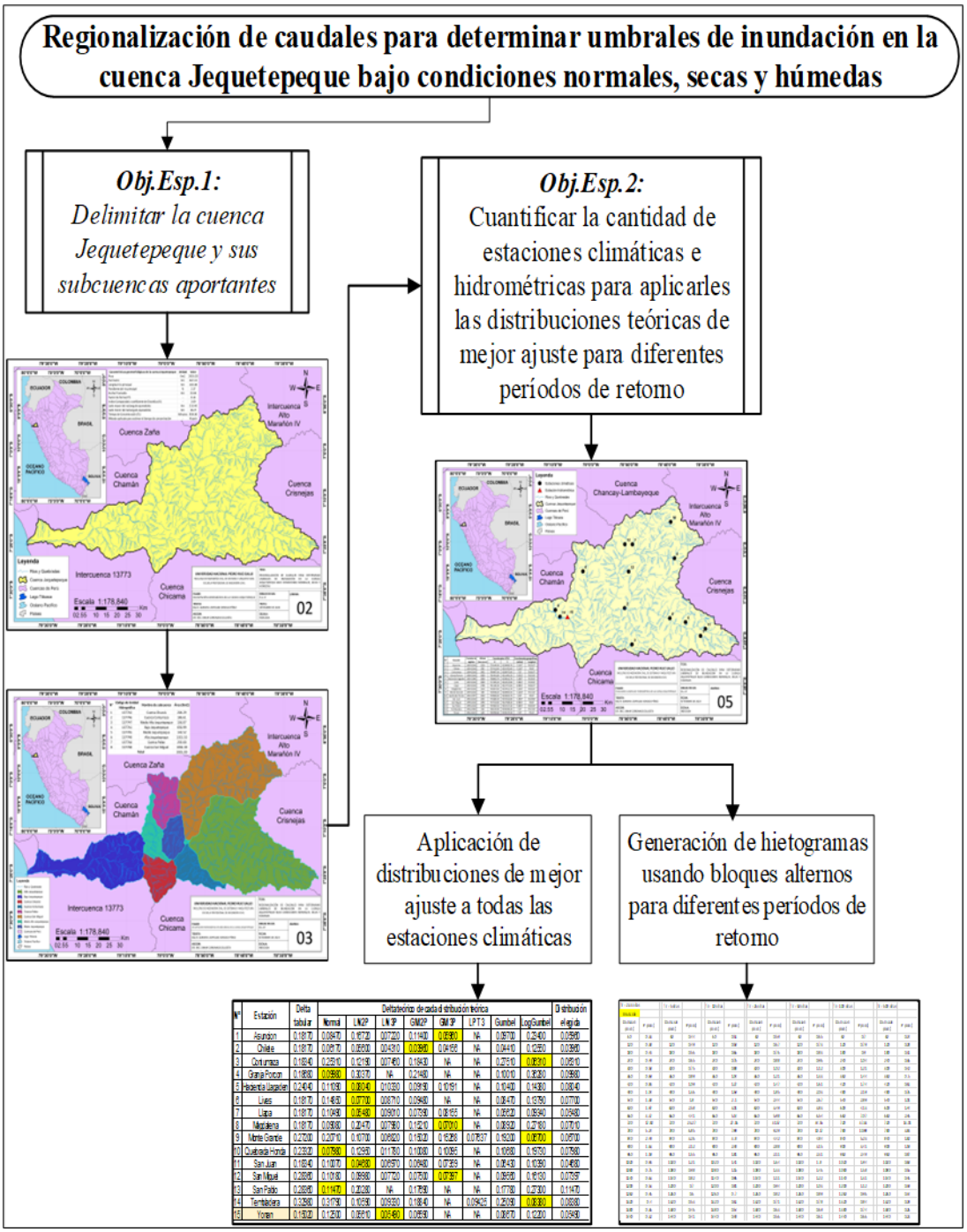


Figura 2

Metodología usada para el objetivo específico 3

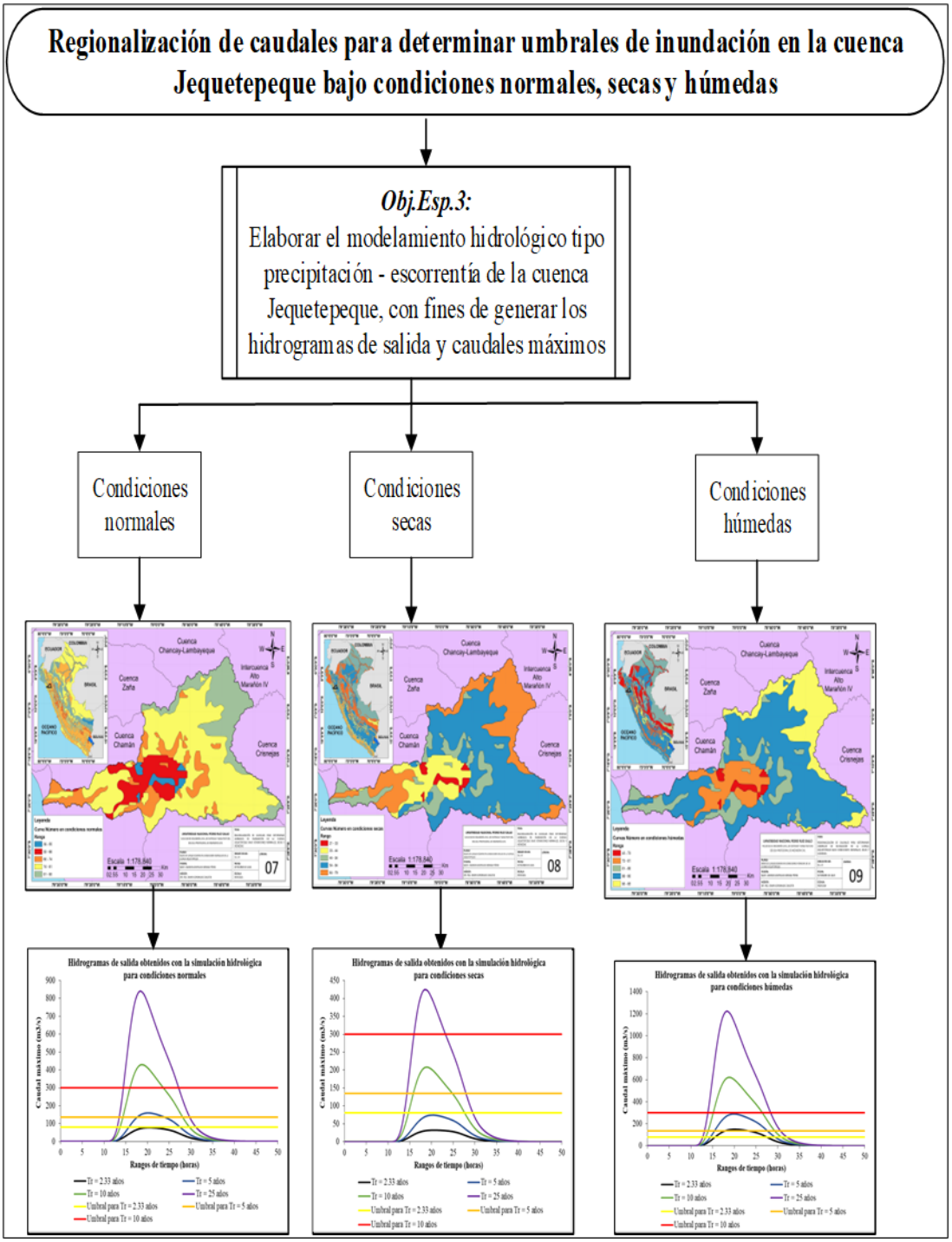


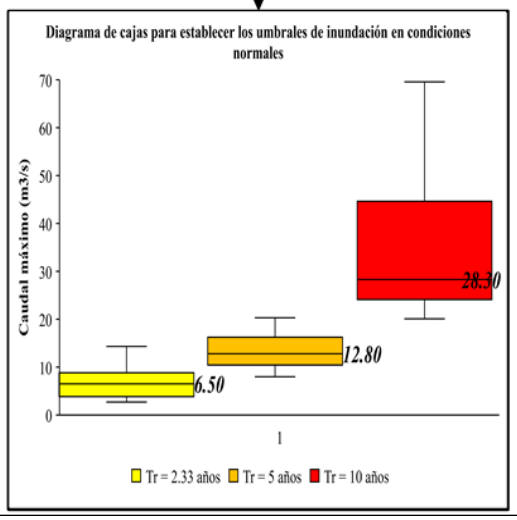
Figura 3

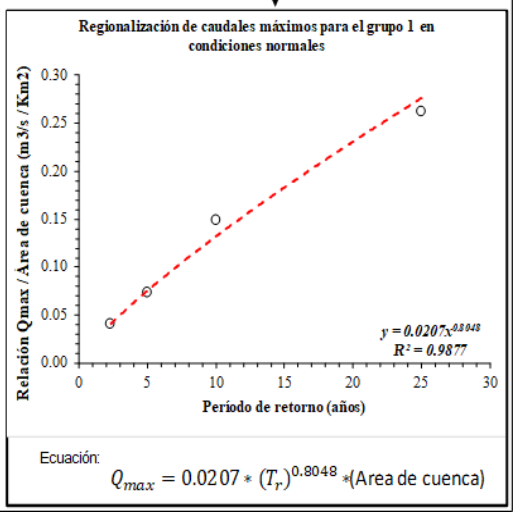
Metodología usada para el objetivo específico 4

Regionalización de caudales para determinar umbrales de inundación en la cuenca Jequetepeque bajo condiciones normales, secas y húmedas

Obj.Esp.4: Obtener los umbrales de inundación para la cuenca Jequetepeque en base al criterio de zonas homogéneas de caudal máximo versus área

			Condiciones normales				Condiciones secas				Condiciones húmedas			
N°	Estación	Área (Km2)	Caudales máximos obtenidos con el modelamiento hidrológico				Caudales máximos obtenidos con el modelamiento hidrológico				Caudales máximos obtenidos con el modelamiento hidrológico			
			Tr = 2.33 años	Tr = 5 años	Tr = 10 años	Tr = 25 años	Tr = 2.33 años	Tr = 5 años	Tr = 10 años	Tr = 25 años	Tr = 2.33 años	Tr = 5 años	Tr = 10 años	Tr = 25 años
1	Asuncion	132.17	7.60	11.50	26.10	48.50	3.60	5.50	13.00	25.30	16.30	20.70	44.60	77.10
2	Chilete	399.24	14.30	20.30	37.60	64.70	6.50	9.30	17.60	30.90	25.00	34.90	63.60	106.60
3	Contumaza	275.30	2.70	9.70	56.60	159.40	1.20	4.50	28.50	87.80	5.60	18.90	51.80	181.00
4	Granja Porcon	305.91	6.70	12.70	36.40	74.70	2.80	5.50	16.80	38.40	11.50	21.30	57.00	111.80
5	Hacienda Llagaden	154.90	6.50	15.20	23.90	36.80	3.00	7.10	11.50	18.10	12.20	26.90	40.90	61.00
6	Lives	346.89	9.90	17.30	40.80	69.70	1.70	8.30	20.40	35.50	18.90	31.90	71.40	117.30
7	Llapa	200.32	3.40	8.00	20.10	42.60	1.50	3.80	9.80	21.50	6.30	14.50	34.70	69.60
8	Magdalena	344.70	19.50	27.80	48.50	78.10	9.10	13.10	23.60	38.90	37.20	51.70	86.20	134.10
10	Quebrada Honda	253.91	2.90	8.20	21.50	42.80	1.30	3.80	10.50	21.60	5.40	14.80	36.90	69.70
11	San Juan	156.94	7.70	14.10	27.80	49.70	3.60	6.70	13.60	25.30	14.30	24.90	46.80	79.10
12	San Miguel	155.95	4.90	12.80	28.30	52.70	2.30	6.10	14.10	27.50	8.60	21.70	45.20	80.50
13	San Pablo	283.62	5.10	11.20	24.30	43.90	2.30	4.40	11.30	21.20	9.80	20.80	43.10	74.90
14	Tembladera	485.42	4.30	13.50	69.60	107.10	1.90	7.20	32.70	51.80	8.30	25.20	46.40	118.60
	Descarga	**3505.27**	**79.00**	**159.50**	**429.60**	**836.60**	**32.10**	**74.30**	**207.90**	**422.80**	**148.10**	**286.80**	**622.00**	**1217.20**
	Umbrales de inundación		**80.00**	**135.00**	**300.00**	**1280.04**								





Ecuación:

$$Q_{max} = 0.0207 * (T_r)^{0.8048} * (\text{Area de cuenca})$$

Etapa 1: Recopilación de la información preliminar para la delimitación de la cuenca Jequetepeque

- Se recopila toda aquella información textual relevante de la cuenca Jequetepeque y sus subcuencas aportantes, así como lo relativo a umbrales de inundación y regionalización de caudales, proveniente de tesis nacionales e internacionales, artículos de investigación de revistas indexadas y de algunas páginas web importantes.
- Se reúne la información geográfica de la cuenca Jequetepeque y sus subcuencas, mediante un inventario en archivos tipo dem y shapefile compatibles con el programa Autocad y ArcGis.

Etapa 2: Recopilación de registros históricos de precipitaciones y caudales

- Se obtienen las precipitaciones máximas de 24 horas de las estaciones climáticas, con un mínimo de 15 años de longitud de registros y los caudales máximos disponibles en las estaciones hidrométricas, de la cuenca Jequetepeque.
- Se aplican a las precipitaciones máximas de 24 horas y caudales máximos las 8 distribuciones teóricas de mejor ajuste: Normal, Logaritmo Normal de 2 parámetros, Logaritmo Normal de 3 parámetros, Gamma de 2 parámetros, Gamma de 3 parámetros, Logaritmo Pearson Tipo III, Gumbel. Logaritmo Gumbel, considerando los períodos de retorno para umbrales de inundación de 2.33 años, 5 años y 10 años, y la distribución de mejor ajuste elegida mediante la prueba Kolmogorov-Smirnov.

Etapa 3: Elaboración del modelo hidrológico tipo precipitación-escorrentía

- Se determinan los hietogramas de cada estación climática, usando bloques alternos para los períodos de retorno del umbral de inundación de 2.33 años, 5 años y 10 años, con el fin de ingresar los valores obtenidos en el modelo hidrológico de la cuenca Jequetepeque.
- Se establecen los valores del número de curva en condiciones normales, secas y húmedas de la cuenca Jequetepeque, para luego ingresar dichos valores al modelo hidrológico en cada condición de la cuenca estudiada.
- Se ensambla en el programa HEC-HMS, la red de drenaje de la cuenca

Jequetepeque hasta la zona de descarga (aforo) correspondiente el punto donde se ubica la estación hidrométrica Yonan.

- Se realiza el procesamiento de la simulación para cada período de retorno del umbral de inundación y para cada condición de la cuenca en el programa HEC-HMS.
- Se obtienen los hidrogramas de descarga con el programa HEC-HMS para los períodos de retorno del umbral de inundación de 2.33 años, 5 años y 10 años, y para las condiciones normales, secas y húmedas de la cuenca Jequetepeque.
- Se contrastan los caudales máximos obtenidos con el modelamiento hidrológico versus los umbrales de inundación propuestos por el SENAMHI para la cuenca Jequetepeque.

Etapa 4: Obtención de los umbrales de inundación

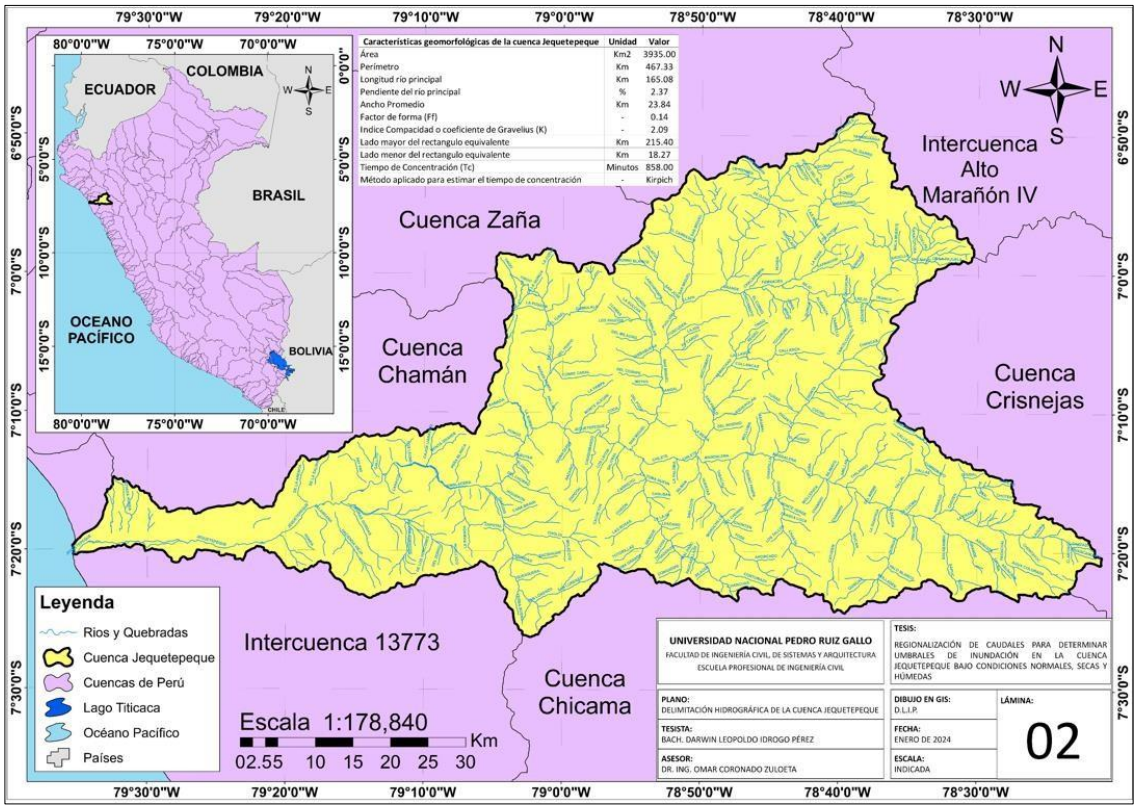
- Se determinan los umbrales de inundación empleando diagramas de cajas (box plot) para los períodos de retorno de 2.33 años, 5 años y 10 años, y bajo condiciones normales, secas y húmedas en la cuenca Jequetepeque y en sus subcuencas, cuyos caudales máximos fueron obtenidos previamente de la simulación hidrológica.
- Se establece la regionalización de caudales para diferentes períodos de retorno, identificándose 2 zonas homogéneas en cada condición de la cuenca Jequetepeque, usando para tal fin los criterios estadísticos del promedio, desviación estándar y coeficiente de variación.

3.1. ÁREA DE ESTUDIO

Esta tesis consideró como zona de estudio la cuenca Jequetepeque, la cual se encuentra ubicada en la costa norte del Perú, tal como se muestra en la figura 4, entre las coordenadas geográficas 78°20´ a 79°40´ longitud oeste y de 6°50´ a 7°25´ latitud sur. Además, la cuenca en estudio, forma parte de las Regiones La Libertad y Cajamarca, lo cual hace que su ubicación sea una zona estratégica en el norte peruano, sobre todo para el desarrollo de la población en el ámbito social, económico y turístico, de las principales provincias y distritos de la Regiones en mención. A nivel administrativo, la cuenca pertenece a la Autoridad Administrativa del Agua Jequetepeque-Zarumilla y a la Administración Local del Agua Jequetepeque.

Figura 4

Ubicación general de la cuenca Jequetepeque



Políticamente la cuenca del rio Jequetepeque forma parte de las Regiones La Libertad (provincias de Pacasmayo y Chepén) y Cajamarca (provincias de Cajamarca, Contumaza, San Pablo y San Miguel), abarcando un total de 6 provincias y 25 distritos, tal como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2

Ámbito político de la cuenca Jequetepeque

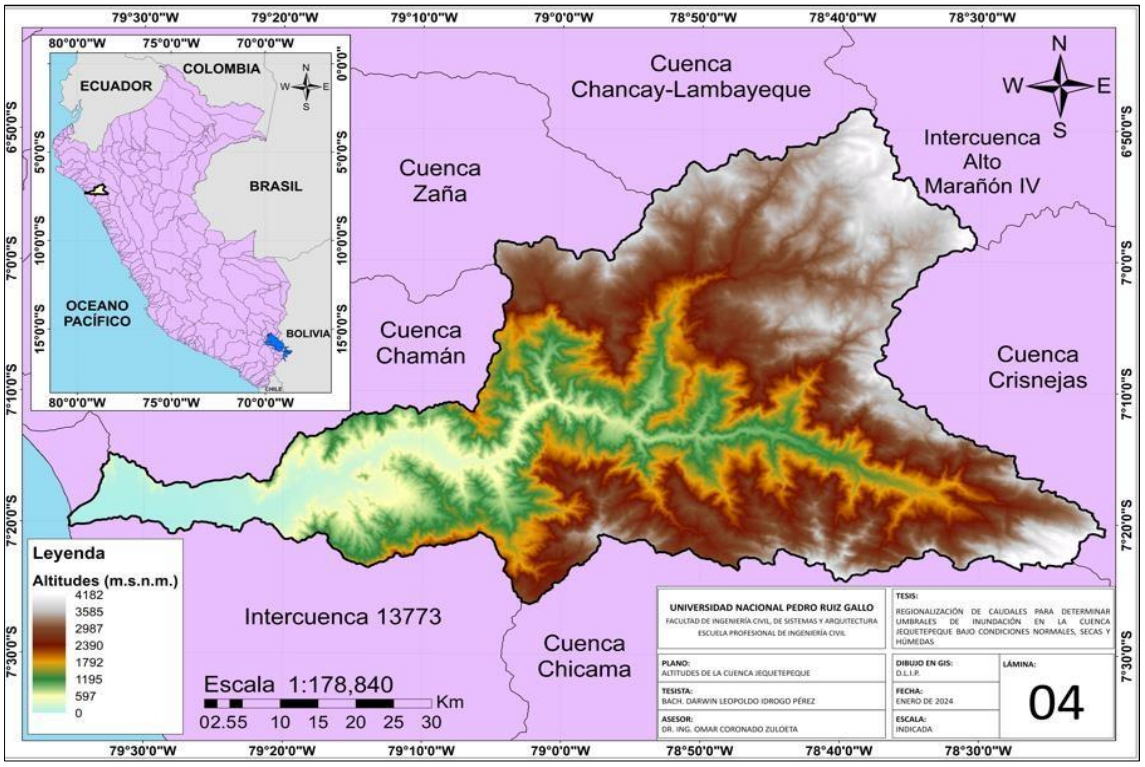
Región	Provincia	Distritos	Área distrital en la cuenca (Km^2)	Porcentaje de área distrital en la cuenca (%)
Cajamarca	Cajamarca	Chetilla	73.58	1.87
		Jesus	47.61	1.21
		Magdalena	205.41	5.22
		Cospan	33.45	0.85
		Asunción	213.67	5.43
		San Juan	72.01	1.83
		Cajamarca	144.81	3.68
	Contumaza	Cupisnique	166.84	4.24
		Chilete	131.43	3.34
		Tantarica	147.17	3.74

		Yonan	546.18	13.88
		Santa Cruz de Toledo	65.32	1.66
		Contumaza	301.81	7.67
	San Miguel	Unión Agua Blanca	170.39	4.33
		El Prado	69.65	1.77
		San Miguel	355.72	9.04
		San Silvestre de Cochan	134.58	3.42
		Calquis	59.03	1.5
		Llapa	140.87	3.58
	San Pablo	San Pablo	200.69	5.1
		San Bernardino	166.84	4.24
		San Luis	42.89	1.09
		Tumbaden	256.17	6.51
La Libertad	Chepén	Chepén	83.82	2.13
	Pacasmayo	Guadalupe	105.06	2.67
Total			3935.00	100.00

Geomorfológicamente, la cuenca Jequetepeque presenta un área de cuenca 3935.00 Km^2, posee además un perímetro de 467.33 Km, un ancho promedio de 23.84 Km, la longitud del río principal es de 165.08 Km y la pendiente del río principal es de 2.37 %. Respecto a la altitud (figura 5), la cuenca presenta elevaciones que oscilan en la zona costera cerca a los 0.00 m.s.n.m. llegando posteriormente hasta la zona más alta a una altitud de 4182 m.s.n.m., lo que caracteriza a la cuenca con zonas de costa y de sierra.

Figura 5

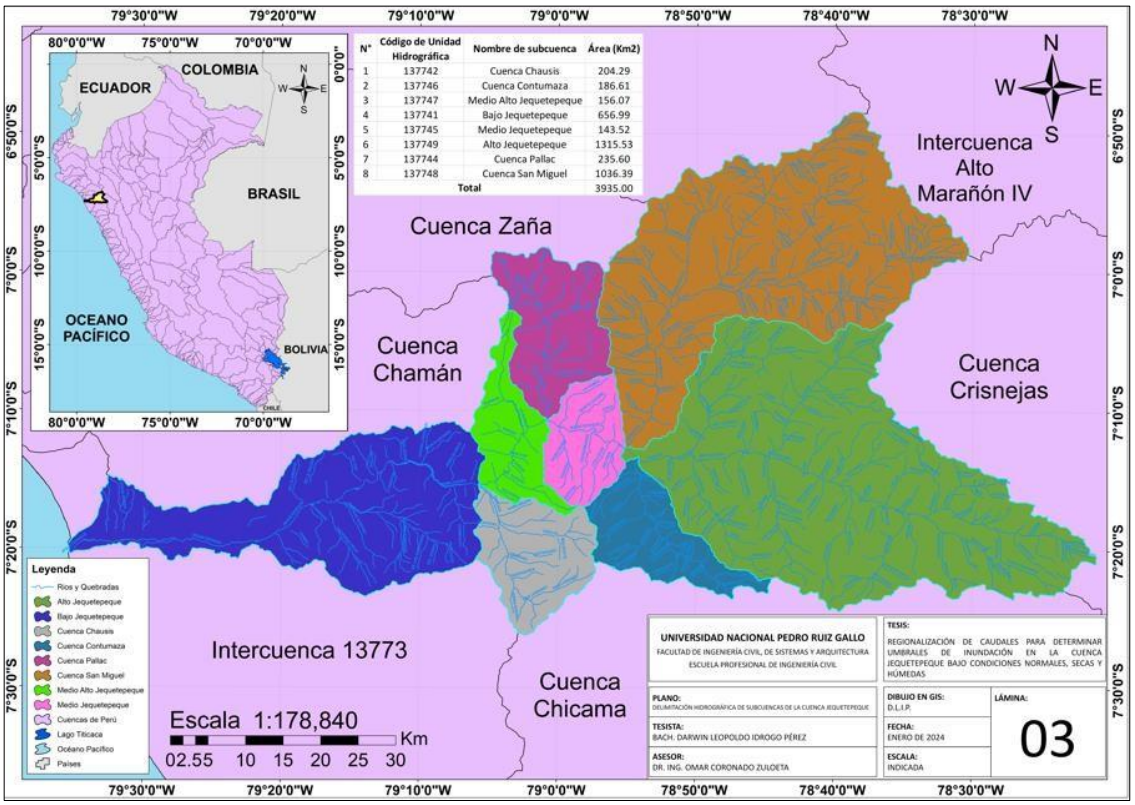
Altitudes de la cuenca Jequetepeque



Por otro lado, la cuenca pertenece a la región hidrológica Pacífico 5, pues es una de las 17 cuencas que comprende esta área y a nivel de la propia cuenca Jequetepeque, ésta posee 8 subcuencas (figura 6), cuyo recorrido de su drenaje va de este a oeste. Así mismo, en la figura 4, el sistema hidrográfico se compone de una red de drenaje de más de 30 ríos secundarios, así como un número elevado de riachuelos, quebradas menores y para el aprovechamiento del recurso hídrico se construyó la represa de Gallito Ciego en la década de los 80, que permite hasta la actualidad el desarrollo de la actividad agrícola y ganadera en la parte baja del valle Jequetepeque.

Figura 6

Subcuencas de la cuenca Jequetepeque



3.2. RECOPILACIÓN DE LA INFORMACIÓN

3.2.1. PRECIPITACIONES

La cuenca Jequetepeque cuenta en total con 21 estaciones climáticas del tipo convencional, las cuales están monitoreadas en la actualidad por el SENAMHI, sin embargo, no todas cuentan con la cantidad de registros mínimos necesarios para su evaluación, sobre todo para el estudio de eventos de precipitación

extrema, tal y como lo sugiere el SENAMHI, es por ello que las metodologías desarrolladas por Montesinos (2018), Caleb (2020) y Arriola et al., (2022) indican que se debe usar una longitud de registro mínimo de 15 años para el análisis estadístico de precipitaciones máximas. En ese sentido, se descartaron las estaciones con cantidad de años menores a 15 años, quedando finalmente un total de 14 estaciones climáticas, las cuales se muestran en la tabla 3.

Tabla 3

Estaciones climáticas de la cuenca Jequetepeque

N°	Nombre de estación climática	Período de registro	Altitud (m.s.n.m.)	Coordenadas geográficas		Coordenadas UTM	
				Latitud sur	Longitud oeste	X	Y
1	Asunción	1963-2018	2229.00	7.3167°	78.5167°	774144.30	9190450.70
2	Chilete	1963-2018	850.00	7.2167°	78.85°	737412.60	9201702.60
3	Contumaza	1964-2018	2452.00	7.35°	78.8167°	740987.30	9186972.00
4	Granja Porcón	1966-2018	3000.00	7.0333°	78.6333°	761491.80	9221941.50
5	Hacienda Llagaden	1965-1996	2000.00	7.2667°	78.5833°	766882.70	9196022.70
6	Lives	1963-2018	2000.00	7.0833°	79.0333°	717260.20	9216615.80
7	Llapa	1963-2018	2798.00	6.9833°	78.8167°	741180.30	9227571.60
8	Magdalena	1963-2018	1316.00	7.2534°	78.6525°	759267.60	9197611.70
9	Monte Grande	1994-2018	489.00	7.2250°	79.1532°	703938.20	9200964.50
10	Quebrada Honda	1964-1997	3550.00	6.90°	78.65°	759686.00	9236665.70
11	San Juan	1964-2018	2353.00	7.2907°	78.4958°	776480.30	9193314.80
12	San Miguel	1996-2018	2590.00	6.9833°	78.85°	737532.80	9227588.40
13	San Pablo	1996-2018	2290.00	7.0833°	78.8333°	739360.50	9216517.40
14	Tembladera	1964-1983	450	7.25°	79.1333°	706135.90	9198190.40

Por otro lado, la distribución de las lluvias de la cuenca, se detalla en la figura 7 para la precipitación media y en la figura 8 para la precipitación máxima con un período de retorno referencial de 2.33 años. Como se puede notar las

precipitaciones son variables durante todo el año, sin embargo, los valores máximos se concentran en la zona noreste y sureste, esto debido principalmente a las propias características altitudinales en el área de estudio.

Figura 7

Precipitación media de la cuenca Jequetepeque

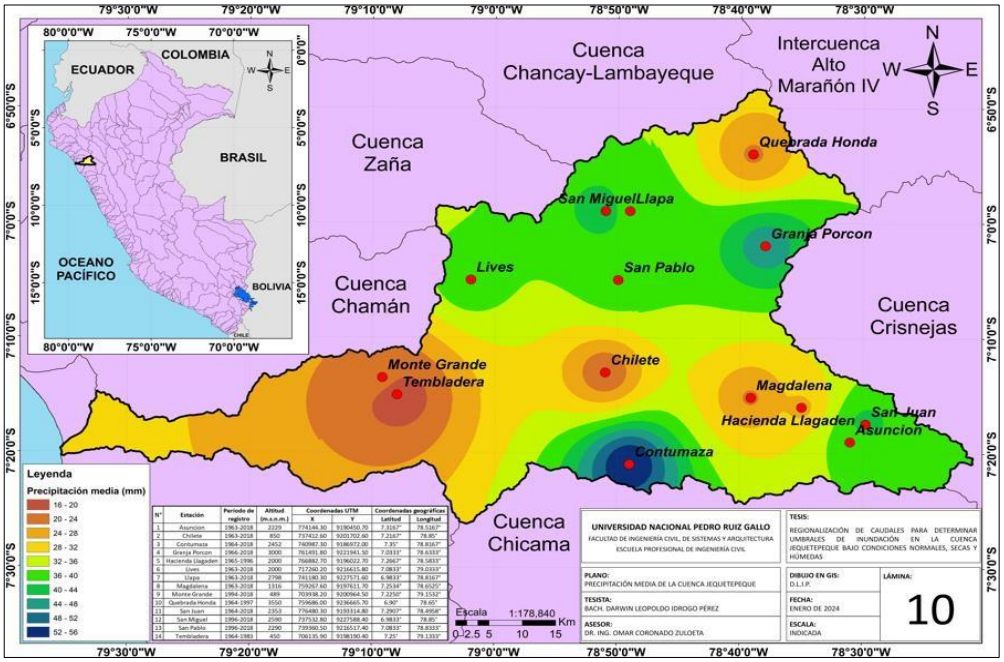
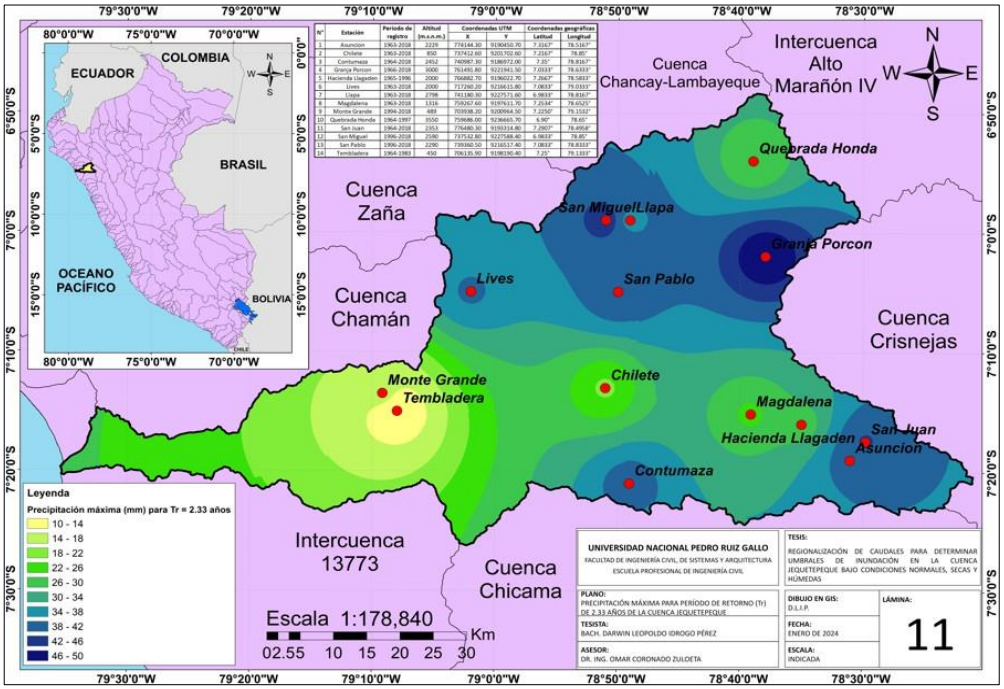


Figura 8

Precipitación máxima referencial de la cuenca Jequetepeque



3.2.2. CAUDALES

La cuenca Jequetepeque abarca tres estaciones hidrométricas, las cuales están monitoreadas en la actualidad por el SENAMHI, no obstante, dos estaciones hidrométricas no cuentan con longitudes de registros consistentes y además presentan muchos datos faltantes, por lo que dichas estaciones se descartaron para la presente tesis. En ese sentido, sólo se utilizó la estación hidrométrica Yonan, cuyos detalles de ubicación y período de registros se muestran en la tabla 4.

Tabla 4

Estación hidrométrica de la cuenca Jequetepeque

N°	Nombre de estación climática	Período de registro	Altitud (m.s.n.m.)	Coordenadas geográficas		Coordenadas UTM	
				Latitud sur	Longitud oeste	X	Y
1	Yonan	1942-2023	428.00	7.3167°	78.5167°	774144.30	9190450.70

3.2.3. ESTIMACIÓN DEL NÚMERO DE CURVA EN CONDICIONES NORMALES, SECAS Y HÚMEDAS

Para la estimación del número de curva (CN) se recurrió al portal de datos abiertos del ANA, el cual dispone de tres mapas para todo el Perú que caracteriza los rangos del CN en condiciones normales, secas y húmedas. También se tiene otra referencia, que fue publicada por Portuguez & Verano (2016), en donde los citados autores detallan el proceso de generación de un mapa temático del NC para el territorio peruano, parámetro que ayuda a desarrollar un modelamiento hidrológico y por ende obtener la escorrentía en una cuenca hidrográfica.

Por lo expuesto, se tomó ambas referencias para definir el rango de los valores del CN en condiciones normales, secas y húmedas, considerando además la delimitación de las áreas parciales de las estaciones climáticas como zonas de influencia para los valores de CN, obteniéndose finalmente los siguientes valores (tabla 4) para las tres condiciones en la cuenca Jequetepeque y los mapas del CN en condiciones normales (figura 9), secas (figura 10) y húmedas (figura 11).

Tabla 5

Rangos del número de curva para la cuenca Jequetepeque

N°	Nombre de estación climática	Área parcial (Km^2)	Condiciones normales	Condiciones secas	Condiciones húmedas
1	Asunción	132.17	77.53	59.75	88.23
2	Chilete	399.24	63.75	43.38	76.63
3	Contumaza	275.30	76.28	58.10	87.78
4	Granja Porcón	305.91	83.53	66.63	90.70
5	Hacienda Llagaden	154.90	78.30	60.25	88.45
6	Lives	346.89	75.00	57.20	86.35
7	Llapa	200.32	79.10	62.13	88.68
8	Magdalena	344.70	77.54	59.75	88.45
10	Quebrada Honda	263.91	84.70	70.25	92.05
11	San Juan	156.94	78.70	60.88	88.72
12	San Miguel	155.95	78.35	61.00	87.75
13	San Pablo	283.62	77.55	59.25	88.00
14	Tembladera	485.42	67.10	46.65	80.35

Figura 9

Mapa de la distribución del CN en condiciones normales

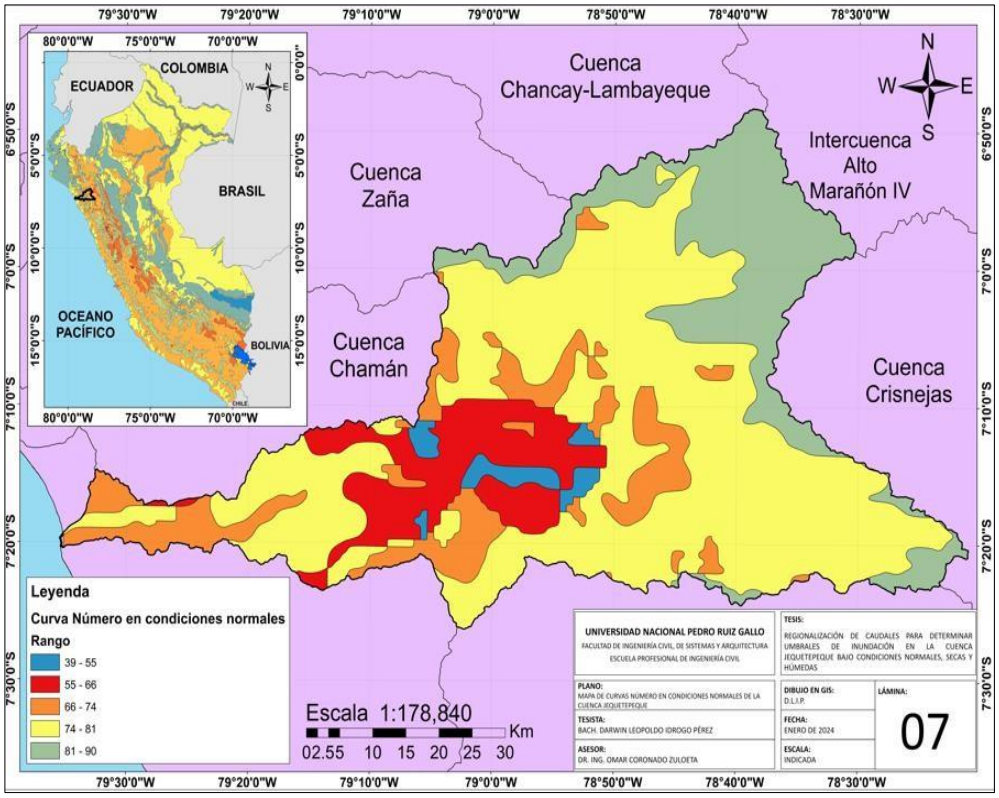


Figura 10

Mapa de la distribución del CN en condiciones secas

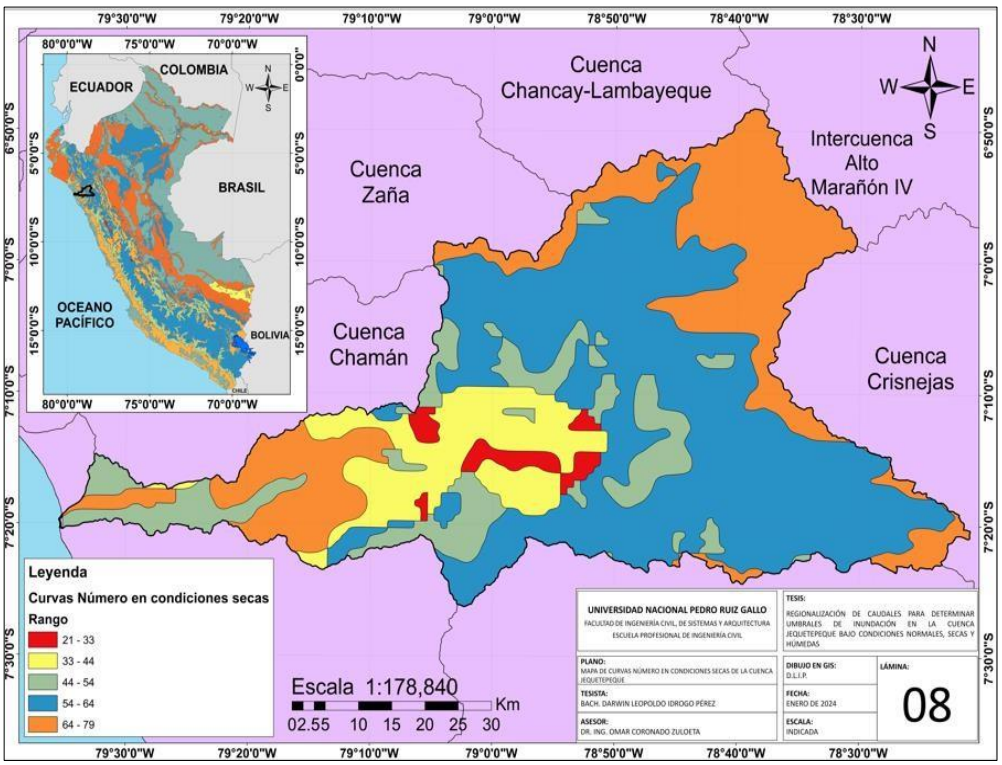
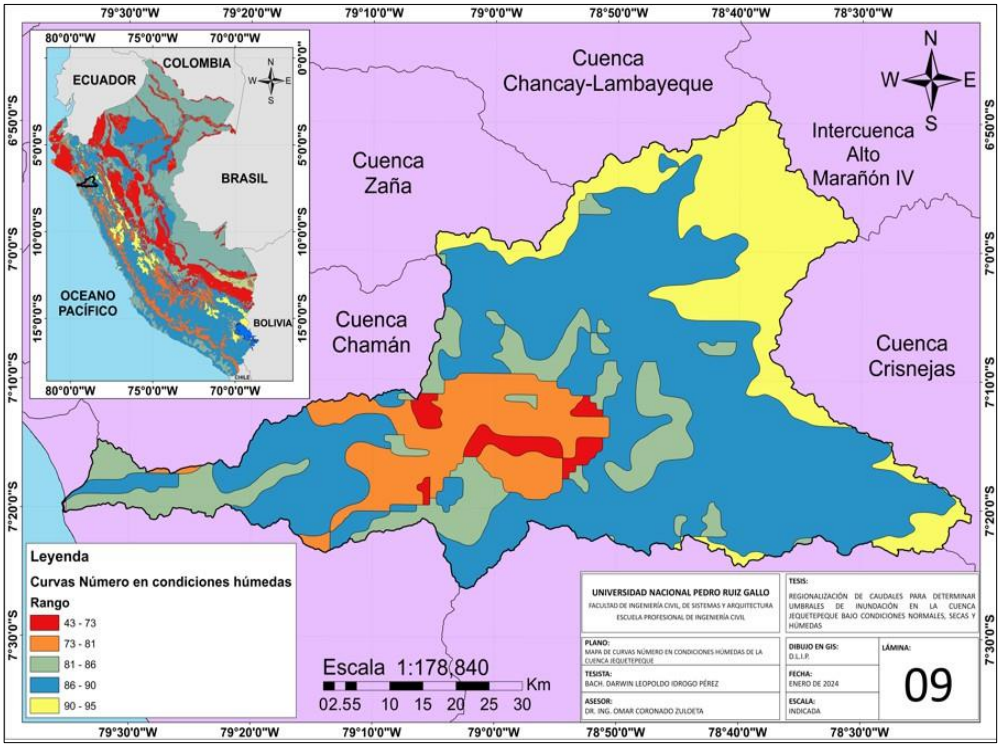


Figura 11

Mapa de la distribución del CN en condiciones húmedas

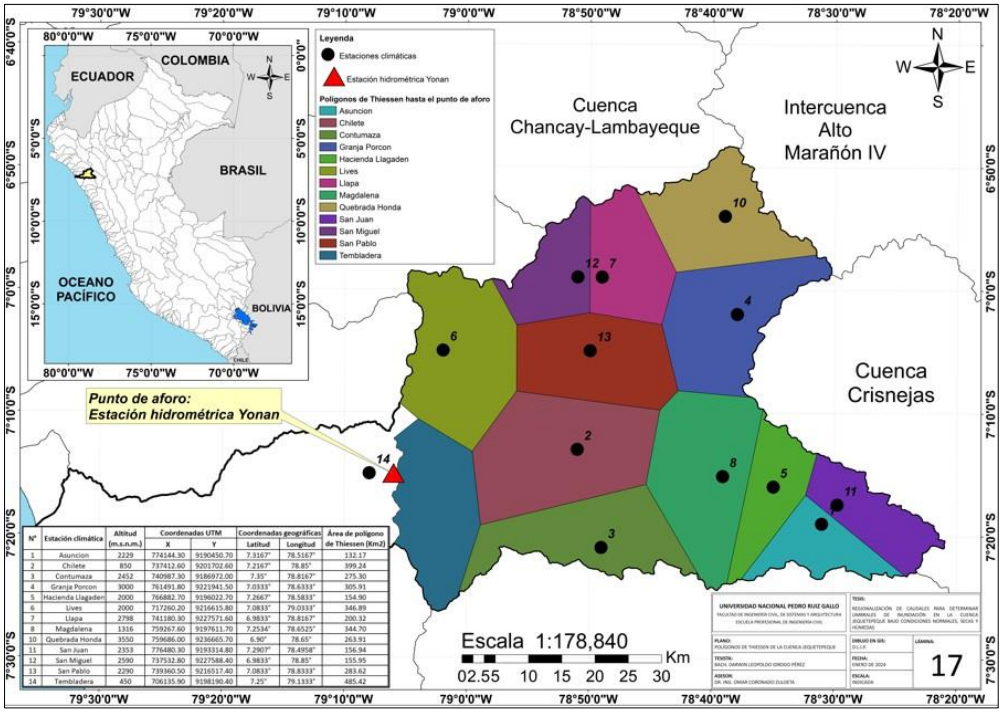


3.2.4. MODELAMIENTO HIDROLÓGICO DE LA CUENCA JEQUETEPEQUE EN CONDICIONES NORMALES, SECAS Y HÚMEDAS

Para realizar el modelamiento hidrológico de la cuenca Jequetepeque, fue necesario incorporar los elementos hidrológicos, conocidos como “subbasin”, siendo en este caso representados por las estaciones climáticas hasta el punto de aforo, descartándose a la estación Monte Grande (estación N°9), debido a que se encuentra muy por debajo de la estación hidrométrica Yonan, tal y como se muestra en la figura 12.

Figura 12

Delimitación de las áreas parciales en cada estación climática para el modelamiento hidrológico de la cuenca Jequetepeque



N°	Estación climática	Altitud (m.s.n.m.)	Coordenadas UTM X	Coordenadas UTM Y	Coordenadas geográficas Latitud	Coordenadas geográficas Longitud	Área de polígono de Thiessen (Km2)
1	Asuncion	2229	774144.30	9190450.70	7.3167°	78.5167°	132.17
2	Chilete	850	737412.60	9201702.60	7.2167°	78.85°	399.24
3	Contumaza	2452	740987.30	9186972.00	7.35°	78.8167°	275.30
4	Granja Porcon	3000	761491.80	9221941.50	7.0333°	78.6333°	305.91
5	Hacienda Llagaden	2000	766882.70	9196022.70	7.2667°	78.5833°	154.90
6	Lives	2000	717260.20	9216615.80	7.0833°	79.0333°	346.89
7	Llapa	2798	741180.30	9227571.60	6.9833°	78.8167°	200.32
8	Magdalena	1316	759267.60	9197611.70	7.2334°	78.6525°	344.70
10	Quebrada Honda	3550	759686.00	9236665.70	6.90°	78.65°	263.91
11	San Juan	2353	776480.30	9193314.80	7.2907°	78.4958°	156.94
12	San Miguel	2590	737532.80	9227588.40	6.9833°	78.85°	155.95
13	San Pablo	2290	739360.50	9216517.40	7.0833°	78.8333°	283.62
14	Tembladera	450	706135.90	9198190.40	7.25°	79.1333°	485.42

Es así, que sólo para el modelamiento hidrológico se utilizaron 13 estaciones climáticas, que unidas mediante polígonos de Thiessen (figura 12), se determinaron las áreas parciales, como zonas de influencia aportante para la obtención de los hidrogramas de descarga y por ende los caudales máximos para los períodos de retorno de los umbrales de inundación. La tabla 6 muestra

las estaciones que se emplearon para el modelamiento, así como su ubicación y área de influencia mediante el polígono de Thiessen.

Tabla 6

Áreas de influencia de cada estación climática para el modelamiento hidrológico

N°	Estación climática	Altitud (m.s.n.m.)	Coordenadas UTM		Coordenadas geográficas		Área de polígono de Thiessen (Km^2)
			X	Y	Latitud	Longitud	
1	Asunción	2229.00	774144.30	9190450.70	7.3167°	78.5167°	132.17
2	Chilete	850.00	737412.60	9201702.60	7.2167°	78.85°	399.24
3	Contumaza	2452.00	740987.30	9186972.00	7.35°	78.8167°	275.30
4	Granja Porcón	3000.00	761491.80	9221941.50	7.0333°	78.6333°	305.91
5	Hacienda Llagaden	2000.00	766882.70	9196022.70	7.2667°	78.5833°	154.90
6	Lives	2000.00	717260.20	9216615.80	7.0833°	79.0333°	346.89
7	Llapa	2798.00	741180.30	9227571.60	6.9833°	78.8167°	200.32
8	Magdalena	1316.00	759267.60	9197611.70	7.2534°	78.6525°	344.70
10	Quebrada Honda	3550.00	759686.00	9236665.70	6.90°	78.65°	263.91
11	San Juan	2353.00	776480.30	9193314.80	7.2907°	78.4958°	156.94
12	San Miguel	2590.00	737532.80	9227588.40	6.9833°	78.85°	155.95
13	San Pablo	2290.00	739360.50	9216517.40	7.0833°	78.8333°	283.62
14	Tembladera	450.00	706135.90	9198190.40	7.25°	79.1333°	485.42

Posteriormente, se usó el programa HEC-HMS v.3.5 para ensamblar todos los elementos necesarios para el modelo hidrológico de la cuenca Jequetepeque (figura 13). Complementario a ello, para generar los eventos de lluvia necesarios para la simulación hidrológica y para cada período de retorno, se usaron bloques alternos de 24 horas de duración, con intervalos de tiempo de cada 60 minutos (1 hora). En ese sentido y para facilidad del procesamiento de la gran cantidad de datos, se aplicó el programa Bloques SWMM v. 2.015, para cada estación climática, obteniéndose 13 hietogramas para los períodos de retorno de 2.33, 5 y 10 años, correspondiente a la cuenca Jequetepeque. La figura 14 muestra una vista típica de un hietograma y la figura 15 indica los

valores obtenidos en formato de texto, cuyos rangos pueden extraerse y copiarse en formato Microsoft Excel.

Figura 13

Vista general del modelamiento hidrológico de la cuenca Jequetepeque

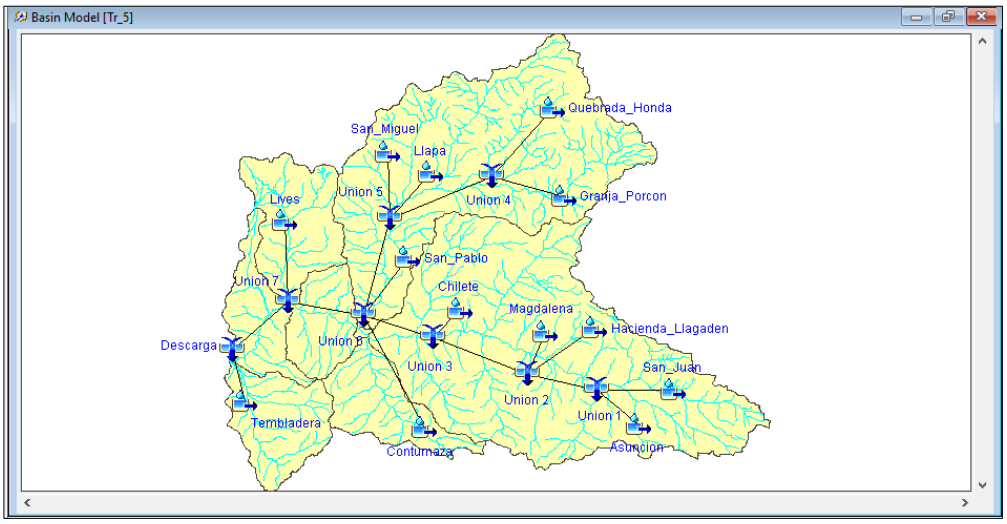
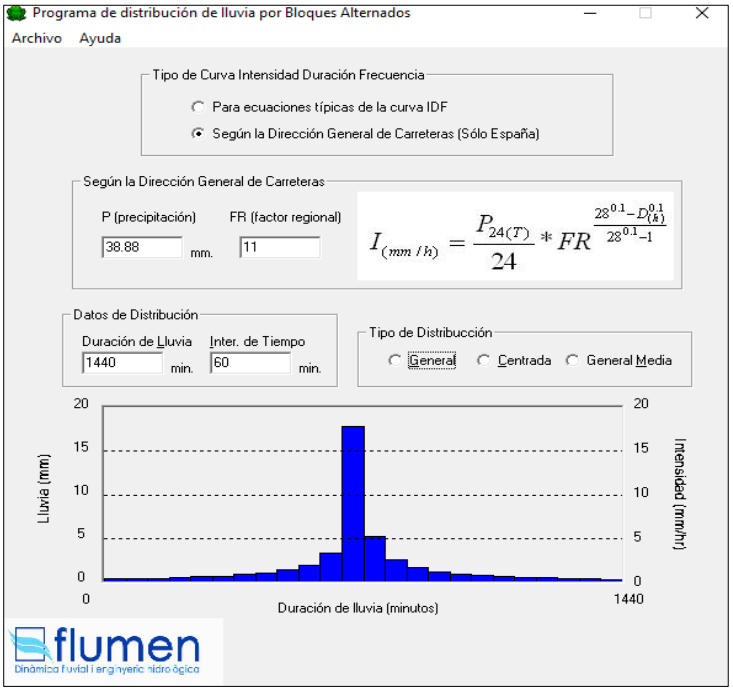


Figura 14

Entorno gráfico del programa de distribución de lluvia por bloques alternos



Cabe además indicar que la simulación hidrológica se realizó para los períodos de retorno de 2.33, 5 y 10 años y en cada uno de estos períodos con los rangos

del CN en condiciones normales, secas y húmedas obtenidos anteriormente en la tabla 5.

Figura 15

Obtención de los valores de eventos de tormenta usando bloques alternos

2.33: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

Precipitación Máx 24 hr. = 38.88 mm
Factor Regional = 11
Duración de la lluvia = 1440 min
Intervalo de tiempo = 60 min

Delta Tiempo (minutos)	Precipitación (mm)	Intensidad (mm/hr)
60	0.33	0.33
120	0.38	0.38
180	0.43	0.43
240	0.49	0.49
300	0.58	0.58
360	0.69	0.69
420	0.83	0.83
480	1.04	1.04
540	1.38	1.38
600	1.97	1.97
660	3.37	3.37
720	17.82	17.82
780	5.24	5.24
840	2.49	2.49
900	1.63	1.63
960	1.19	1.19
1020	0.93	0.93
1080	0.75	0.75
1140	0.63	0.63
1200	0.53	0.53
1260	0.46	0.46
1320	0.40	0.40
1380	0.36	0.36
1440	0.32	0.32

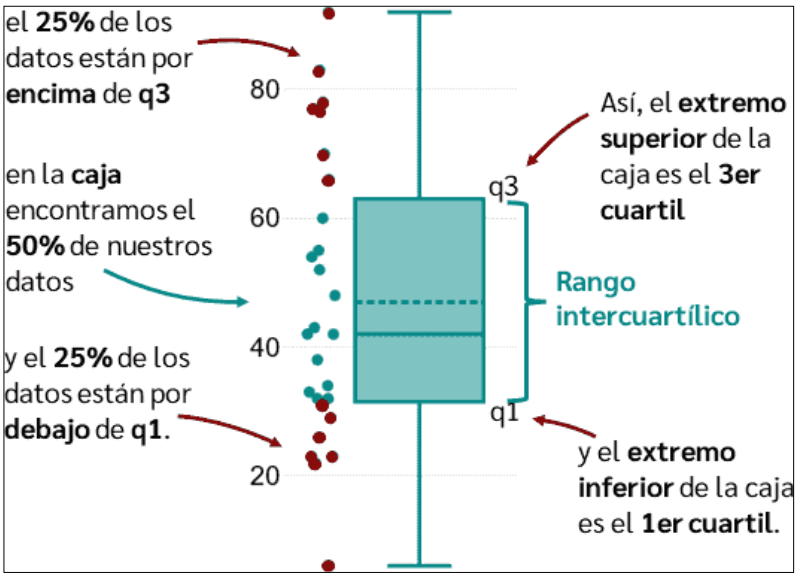
3.2.5. UMBRALES DE INUNDACIÓN EN CONDICIONES NORMALES, SECAS Y HÚMEDAS

Los umbrales de inundación fueron obtenidos para las condiciones en los que los rangos de CN se encontraban en condiciones normales, en condiciones secas y en condiciones húmedas, partiendo del análisis de los períodos de retorno de 2.33, 5 y 10 años establecidos por la resolución emitida por la Presidencia del Consejo de Ministros (2020) y que actualmente el SENAMHI regula. Así mismo, para lograr tal fin, fue necesario, en primer lugar, graficar diagramas de cajas (figura 16), conocidos comúnmente como box plot, de los valores de caudales máximos de todas las estaciones climáticas obtenidos previamente con la simulación hidrológica de la cuenca Jequetepeque para cada período de retorno y para cada condición de CN. Luego se consideró

posteriormente como umbral a la mediana, equivalente al percentil 50 de los caudales máximos, que según se explica en la figura 16, corresponde al valor comprendido entre el extremo inferior (cuartil q1) y el extremo superior (cuartil q3).

Figura 16

Diagrama de caja típico o box plot



En segundo lugar, se procede con la regionalización de caudales para los tres períodos retorno correspondientes a los umbrales de inundación, proceso que implicó agrupar convenientemente las estaciones climáticas mediante una división entre el caudal con respecto al área de influencia de cada estación y luego se evaluaron los parámetros estadísticos del promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de dichas divisiones. Finalmente se establecieron dos regiones homogéneas para la condición normal, seca y húmeda de la cuenca Jequetepeque.

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1. DELIMITACIÓN DE LA CUENCA JEQUETEPEQUE

Se consiguió delimitar la cuenca Jequetepeque, estableciéndose un área total de 3935 Km^2, un perímetro de 467.33 Km y una longitud del río principal de 165.08 Km. Los demás resultados complementarios se indican en la tabla 7.

Tabla 7

Parámetros geomorfológicos de la cuenca Jequetepeque

Características geomorfológicas de la cuenca Jequetepeque	Unidad	Valor
Área	Km^2	3935.00
Perímetro	Km	467.33
Longitud río principal	Km	165.08
Pendiente del río principal	%	2.37
Ancho Promedio	Km	23.84
Factor de forma (Ff)	-	0.14
Índice Compacidad o coeficiente de Gravelius (K)	-	2.09
Lado mayor del rectángulo equivalente	Km	215.40
Lado menor del rectángulo equivalente	Km	18.27
Tiempo de Concentración (Tc)	Minutos	858.00
Método aplicado para estimar el tiempo de concentración	-	Kirpich

Complementario a ello y como parte de estos resultados, se obtuvo una delimitación total de 8 subcuencas, que se encuentran enmarcadas dentro de la cuenca Jequetepeque, cuyas áreas se presentan en la tabla 8.

Tabla 8

Subcuencas de la cuenca Jequetepeque

N°	Nombre de subcuenca	Área (Km^2)
1	Cuenca Chausis	204.29
2	Cuenca Contumaza	186.61
3	Medio Alto Jequetepeque	156.07
4	Bajo Jequetepeque	656.99
5	Medio Jequetepeque	143.52
6	Alto Jequetepeque	1315.53

7	Cuenca Pallac	235.60
8	Cuenca San Miguel	1036.39
	Total	3935.00

4.2. CUANTIFICACIÓN DE LAS ESTACIONES CLIMÁTICAS E HIDROMÉTRICAS PARA LA APLICACIÓN DE LAS DISTRIBUCIONES TEÓRICAS

Se logró cuantificar un total de 14 estaciones climáticas, dentro de la cuenca Jequetepeque, tal como se mostraron anteriormente en la tabla 3. Luego, se le aplicaron 8 distribuciones teóricas de mejor ajuste a las estaciones seleccionadas, obteniéndose los siguientes resultados (tabla 9).

Tabla 9

Distribuciones teóricas de mejor ajuste elegidas para cada estación climática

N°	Estación	Delta tabular	Distribución teórica elegida	Delta teórico de la distribución teórica	Precipitaciones máximas para los períodos de retorno (umbrales) en años		
					2.33	5.00	10.00
1	Asunción	0.18170	Gamma de 3 parámetros	0.05960	38.88	50.76	59.26
2	Chilete	0.18170	Gamma de 2 parámetros	0.03960	21.31	28.39	33.85
3	Contumaza	0.18340	Logaritmo Gumbel	0.06310	39.67	66.35	100.87
4	Granja Porcón	0.18680	Normal	0.09980	49.42	60.84	68.41
5	Hacienda Llagaden	0.24040	Logaritmo Normal de 2 parámetros	0.08040	27.80	33.28	37.5
6	Lives	0.18170	Logaritmo Normal de 2 parámetros	0.07700	38.16	51.88	63.6
7	Llapa	0.18170	Logaritmo Normal de 2 parámetros	0.05480	36.69	44.93	51.39
8	Magdalena	0.18170	Gamma de 3 parámetros	0.07010	25.04	32.03	36.92
9	Monte Grande	0.27200	Logaritmo Gumbel	0.06700	15.35	29.39	49.88
10	Quebrada Honda	0.23320	Normal	0.07980	25.83	33.49	38.57
11	San Juan	0.18340	Logaritmo Normal de 2 parámetros	0.04680	41.96	50.59	57.27
12	San Miguel	0.28360	Gamma de 3 parámetros	0.07397	43.84	54.39	62.22
13	San Pablo	0.28360	Normal	0.11470	41.50	49.64	55.05
14	Tembladera	0.32980	Logaritmo Gumbel	0.08380	10.11	19.15	32.23

Así mismo, se realizó la cuantificación de una estación hidrométrica, debido a que sólo dicha estación presentaba longitudes de registros consistentes, ya que las otras estaciones muestran muchos datos faltantes. De igual forma a la única estación hidrométrica seleccionada, se le aplicó las 8 distribuciones teóricas de mejor ajuste, obteniéndose los siguientes resultados (tabla 10).

Tabla 10

Distribución teórica de mejor ajuste elegida para estación hidrométrica Yonan

N°	Estación	Delta tabular	Distribución teórica elegida	Delta teórico de la distribución teórica	Períodos de retorno (umbrales) en años		
					2.33	5.00	10.00
1	Yonan	0.15020	Logaritmo Normal de 3 parámetros	0.05490	102.18	157.13	209.18

4.3. ELABORACIÓN DEL MODELAMIENTO HIDROLÓGICO BAJO CONDICIONES NORMALES, SECAS Y HÚMEDAS

Se pudo elaborar el modelamiento hidrológico de la cuenca Jequetepeque, obteniéndose los caudales máximos en cada una de las estaciones climáticas, tanto con los rangos del CN en condiciones normales (tabla 11), en condiciones secas (tabla 12) y en condiciones húmedas (tabla 13). Como se puede notar en estos resultados los caudales máximos con mayores valores corresponden a las condiciones húmedas, mientras que en las condiciones secas se presentan los caudales más bajos.

Tabla 11

Caudales máximos obtenidos para las condiciones normales

N°	Estación climática	Caudales máximos obtenidos con el modelamiento hidrológico para cada período de retorno (umbral) en años		
		2.33 años	5 años	10 años
1	Asunción	7.60	11.50	26.10
2	Chilete	14.30	20.30	37.60
3	Contumaza	2.70	9.70	56.60
4	Granja Porcón	6.70	12.70	36.40

5	Hacienda Llagaden	6.50	15.20	23.90
6	Lives	9.90	17.30	40.80
7	Llapa	3.40	8.00	20.10
8	Magdalena	19.50	27.80	48.50
10	Quebrada Honda	2.90	8.20	21.50
11	San Juan	7.70	14.10	27.80
12	San Miguel	4.90	12.80	28.30
13	San Pablo	5.10	11.20	24.30
14	Tembladera	4.30	13.50	69.60
Punto de descarga		79.00	159.50	429.60

Tabla 12

Caudales máximos obtenidos para las condiciones secas

N°	Estación climática	Caudales máximos obtenidos con el modelamiento hidrológico para cada período de retorno (umbral) en años		
		2.33 años	**5 años**	**10 años**
1	Asunción	3.60	5.50	13.00
2	Chilete	6.50	9.30	17.60
3	Contumaza	1.20	4.50	28.50
4	Granja Porcón	2.80	5.50	16.80
5	Hacienda Llagaden	3.00	7.10	11.50
6	Lives	1.70	8.30	20.40
7	Llapa	1.50	3.80	9.80
8	Magdalena	9.10	13.10	23.60
10	Quebrada Honda	1.30	3.80	10.50
11	San Juan	3.60	6.70	13.60
12	San Miguel	2.30	6.10	14.10
13	San Pablo	2.30	4.40	11.30
14	Tembladera	1.90	7.20	32.70
Punto de descarga		32.10	74.30	207.90

Tabla 13

Caudales máximos obtenidos para las condiciones húmedas

N°	Estación climática	Caudales máximos obtenidos con el modelamiento hidrológico para cada período de retorno (umbral) en años		
		2.33 años	**5 años**	**10 años**
1	Asunción	16.30	20.70	44.60

2	Chilete	25.00	34.90	63.60
3	Contumaza	5.60	18.90	51.80
4	Granja Porcón	11.50	21.30	57.00
5	Hacienda Llagaden	12.20	26.90	40.90
6	Lives	18.90	31.90	71.40
7	Llapa	6.30	14.50	34.70
8	Magdalena	37.20	51.70	86.20
10	Quebrada Honda	5.40	14.80	36.90
11	San Juan	14.30	24.90	46.80
12	San Miguel	8.60	21.70	45.20
13	San Pablo	9.80	20.80	43.10
14	Tembladera	8.30	25.20	46.40
Punto de descarga		148.10	286.80	622.00

Luego, como parte también del modelamiento hidrológico, se detallan los niveles de desborde (umbrales) de la directiva del gobierno (Presidencia del Consejo de Ministros, 2020) en cada uno de los hidrogramas de descarga en condiciones normales (figura 17), en condiciones secas (figura 18) y condiciones húmedas (figura 19) correspondientes al punto cercano a la estación hidrométrica Yonan.

Figura 17

Hidrograma de descarga en condiciones normales

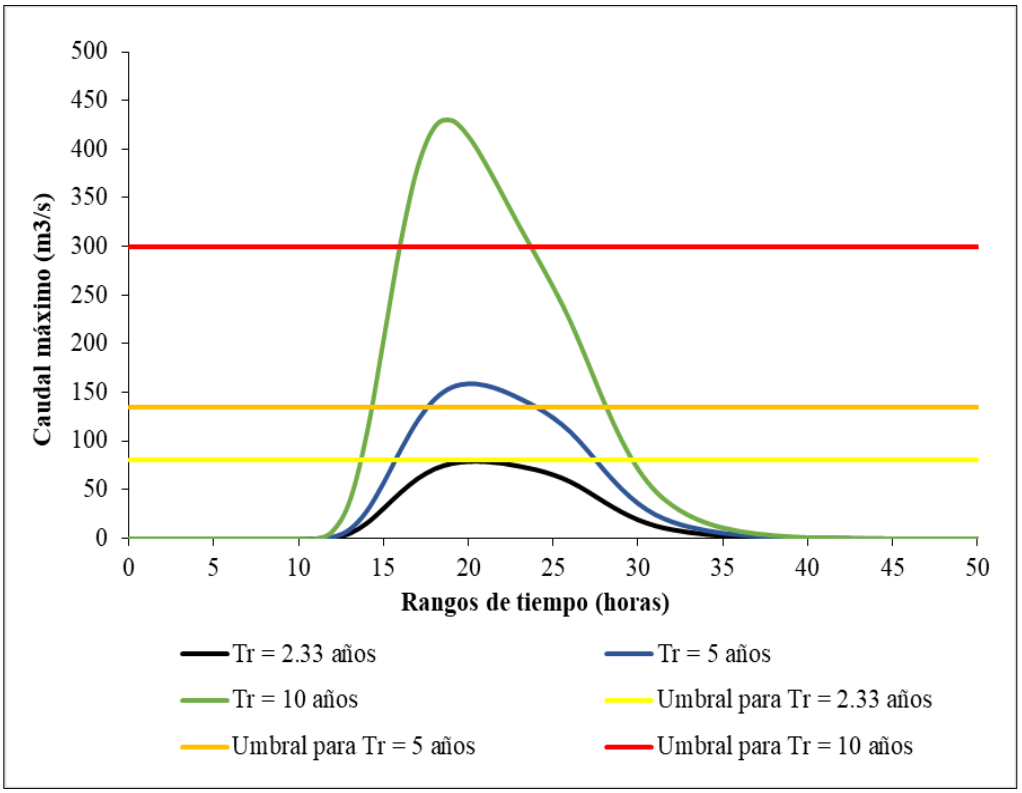


Figura 18

Hidrograma de descarga en condiciones secas

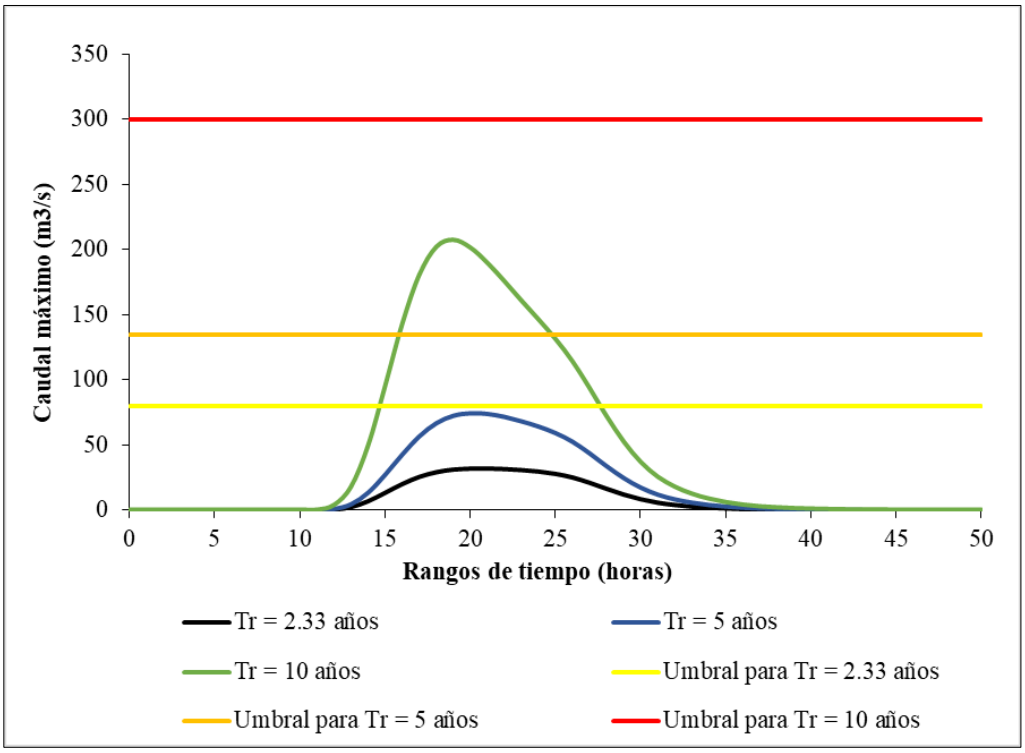
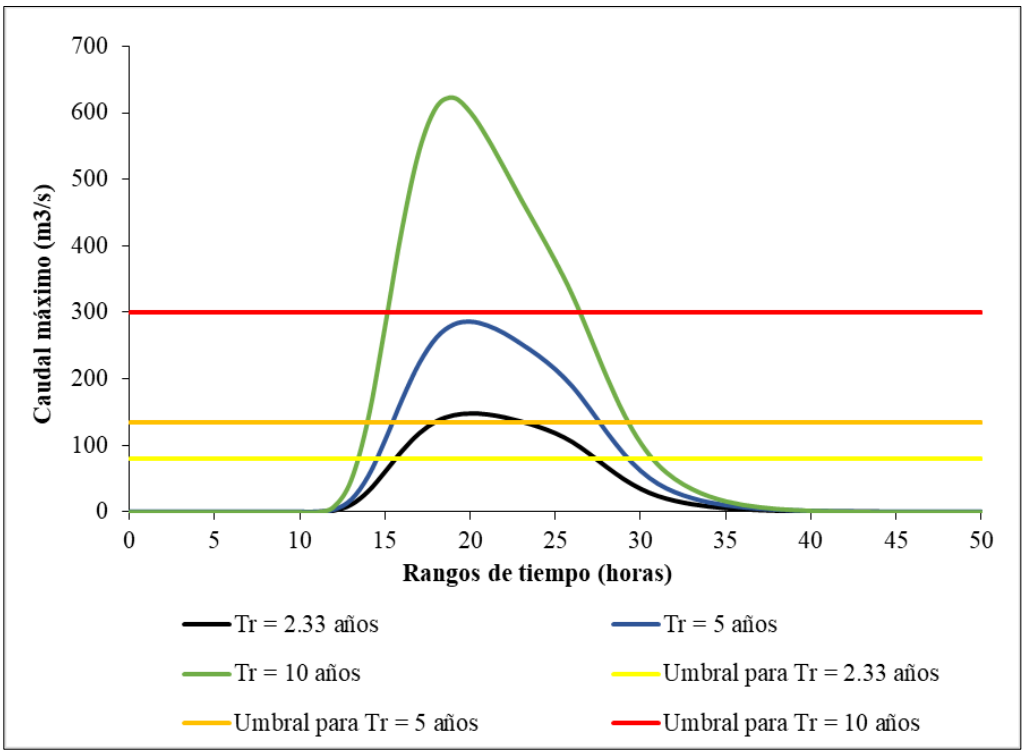


Figura 19

Hidrograma de descarga en condiciones húmedas



4.4. OBTENCIÓN DE LOS UMBRALES DE INUNDACIÓN EN RELACIÓN AL CAUDAL MÁXIMO VERSUS ÁREA

Se logró obtener los umbrales de inundación para la cuenca Jequetepeque mediante la generación de diagramas de cajas, tanto en los valores de CN en condiciones normales (figura 20), en condiciones secas (figura 21) y en condiciones húmedas (figura 22), cuyos umbrales correspondieron en todos los casos a la mediana de los caudales máximos, que fueron obtenidos previamente con la simulación hidrológica, tal como se detalla en la tabla 14. Cabe indicar que se consideraron al color amarillo, color naranja y color rojo, como umbral moderado, umbral fuerte y umbral extremo, respectivamente, siendo congruente con lo señalado por Montesinos (2018), Cruz (2020) y con la directiva de la Presidencia del Consejo de Ministros (2020), a la vez reportada diariamente por el SENAMHI.

Por otro lado, los resultados de la regionalización de caudales se obtuvieron mediante la agrupación ordenada de las relaciones caudal entre área delimitada de cada estación climática, distinguiéndose dos regiones homogéneas para cada uno de los rangos de CN de la cuenca Jequetepeque, cuyos hallazgos se muestran en la figura 23 para el grupo 1 y en la figura 24 para el grupo 2, ambos en condiciones normales.

Figura 20

Diagramas de cajas obtenidos para las condiciones normales

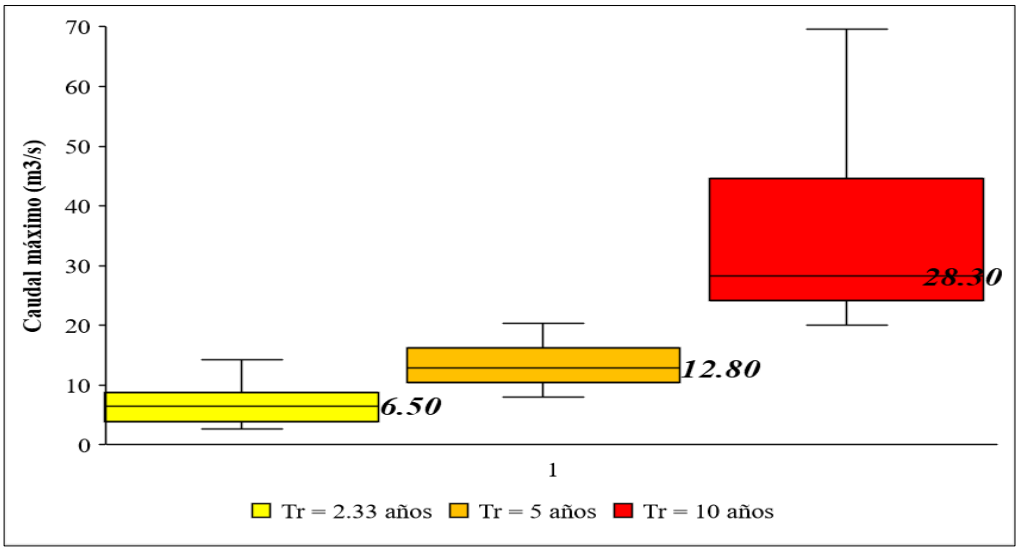


Figura 21

Diagramas de cajas obtenidos para las condiciones secas

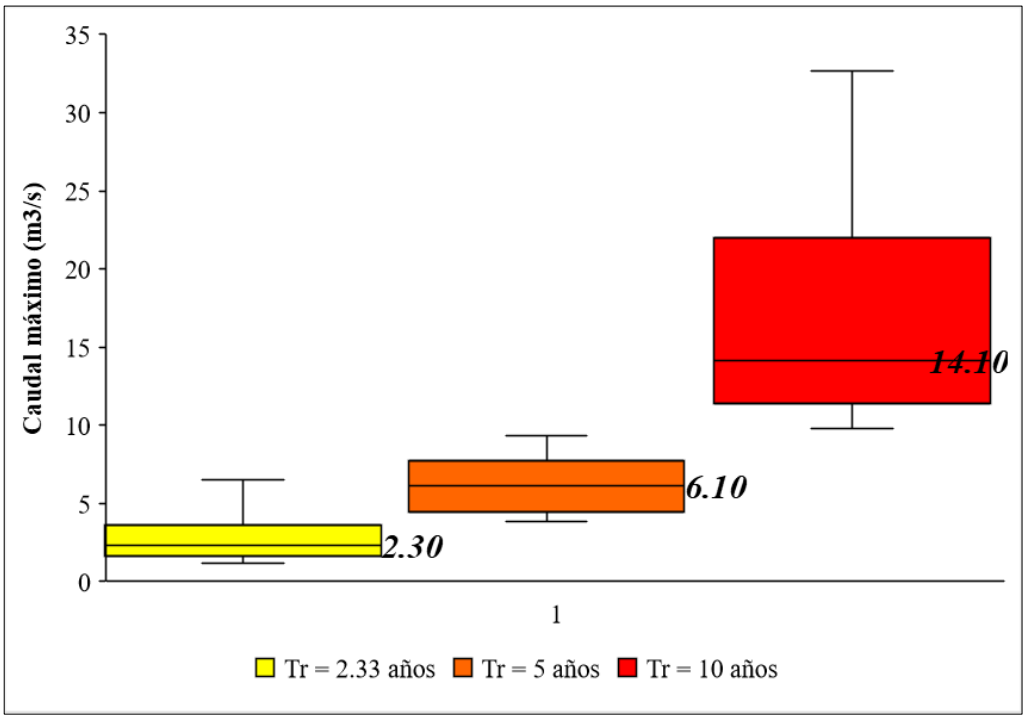


Figura 22

Diagramas de cajas obtenidos para las condiciones húmedas

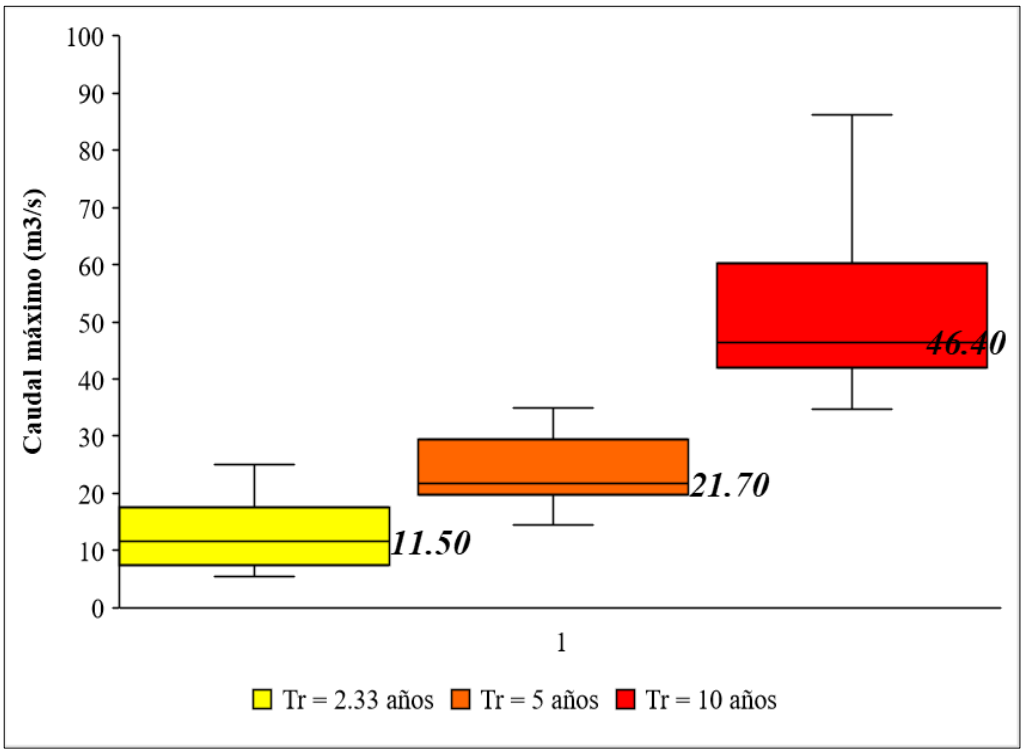


Tabla 14

Umbrales de inundación para la cuenca Jequetepeque

Condición de la cuenca Jequetepeque	Período de retorno (umbral) en años	Caudal máximo correspondiente al percentil 50 ó mediana (m3/s)	Categoría del umbral
Normal	2.33	6.50	Moderado
	5.00	12.80	Fuerte
	10.00	28.30	Extremo
Seca	2.33	2.30	Moderado
	5.00	6.10	Fuerte
	10.00	14.10	Extremo
Húmeda	2.33	11.50	Moderado
	5.00	21.70	Fuerte
	10.00	46.40	Extremo

Figura 23

Regionalización de caudales para el grupo 1 en condiciones normales

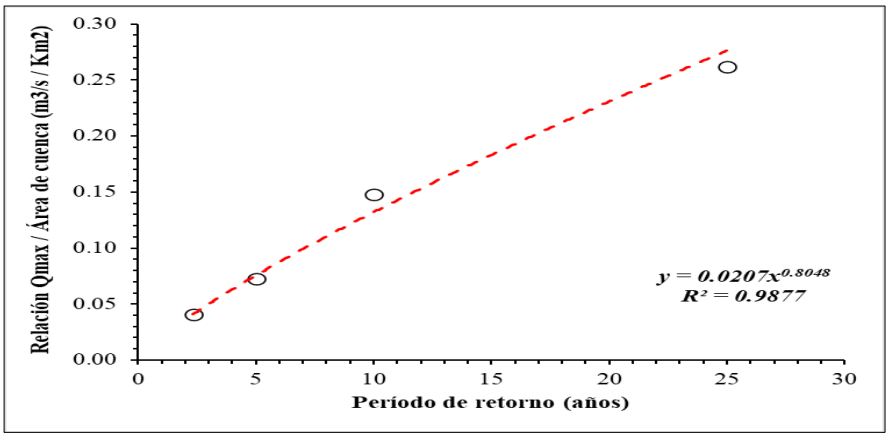
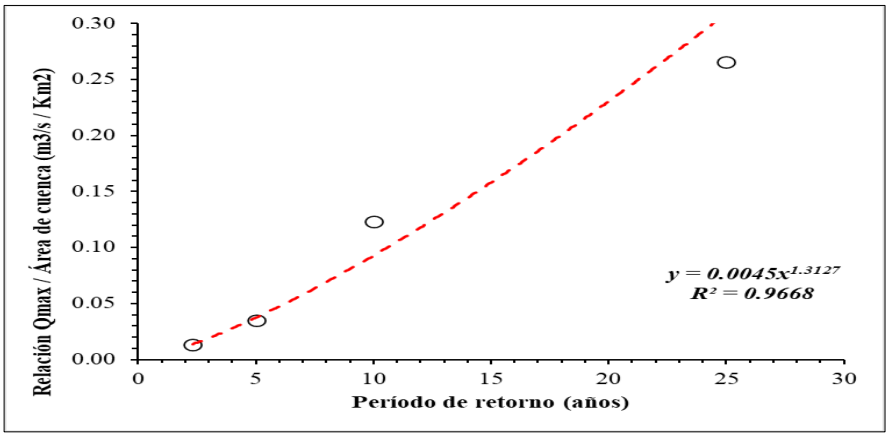


Figura 24

Regionalización de caudales para el grupo 2 en condiciones normales



Así mismo los demás resultados de la regionalización de caudales, se indican en la figura 25 para el grupo 1 y en la figura 26 para el grupo 2, ambos en condiciones secas.

Figura 25

Regionalización de caudales para el grupo 1 en condiciones secas

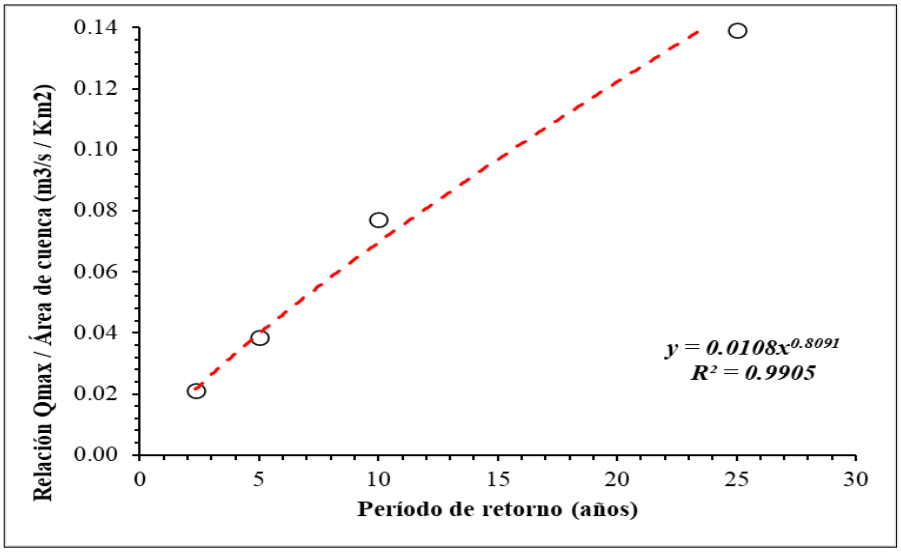
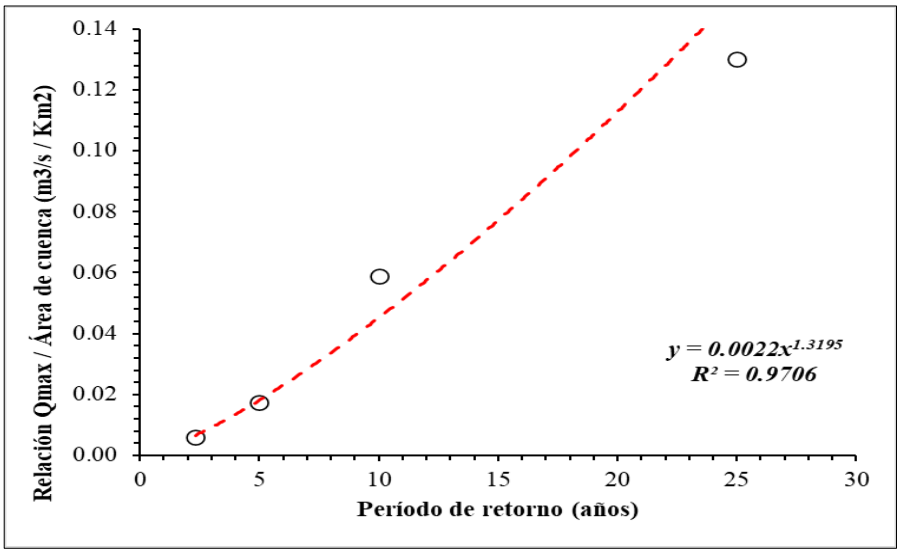


Figura 26

Regionalización de caudales para el grupo 2 en condiciones secas



Posteriormente, se exponen los hallazgos del proceso de regionalización en la figura 27 para el grupo 1 y en la figura 28 para el grupo 2, ambos en condiciones húmedas.

Figura 27

Regionalización de caudales para el grupo 1 en condiciones húmedas

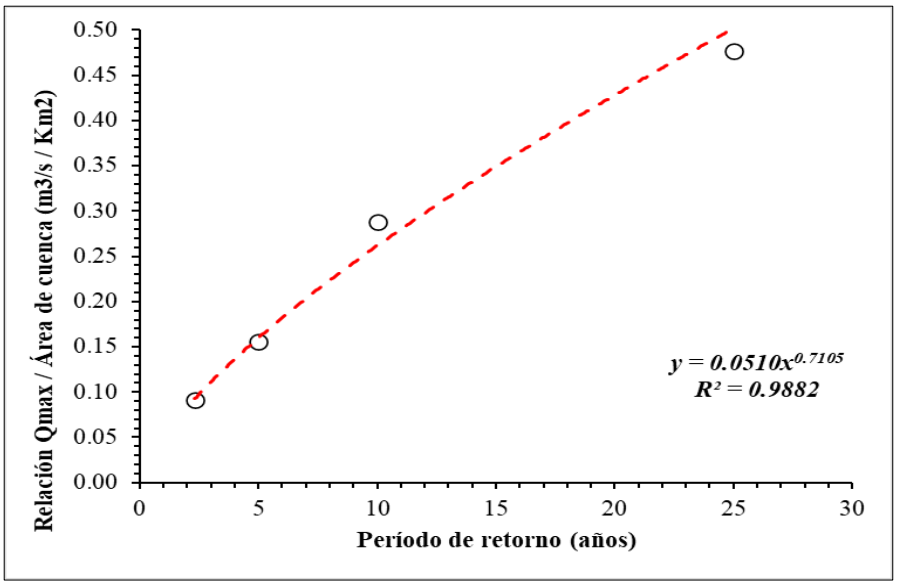
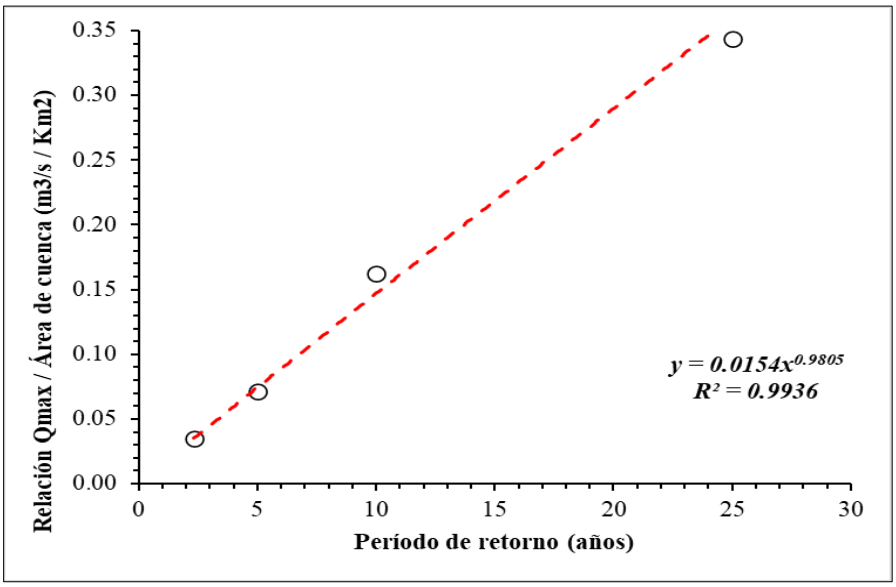


Figura 28

Regionalización de caudales para el grupo 2 en condiciones húmedas



Finalmente se tienen como resultados a partir las gráficas mostradas anteriormente, las ecuaciones regionales para cada grupo y para cada condición de CN, con el fin de estimar los umbrales de inundación en la cuenca Jequetepeque. Estas ecuaciones se muestras en la tabla 15.

Tabla 15

Ecuaciones regionales para estimar los umbrales de inundación en la cuenca Jequetepeque

Condición de la cuenca Jequetepeque	Grupo homogéneo	Ecuación regional	Tipo de ecuación	Coeficiente de correlación (r)	Coeficiente de determinación (R^2)
Normal	1	$Q = 0.0207 * T^{0.8048} * A$	Potencial	0.9938	0.9877
	2	$Q = 0.0045 * T^{1.3127} * A$	Potencial	0.9833	0.9668
Seca	1	$Q = 0.0108 * T^{0.8091} * A$	Potencial	0.9952	0.9905
	2	$Q = 0.0022 * T^{1.3195} * A$	Potencial	0.9852	0.9706
Húmeda	1	$Q = 0.0510 * T^{0.7105} * A$	Potencial	0.9941	0.9882
	2	$Q = 0.0154 * T^{0.9805} * A$	Potencial	0.9968	0.9936

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Se delimitó la cuenca Jequetepeque obteniéndose un área total de 3935.00 Km^2, mientras que para el modelamiento hidrológico se consideró sólo 13 estaciones, obteniéndose para este caso un área de 3505.27 Km^2, ya que el punto de descarga se encontró aguas arriba de la estación climática Monte Grande. Así mismo, se establecieron 8 subcuencas aportantes, las cuales fueron cuenca Chausis, cuenca Contumaza, Medio Alto Jequetepeque, Bajo Jequetepeque, Medio Jequetepeque, Alto Jequetepeque, Cuenca Pallac y Cuenca San Miguel.

Se cuantificaron un total de 14 estaciones climáticas y una estación hidrométrica, a las cuales se les aplicaron 8 distribuciones teóricas tanto a las precipitaciones máximas de 24 horas, como a los caudales máximos, respectivamente, cuya validación de la elección de la distribución de óptima correspondencia fue usando la prueba Kolmogorov-Smirnov. Posteriormente se obtuvieron los valores de las precipitaciones máximas en cada estación climática para los períodos de retorno de 2.33, 5 y 10 años, correspondientes a los umbrales de inundación para cuencas del Perú.

Se elaboró el modelamiento hidrológico tipo precipitación - escorrentía de la cuenca Jequetepeque para desarrollar los hidrogramas de descarga, bajo condiciones normales, secas y húmedas, en relación a las lluvias normales, lluvias mínimas y lluvias máximas, respectivamente, para lo cual fue necesario la generación de los bloques alternos a partir de las precipitaciones máximas obtenidas en cada período de retorno (umbral) y complementario a ello se usaron los rangos correspondientes del CN a escala nacional, pero sus valores fueron limitados sólo para la cuenca en estudio.

Finalmente se consiguieron los umbrales de inundación para la cuenca Jequetepeque en base a los diagramas box plot y al criterio de zonas homogéneas de caudal máximo entre área para diferentes períodos de retorno, por lo que se logró establecer dos grupos homogéneos tanto en las condiciones normales, secas y húmedas. En ese sentido, se determinaron 6 ecuaciones regionales para

determinar los umbrales de inundación en la cuenca de estudio de la presente tesis.

5.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar otros tipos de programas para la delimitación de cuencas como QGis y con otros métodos de interpolación de datos con el fin de validar los hallazgos obtenidos en la presente tesis.

Se recomienda aplicar otros tipos de distribuciones teóricas, tales como las que emplean los valores extremos generalizados con parámetros de ubicación, escala y forma, además, puede ser importante la elección de otras pruebas de bondad de ajuste como la chi-cuadrado o Anderson-Darling, que ayuden a validar adecuadamente la distribución teórica de mejor ajuste a los registros históricos.

Se recomienda emplear otros tipos de simulación hidrológica, que impliquen el uso de otros parámetros de mayor calibración y ajuste a los datos disponible en la cuenca Jequetepeque, tales como la temperatura, evapotranspiración, capacidad de infiltración del suelo y humedad, y que además puedan replicarse en otras cuencas del Perú, para obtener adecuadamente los caudales máximos para diferentes eventos de precipitación máxima.

Se recomienda evaluar otro tipo de relaciones para agrupar convenientemente las estaciones climáticas y sus áreas respectivas, que a la vez pueda incluir otras variables como la altitud, la temperatura o la precipitación máxima, pero tomando siempre en consideración una cantidad mínima de registros de 15 años.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (2023). *Características de la Cuenca Matanza Riachuelo.* https://www.acumar.gob.ar/caracteristicas-cuenca-matanza-riachuelo/

Alfieri, L., Zsoter, E., Harrigan, S., Aga, F., Lavaysse, C., Prudhomme, C., & Salamon, P. (2019). Range-dependent thresholds for global flood early warning. *Journal of Hydrology X, 4*, 1-10. https://doi.org/10.1016/j.hydroa.2019.100034

Arriola, G., Villegas, L., Marín, N., Idrogo, C., Piedra, J., & Arbulú, J. (2022). Assessment of climatic aggressiveness and precipitation concentration in the Chancay-Lambayeque basin, Peru. *Revista Politecnica, 50*(2), 15-22. https://doi.org/10.33333/rp.vol50n2.02

Arriola, G., Villegas, L., & Sotomayor, G. (2020). Análisis de las curvas de infiltración para determinar caudales máximos en zonas de escasa información ante eventos extremos. *Revista Científica Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación, 7*(1). https://doi.org/10.26495/icti.v7i1.1352

Briceño, K. & Bello, E. (2019). Investigación de la regionalización de caudales máximos en las cuencas de la Provincia Gualivá por medio del método estadístico índice de creciente. [Trabajo de grado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio institucional de la Universidad Católica de Colombia. https://hdl.handle.net/10983/23861

Cabrera-Balarezo, J., Timbe-Castro, L., & Crespo-Sánchez, P. (2019). Evaluation of the HEC-HMS model for the hydrological simulation of a paramo basin. *DYNA (Colombia), 86*(210), 338-344. https://doi.org/10.15446/dyna.v86n210.70738

Caicedo, M. (2021). Evaluación del tránsito de avenidas empleando método Muskingum en caudales mensuales para diseño de obras hidráulicas, río La Leche, Lambayeque. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad César Vallejo]. Repositorio institucional de la Universidad César Vallejo. https://hdl.handle.net/20.500.12692/94322

Cattoën, C., Conway, J., Fedaeff, N., Lagrava, D., Blackett, P., Montgomery, K., Shankar, U., Carey-Smith, T., Moore, S., Mari, A., Steinmetz, T., & Dean, S. (2022). A national flood awareness system for ungauged catchments in complex topography: The case of development, communication and evaluation in New Zealand. *Journal*

of Flood Risk Management. https://doi.org/10.1111/jfr3.12864

Chávez, A. (2009). *Aplicación del método de regionalización para la determinación de caudales en el puente Carrasquillo.* [Tesis para optar el grado de Máster en Ingeniería Civil con Mención en Recursos Hídricos]. Repositorio institucional de la Universidad de Piura. https://hdl.handle.net/11042/1858

Cifuentes, D. (2020). *Automatización de las estimaciones de caudales de crecidas para diferentes periodos de retorno. Aplicación en la zona centro sur de Chile.* [Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería con Mención en Ingeniería Civil]. Repositorio institucional de la Universidad de Concepción. http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/556

Cruz, J. (2020). *Análisis regional de caudales para determinar umbrales de inundación en la región hidrológica VI del pacífico del Perú.* [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Señor de Sipán]. Repositorio institucional de la Universidad Señor de Sipán. https://hdl.handle.net/20.500.12802/8067

Fuentes, L. (2018). Caudal específico y su aplicación en el análisis regional de series máximas. *Revista de la Escuela de Estudios de Postgrado, 9*(1), 26-29. Obtenido de https://core.ac.uk/download/pdf/228879602.pdf

Gallego, S., & Carvajal, L. (2017). Regionalización de curvas de duración de caudales en el Departamento de Antioquia-Colombia. *Revista EIA, 14*(27), 21-30. https://doi.org/10.24050/reia.v14i27.1158

Horta, A., Oliveira, A., Azevedo, L., Ramos, T. (2024). Assessing the use of digital soil maps in hydrological modeling for soil-water budget simulations - implications for water management plans in southern Portugal. *Geoderma Regional, 36*. https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2023.e00741

Info Inundaciones (2023). *Informe MIRA: Departamentos de Piura, Lambayeque y Tumbes Perú – Análisis de la situación humanitaria en el norte peruano*. https://infoinundaciones.com/recursos/item/informe-mira-departamentos-de-piura-lambayeque-y-tumbes-peru-analisis-de-la-situacion-humanitaria-en-el-norte-peruano/

Kiran, K., & Srinivas, V. (2022). Effect of identification of extremes on regional flood

frequency analysis. *Lecture Notes in Civil Engineering, 234*, 329-340. https://doi.org/10.1007/978-981-19-0304-5_24

Ley N.° 29338. Ley de los Recursos Hídricos (27 de marzo de 2019). https://www.ana.gob.pe/publicaciones/ley-no-29338-ley-de-recursos-hidricos

Liu, L., Gao, C., Wang, Z., Wang, X., Zhang, S., & Chen, N. (2022). Study on streamflow similarity regionalization based on nonlinear correlation and complex network. *Shuikexue Jinzhan/Advances in Water Science, 33*(3), 442-451. https://doi.org/10.14042/j.cnki.32.1309.2022.03.008

Lujano, E, Belizario, G., & Lujano, A. (2022). Regional frequency analysis for the prediction of maximum flows in ungauged basins of the Peruvian Amazon. *Revista Brasileira de Meteorologia, 37*(4), 503-516. https://doi.org/10.1590/0102-77863440052

Montesinos, C. (2018). Estimación de umbrales de inundación en la región hidrográfica del Pacífico. Estudio hidrológico, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), Dirección de Hidrología (DHI), Lima. Obtenido de https://hdl.handle.net/20.500.12542/241

Naupari, J. (2020). *Simulación hidrológica del sistema regulado para evaluar las reglas de operación que permitan un manejo adecuado de la Cuenca Jequetepeque.* [Tesis de suficiencia profesional para optar el título profesional de ingeniero agrícola, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional Agraria La Molina. https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4524

Pan, X., Rahman, A., Haddad, K., & Ouarda, T. (2022). Peaks-over-threshold model in flood frequency analysis: A scoping review. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 36*(9), 2419-2435. https://doi.org/10.1007/s00477-022-02174-6

Portuguez, M., & Verano, C. (2016). Generación de mapa de número de curva con sistema de información geográfica. *Apuntes De Ciencia & Sociedad, 6*(1), 91-99. http://dx.doi.org/10.18259/acs.2016029

Presidencia del Consejo de Ministros. (2020). *Resolución Ministerial N° 049-2020-PCM del 13 de febrero de 2020. Por lo cual se aprueba el Protocolo Para la Emisión De Avisos, Alertas y Alarmas Ante Lluvias Intensas y Peligros Asociados.*

https://www.gob.pe/institucion/pcm/normas-legales/441862-049-20020-pcm

Rodríguez, D., & Castro, R. (2022). Valoración de la cuenca Jequetepeque para proponer mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos en Perú. *Región y Sociedad, 34*. https://doi.org/10.22198/rys2022/34/1655

Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de La Libertad (2018). *Diagnóstico hídrico rápido de la cuenca del rio Jequetepeque como fuente de agua y servicios ecosistémicos hídricos para la EPS SEDALIB S.A*. http://sedalib.com.pe/upload/drive/32019/20190305-5941539840.pdf

Santibañez, D., & Baecheler, J. (2021). Regionalization based on geomorphological variables as a tool for calculating flood flow estimates. Application to the south central zone of Chile. *Tecnologia y Ciencias del Agua, 12*(6). https://doi.org/10.24850/j-tyca-2021-06-02

Sardon, H., Lavado-Casimiro, W., & Felipe, O. (2022). *Inventario de datos de eventos de inundaciones del Perú. Estudio Final. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI*. https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/1786

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2022). *Pronóstico del Tiempo a nivel nacional*. https://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-meteorologico

Tucci, C. (2017). *Regionalização de Vazões.* Editora da UFRGS / ABRH

Turner, R. (2022). Variability in the discharge of the Mississippi river and tributaries from 1817 to 2020. *PLoS ONE 17*(12). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0276513

Vasquez, C. (2021). Percepción de la problemática de la cuenca del río Jequetepeque. *Revista Xilema, 31*(1), 57-74. https://pdfs.semanticscholar.org/f14b/7a630e02ef4fe047070d553a6c7dfb22a3e5.pdf

Zsoter, E., Prudhomme, C., Stephens, E., Pappenberger, F., & Cloke, H. (2020). Using ensemble reforecasts to generate flood thresholds for improved global flood forecasting. *Journal of Flood Risk Management, 13*(4). https://doi.org/10.1111/jfr3.12658

ANEXOS

ANEXO A.- REGISTROS DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DE 24 HORAS DE LAS ESTACIONES CLIMÁTICAS DE LA CUENCA JEQUETEPEQUE

Asunción	
AÑO	Precipitación máxima de 24 horas (mm)
1963	25.10
1964	31.60
1965	41.70
1966	28.30
1967	48.10
1968	14.40
1969	35.70
1970	45.20
1971	27.80
1972	21.20
1973	40.70
1974	20.00
1975	27.50
1976	20.00
1977	20.60
1978	18.00
1979	12.90
1980	15.90
1981	20.00
1982	28.20
1983	15.70
1984	16.50
1985	0.10
1986	28.00
1987	36.40
1988	29.70
1989	38.70
1990	25.00
1991	66.70
1992	40.60
1993	40.10
1994	40.20
1995	47.40
1996	31.40
1997	40.50
1998	65.80
1999	58.70
2000	37.50

Chilete	
AÑO	Precipitación máxima de 24 horas (mm)
1963	8.20
1964	13.80
1965	23.20
1966	15.30
1967	36.50
1968	9.30
1969	19.60
1970	15.80
1971	20.50
1972	22.40
1973	37.50
1974	18.20
1975	28.50
1976	22.70
1977	33.50
1978	21.60
1979	17.60
1980	12.70
1981	22.30
1982	12.90
1983	16.80
1984	4.10
1985	7.20
1986	21.00
1987	25.10
1988	11.80
1989	14.00
1990	14.20
1991	28.10
1992	14.40
1993	27.70
1994	25.20
1995	27.40
1996	18.80
1997	30.70
1998	40.20
1999	48.60
2000	12.50

Contumaza	
AÑO	Precipitación máxima de 24 horas (mm)
1964	20.00
1965	18.00
1966	18.00
1967	38.00
1968	19.70
1969	23.50
1970	21.00
1971	30.50
1972	53.40
1973	42.00
1974	22.40
1975	28.00
1976	18.20
1977	35.00
1978	102.00
1979	387.00
1980	120.00
1981	27.20
1982	66.00
1983	412.00
1984	28.00
1985	14.60
1986	28.00
1987	124.00
1988	23.20
1989	28.80
1990	18.20
1991	41.40
1992	45.70
1993	58.00
1994	47.60
1995	22.20
1996	40.40
1997	50.00
1998	81.00
1999	37.40
2000	86.00
2001	40.40

2001	48.40
2002	80.20
2003	32.30
2004	42.10
2005	37.00
2006	39.20
2007	40.60
2008	53.00
2009	72.10
2010	59.20
2011	56.60
2012	45.80
2013	49.20
2014	39.00
2015	72.30
2016	36.60
2017	55.00
2018	16.90

2001	18.40
2002	14.70
2003	9.40
2004	6.20
2005	22.70
2006	27.30
2007	25.50
2008	27.50
2009	36.80
2010	40.20
2011	17.80
2012	24.50
2013	20.70
2014	10.30
2015	19.80
2016	15.50
2017	24.50
2018	17.20

2002	80.50
2003	38.90
2004	25.40
2005	13.20
2006	34.70
2007	30.40
2008	81.90
2009	33.80
2010	39.60
2011	34.30
2012	42.50
2013	34.20
2014	35.20
2015	58.60
2016	63.00
2017	88.60
2018	11.60

Granja Porcón	
AÑO	**Precipitación máxima de 24 horas (mm)**
1966	30.00
1967	38.00
1968	48.00
1969	35.00
1970	37.00
1971	77.00
1972	59.00
1973	59.00
1974	29.00
1975	32.00
1976	41.00
1977	43.00
1978	85.00
1979	42.00
1980	85.70
1981	50.50
1982	20.50
1983	0.10
1984	34.40

Hacienda Llagaden	
AÑO	**Precipitación máxima de 24 horas (mm)**
1965	30.00
1966	21.00
1967	30.00
1968	33.00
1969	30.40
1970	34.00
1971	22.10
1972	23.00
1973	40.40
1974	21.60
1975	20.10
1976	30.20
1977	36.60
1978	23.30
1979	32.40
1980	28.90
1981	29.50
1982	37.00
1983	42.30

Lives	
AÑO	**Precipitación máxima de 24 horas (mm)**
1963	7.90
1964	15.30
1965	38.00
1966	35.00
1967	42.00
1968	19.50
1969	18.00
1970	15.00
1971	35.50
1972	63.00
1973	30.90
1974	27.00
1975	58.70
1976	36.50
1977	39.50
1978	27.00
1979	29.00
1980	27.00
1981	41.20

1985	0.90
1986	26.00
1987	53.50
1988	30.00
1989	30.60
1990	43.00
1991	50.50
1992	37.50
1993	35.90
1994	40.20
1995	41.70
1996	72.00
1997	48.20
1998	53.70
1999	59.10
2000	44.70
2001	53.30
2002	38.80
2003	45.10
2004	47.10
2005	55.80
2006	47.30
2007	51.90
2008	43.90
2009	47.10
2010	54.00
2011	88.20
2012	58.80
2013	55.60
2014	42.20
2015	58.70
2016	44.10
2017	46.20
2018	65.00

1984	25.30
1985	20.90
1986	26.10
1987	38.10
1988	24.10
1989	23.10
1990	14.40
1991	15.70
1992	21.90
1993	17.00
1994	34.40
1995	27.80
1996	23.00

1982	30.00
1983	39.70
1984	47.50
1985	44.50
1986	23.40
1987	42.60
1988	25.20
1989	37.00
1990	22.00
1991	36.00
1992	33.00
1993	74.70
1994	65.30
1995	42.60
1996	53.60
1997	52.40
1998	78.60
1999	33.00
2000	22.60
2001	74.40
2002	65.70
2003	20.60
2004	35.00
2005	34.70
2006	38.70
2007	24.40
2008	61.70
2009	24.30
2010	44.50
2011	26.10
2012	42.00
2013	44.00
2014	22.30
2015	101.90

Llapa	
AÑO	**Precipitación máxima de 24 horas (mm)**
1963	29.00
1964	23.00
1965	38.50

Magdalena	
AÑO	**Precipitación máxima de 24 horas (mm)**
1963	11.50
1964	23.10
1965	40.00

Monte Grande	
AÑO	**Precipitación máxima de 24 horas (mm)**
1994	20.00
1995	11.00
1996	8.50

1966	50.00
1967	32.20
1968	20.00
1969	27.00
1970	28.50
1971	41.20
1972	49.10
1973	30.00
1974	25.60
1975	53.20
1976	59.00
1977	35.10
1978	24.10
1979	40.30
1980	30.60
1981	47.00
1982	34.50
1983	36.40
1984	58.20
1985	18.40
1986	39.60
1987	32.00
1988	24.40
1989	29.20
1990	27.20
1991	37.00
1992	45.00
1993	32.00
1994	30.80
1995	21.40
1996	47.40
1997	28.10
1998	43.70
1999	46.30
2000	53.70
2001	38.10
2002	40.70
2003	30.10
2004	36.10
2005	28.30
2006	31.30
2007	40.30
2008	29.50
2009	49.70
2010	58.50

1966	23.30
1967	26.40
1968	14.40
1969	20.40
1970	23.40
1971	21.80
1972	14.40
1973	23.50
1974	15.70
1975	40.60
1976	24.30
1977	20.40
1978	22.30
1979	24.00
1980	13.50
1981	18.80
1982	21.80
1983	39.40
1984	17.50
1985	0.10
1986	11.60
1987	9.00
1988	13.00
1989	10.60
1990	6.60
1991	21.90
1992	19.50
1993	34.10
1994	35.30
1995	26.80
1996	19.30
1997	21.10
1998	32.60
1999	31.60
2000	32.00
2001	23.40
2002	24.50
2003	21.20
2004	19.30
2005	31.80
2006	24.80
2007	26.90
2008	21.40
2009	28.90
2010	49.60

1997	42.20
1998	122.70
1999	29.10
2000	15.20
2001	70.70
2002	24.40
2003	8.60
2004	6.10
2005	8.20
2006	10.80
2007	9.40
2008	19.20
2009	30.00
2010	12.00
2011	7.80
2012	8.30
2013	16.10
2014	3.50
2015	36.50
2016	6.80
2017	59.00
2018	3.70

2011	31.10
2012	40.70
2013	37.60
2014	24.70
2015	58.40
2016	33.00
2017	42.30
2018	15.60

2011	40.80
2012	27.10
2013	27.90
2014	18.00
2015	32.20
2016	47.10
2017	33.40
2018	7.40

Quebrada Honda	
AÑO	**Precipitación máxima de 24 horas (mm)**
1964	19.00
1965	32.00
1966	27.30
1967	62.20
1968	21.20
1969	15.30
1970	19.30
1971	35.20
1972	18.50
1973	27.40
1974	13.10
1975	10.10
1976	8.10
1977	9.10
1978	12.20
1979	12.00
1980	9.10
1981	10.10
1982	9.20
1983	20.60
1984	23.60
1985	31.10
1986	34.70
1987	25.10
1988	24.50
1989	27.60
1990	30.70
1991	32.20
1992	25.70

San Juan	
AÑO	**Precipitación máxima de 24 horas (mm)**
1964	33.00
1965	40.00
1966	28.30
1967	43.10
1968	26.80
1969	42.20
1970	39.30
1971	40.00
1972	37.80
1973	40.10
1974	35.60
1975	45.00
1976	38.10
1977	46.00
1978	55.60
1979	29.60
1980	32.10
1981	38.00
1982	28.60
1983	49.30
1984	39.30
1985	19.50
1986	46.20
1987	63.40
1988	34.50
1989	36.70
1990	46.70
1991	44.30
1992	37.60

San Miguel	
AÑO	**Precipitación máxima de 24 horas (mm)**
1996	14.30
1997	33.00
1998	68.50
1999	39.20
2000	82.20
2001	48.40
2002	48.00
2003	30.00
2004	35.20
2005	25.30
2006	45.70
2007	52.80
2008	42.30
2009	48.40
2010	56.10
2011	43.30
2012	35.10
2013	46.60
2014	23.80
2015	35.20
2016	45.10
2017	51.10
2018	36.50

1993	41.40
1994	34.10
1995	27.30
1996	35.70
1997	23.80

1993	34.50
1994	49.60
1995	32.00
1996	30.40
1997	43.40

San Pablo	
AÑO	**Precipitación máxima de 24 horas (mm)**
1996	8.00
1997	51.70
1998	55.40
1999	43.10
2000	50.70
2001	42.10
2002	38.70
2003	29.20
2004	25.00
2005	36.40
2006	41.70
2007	25.70
2008	53.40
2009	47.80
2010	47.70
2011	40.10
2012	50.50
2013	50.30
2014	23.30
2015	37.60
2016	38.40
2017	47.00
2018	20.30

Tembladera	
AÑO	**Precipitación máxima de 24 horas (mm)**
1964	2.00
1965	10.00
1966	6.00
1967	11.70
1968	3.30
1969	6.50
1970	9.20
1971	32.20
1972	108.30
1973	16.00
1974	7.70
1975	13.70
1976	12.30
1977	6.30
1978	17.30
1979	10.00
1983	5.40

ANEXO B.- REGISTROS DE CAUDALES MÁXIMOS DE LA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA YONAN

Yonan	
AÑO	**Caudal máximo (m3/s)**
1942	35.99
1943	100.62
1944	130.30
1945	103.01
1946	65.10
1947	52.89
1948	82.40
1949	157.41
1950	51.58
1951	32.41
1952	99.19
1953	236.19
1954	74.78
1955	73.10
1956	126.01
1957	131.50
1958	81.21
1959	93.12
1960	72.51
1961	55.41
1962	103.01
1963	79.19
1964	76.31
1965	121.90
1966	47.12
1967	125.70
1968	24.08
1969	75.81
1970	40.70
1971	148.11
1972	136.99
1973	166.78
1974	83.79
1975	129.29
1976	85.69

Yonan	
AÑO	**Caudal máximo (m3/s)**
1977	121.40
1978	21.39
1979	123.92
1980	32.11
1981	103.51
1982	53.91
1983	174.21
1984	188.29
1985	23.71
1986	68.71
1987	57.42
1988	53.20
1989	109.71
1990	18.35
1991	50.52
1992	42.32
1993	166.56
1994	119.77
1995	47.41
1996	116.47
1997	72.66
1998	321.46
1999	164.83
2000	163.46
2001	237.64
2002	154.26
2003	50.81
2004	34.43
2005	99.19
2006	216.37
2007	98.55
2008	134.05
2009	163.98
2010	80.87
2011	98.29

ANEXO C.- RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS DISTRIBUCIONES TEÓRICAS APLICADAS A LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS Y CAUDALES MÁXIMOS

N°	Tipo de estación	Nombre de estación	Delta tabular	Delta teórico de cada distribución teórica								Distribución elegida
				Normal	Logaritmo Normal de 2 parámetros	Logaritmo Normal de 3 parámetros	Gamma de 2 parámetros	Gamma de 3 parámetros	Logaritmo Pearson Tipo III	Gumbel	Logaritmo Gumbel	
				N	LN 2P	LN 3P	GM 2P	GM 3P	LP T3	G	LG	
1	Climática	Asunción	0.18170	0.08470	0.16720	0.07220	0.11400	0.05960	NA	0.09700	0.23400	GM 3P
2	Climática	Chilete	0.18170	0.06170	0.05600	0.04310	0.03960	0.04156	NA	0.04410	0.12550	GM 2P
3	Climática	Contumaza	0.18340	0.25310	0.12190	0.07460	0.18430	NA	NA	0.27510	0.06310	LG
4	Climática	Granja Porcon	0.18680	0.09980	0.30370	NA	0.21480	NA	NA	0.10010	0.36280	N
5	Climática	Hacienda Llagaden	0.24040	0.11090	0.08040	0.10330	0.09190	0.10191	NA	0.10400	0.14380	LN 2P
6	Climática	Lives	0.18170	0.14850	0.07700	0.08710	0.09480	NA	NA	0.08470	0.13790	LN 2P
7	Climática	Llapa	0.18170	0.10490	0.05480	0.09010	0.07390	0.08155	NA	0.05620	0.09340	LN 2P
8	Climática	Magdalena	0.18170	0.09080	0.20470	0.07980	0.15210	0.07010	NA	0.08920	0.27180	GM 3P
9	Climática	Monte Grande	0.27200	0.20710	0.10700	0.06820	0.15020	0.15268	0.07637	0.19200	0.06700	LG
10	Climática	Quebrada Honda	0.23320	0.07980	0.12950	0.11780	0.10080	0.10095	NA	0.10680	0.19730	N
11	Climática	San Juan	0.18340	0.10070	0.04680	0.06970	0.06480	0.07359	NA	0.06430	0.10390	LN 2P
12	Climática	San Miguel	0.28360	0.10180	0.09980	0.07720	0.07500	0.07397	NA	0.09560	0.16130	GM 3P
13	Climática	San Pablo	0.28360	0.11470	0.20280	NA	0.17690	NA	NA	0.17780	0.27300	N
14	Climática	Tembladera	0.32980	0.31790	0.10590	0.09330	0.18840	NA	0.09425	0.25090	0.08380	LG
15	Hidrométrica	Yonan	0.15020	0.12500	0.05610	0.05490	0.06590	NA	NA	0.08670	0.12200	LN 3P

Nota: *Los valores sombreados de color amarillo corresponden a los delta teóricos de la distribución elegida para la respectiva estación.*

ANEXO D.- RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS VALORES MÁXIMOS DE LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS Y CAUDALES MÁXIMOS PARA LOS PERÍODOS DE RETORNO (UMBRALES) DE 2.33, 5 Y 10 AÑOS

N°	Tipo de estación	Nombre de estación	Períodos de retorno (umbrales)		
			2.33	**5.00**	**10.00**
1	Climática	Asunción	38.88	50.76	59.26
2	Climática	Chilete	21.31	28.39	33.85
3	Climática	Contumaza	39.67	66.35	100.87
4	Climática	Granja Porcón	49.42	60.84	68.41
5	Climática	Hacienda Llagaden	27.80	33.28	37.5
6	Climática	Lives	38.16	51.88	63.6
7	Climática	Llapa	36.69	44.93	51.39
8	Climática	Magdalena	25.04	32.03	36.92
9	Climática	Monte Grande	15.35	29.39	49.88
10	Climática	Quebrada Honda	25.83	33.49	38.57
11	Climática	San Juan	41.96	50.59	57.27
12	Climática	San Miguel	43.84	54.39	62.22
13	Climática	San Pablo	41.50	49.64	55.05
14	Climática	Tembladera	10.11	19.15	32.23
15	Hidrométrica	Yonan	102.18	157.13	209.18

ANEXO E.- RESULTADOS DE LAS PRECIPITACIONES OBTENIDAS CON LOS BLOQUES ALTERNOS

Tr = 2.33 años		Tr = 5 años		Tr = 10 años	
Asunción		Asunción		Asunción	
Duración (min)	P (mm)	Duración (min)	P (mm)	Duración (min)	P (mm)
60	0.33	60	0.44	60	0.51
120	0.38	120	0.49	120	0.58
180	0.43	180	0.56	180	0.66
240	0.49	240	0.65	240	0.75
300	0.58	300	0.75	300	0.88
360	0.69	360	0.89	360	1.04
420	0.83	420	1.09	420	1.27
480	1.04	480	1.36	480	1.59
540	1.38	540	1.8	540	2.1
600	1.97	600	2.58	600	3.01
660	3.37	660	4.41	660	5.14
720	17.82	720	23.27	720	27.16
780	5.24	780	6.85	780	7.99
840	2.49	840	3.26	840	3.8
900	1.63	900	2.12	900	2.48
960	1.19	960	1.55	960	1.81
1020	0.93	1020	1.21	1020	1.41
1080	0.75	1080	0.98	1080	1.15
1140	0.63	1140	0.82	1140	0.96
1200	0.53	1200	0.7	1200	0.81
1260	0.46	1260	0.6	1260	0.7
1320	0.4	1320	0.53	1320	0.61
1380	0.36	1380	0.46	1380	0.54
1440	0.32	1440	0.41	1440	0.48

Tr = 2.33 años		Tr = 5 años		Tr = 10 años	
Chilete		Chilete		Chilete	
Duración (min)	P (mm)	Duración (min)	P (mm)	Duración (min)	P (mm)
60	0.18	60	0.24	60	0.29
120	0.21	120	0.28	120	0.33
180	0.24	180	0.31	180	0.37
240	0.27	240	0.36	240	0.43
300	0.32	300	0.42	300	0.5

360	0.38	360	0.5	360	0.6
420	0.46	420	0.61	420	0.72
480	0.57	480	0.76	480	0.91
540	0.75	540	1.01	540	1.2
600	1.08	600	1.44	600	1.72
660	1.85	660	2.46	660	2.94
720	9.77	720	13.01	720	15.51
780	2.87	780	3.83	780	4.57
840	1.37	840	1.82	840	2.17
900	0.89	900	1.19	900	1.42
960	0.65	960	0.87	960	1.04
1020	0.51	1020	0.68	1020	0.81
1080	0.41	1080	0.55	1080	0.66
1140	0.34	1140	0.46	1140	0.55
1200	0.29	1200	0.39	1200	0.46
1260	0.25	1260	0.34	1260	0.4
1320	0.22	1320	0.29	1320	0.35
1380	0.19	1380	0.26	1380	0.31
1440	0.17	1440	0.23	1440	0.28

Tr = 2.33 años		**Tr = 5 años**		**Tr = 10 años**	
Contumaza		**Contumaza**		**Contumaza**	
Duración (min)	**P (mm)**	**Duración (min)**	**P (mm)**	**Duración (min)**	**P (mm)**
60	0.34	60	0.57	60	0.87
120	0.39	120	0.64	120	0.98
180	0.44	180	0.73	180	1.12
240	0.5	240	0.84	240	1.28
300	0.59	300	0.98	300	1.5
360	0.7	360	1.17	360	1.78
420	0.85	420	1.42	420	2.16
480	1.07	480	1.78	480	2.71
540	1.41	540	2.35	540	3.57
600	2.01	600	3.37	600	5.12
660	3.44	660	5.76	660	8.75
720	18.18	720	30.41	720	46.23
780	5.35	780	8.95	780	13.6
840	2.55	840	4.26	840	6.47
900	1.66	900	2.77	900	4.22
960	1.21	960	2.03	960	3.09
1020	0.95	1020	1.58	1020	2.41
1080	0.77	1080	1.28	1080	1.95

1140	0.64	1140	1.07	1140	1.63
1200	0.54	1200	0.91	1200	1.38
1260	0.47	1260	0.79	1260	1.19
1320	0.41	1320	0.69	1320	1.04
1380	0.36	1380	0.61	1380	0.92
1440	0.32	1440	0.54	1440	0.82
Tr = 2.33 años		**Tr = 5 años**		**Tr = 10 años**	
Granja Porcón		**Granja Porcón**		**Granja Porcón**	
Duración (min)	**P (mm)**	**Duración (min)**	**P (mm)**	**Duración (min)**	**P (mm)**
60	0.43	60	0.52	60	0.59
120	0.48	120	0.59	120	0.66
180	0.55	180	0.67	180	0.76
240	0.63	240	0.77	240	0.87
300	0.73	300	0.9	300	1.02
360	0.87	360	1.07	360	1.21
420	1.06	420	1.3	420	1.46
480	1.33	480	1.64	480	1.84
540	1.75	540	2.16	540	2.42
600	2.51	600	3.09	600	3.47
660	4.29	660	5.28	660	5.94
720	22.65	720	27.89	720	31.35
780	6.67	780	8.21	780	9.23
840	3.17	840	3.9	840	4.39
900	2.07	900	2.54	900	2.86
960	1.51	960	1.86	960	2.09
1020	1.18	1020	1.45	1020	1.63
1080	0.96	1080	1.18	1080	1.32
1140	0.8	1140	0.98	1140	1.1
1200	0.68	1200	0.83	1200	0.94
1260	0.59	1260	0.72	1260	0.81
1320	0.51	1320	0.63	1320	0.71
1380	0.45	1380	0.56	1380	0.63
1440	0.4	1440	0.49	1440	0.56

Tr = 2.33 años		**Tr = 5 años**		**Tr = 10 años**	
Hacienda Llagaden		**Hacienda Llagaden**		**Hacienda Llagaden**	
Duración (min)	**P (mm)**	**Duración (min)**	**P (mm)**	**Duración (min)**	**P (mm)**
60	0.24	60	0.29	60	0.32
120	0.27	120	0.32	120	0.36
180	0.31	180	0.37	180	0.41

240	0.35	240	0.42	240	0.48
300	0.41	300	0.49	300	0.56
360	0.49	360	0.59	360	0.66
420	0.6	420	0.71	420	0.8
480	0.75	480	0.89	480	1.01
540	0.98	540	1.18	540	1.33
600	1.41	600	1.69	600	1.9
660	2.41	660	2.89	660	3.25
720	12.74	720	15.25	720	17.19
780	3.75	780	4.49	780	5.06
840	1.78	840	2.14	840	2.41
900	1.16	900	1.39	900	1.57
960	0.85	960	1.02	960	1.15
1020	0.66	1020	0.79	1020	0.9
1080	0.54	1080	0.64	1080	0.73
1140	0.45	1140	0.54	1140	0.6
1200	0.38	1200	0.46	1200	0.51
1260	0.33	1260	0.39	1260	0.44
1320	0.29	1320	0.34	1320	0.39
1380	0.25	1380	0.3	1380	0.34
1440	0.23	1440	0.27	1440	0.31

Tr = 2.33 años		**Tr = 5 años**		**Tr = 10 años**	
Lives		**Lives**		**Lives**	
Duración (min)	**P (mm)**	**Duración (min)**	**P (mm)**	**Duración (min)**	**P (mm)**
60	0.33	60	0.45	60	0.55
120	0.37	120	0.5	120	0.62
180	0.42	180	0.57	180	0.7
240	0.49	240	0.66	240	0.81
300	0.57	300	0.77	300	0.94
360	0.67	360	0.91	360	1.12
420	0.82	420	1.11	420	1.36
480	1.03	480	1.39	480	1.71
540	1.35	540	1.84	540	2.25
600	1.94	600	2.63	600	3.23
660	3.31	660	4.5	660	5.52
720	17.49	720	23.78	720	29.15
780	5.15	780	7	780	8.58
840	2.45	840	3.33	840	4.08
900	1.6	900	2.17	900	2.66
960	1.17	960	1.59	960	1.95
1020	0.91	1020	1.24	1020	1.52
1080	0.74	1080	1	1080	1.23
1140	0.62	1140	0.84	1140	1.03
1200	0.52	1200	0.71	1200	0.87

1260	0.45	1260	0.61	1260	0.75
1320	0.4	1320	0.54	1320	0.66
1380	0.35	1380	0.47	1380	0.58
1440	0.31	1440	0.42	1440	0.52

Tr = 2.33 años		**Tr = 5 años**		**Tr = 10 años**	
Llapa		**Llapa**		**Llapa**	
Duración (min)	**P (mm)**	**Duración (min)**	**P (mm)**	**Duración (min)**	**P (mm)**
60	0.32	60	0.39	60	0.44
120	0.36	120	0.44	120	0.5
180	0.41	180	0.5	180	0.57
240	0.47	240	0.57	240	0.65
300	0.54	300	0.67	300	0.76
360	0.65	360	0.79	360	0.91
420	0.79	420	0.96	420	1.1
480	0.99	480	1.21	480	1.38
540	1.3	540	1.59	540	1.82
600	1.86	600	2.28	600	2.61
660	3.18	660	3.9	660	4.46
720	16.82	720	20.59	720	23.55
780	4.95	780	6.06	780	6.93
840	2.35	840	2.88	840	3.3
900	1.53	900	1.88	900	2.15
960	1.12	960	1.38	960	1.57
1020	0.88	1020	1.07	1020	1.23
1080	0.71	1080	0.87	1080	0.99
1140	0.59	1140	0.72	1140	0.83
1200	0.5	1200	0.62	1200	0.7
1260	0.43	1260	0.53	1260	0.61
1320	0.38	1320	0.47	1320	0.53
1380	0.34	1380	0.41	1380	0.47
1440	0.3	1440	0.37	1440	0.42

Tr = 2.33 años		**Tr = 5 años**		**Tr = 10 años**	
Magdalena		**Magdalena**		**Magdalena**	
Duración (min)	**P (mm)**	**Duración (min)**	**P (mm)**	**Duración (min)**	**P (mm)**
60	0.22	60	0.28	60	0.32
120	0.24	120	0.31	120	0.36
180	0.28	180	0.35	180	0.41

240	0.32	240	0.41	240	0.47
300	0.37	300	0.48	300	0.55
360	0.44	360	0.56	360	0.65
420	0.54	420	0.69	420	0.79
480	0.67	480	0.86	480	0.99
540	0.89	540	1.13	540	1.31
600	1.27	600	1.63	600	1.87
660	2.17	660	2.78	660	3.2
720	11.48	720	14.68	720	16.92
780	3.38	780	4.32	780	4.98
840	1.61	840	2.05	840	2.37
900	1.05	900	1.34	900	1.54
960	0.77	960	0.98	960	1.13
1020	0.6	1020	0.76	1020	0.88
1080	0.48	1080	0.62	1080	0.71
1140	0.4	1140	0.52	1140	0.6
1200	0.34	1200	0.44	1200	0.51
1260	0.3	1260	0.38	1260	0.44
1320	0.26	1320	0.33	1320	0.38
1380	0.23	1380	0.29	1380	0.34
1440	0.2	1440	0.26	1440	0.3

Tr = 2.33 años		**Tr = 5 años**		**Tr = 10 años**	
Quebrada Honda		**Quebrada Honda**		**Quebrada Honda**	
Duración (min)	**P (mm)**	**Duración (min)**	**P (mm)**	**Duración (min)**	**P (mm)**
60	0.22	60	0.29	60	0.33
120	0.25	120	0.33	120	0.37
180	0.29	180	0.37	180	0.43
240	0.33	240	0.43	240	0.49
300	0.38	300	0.5	300	0.57
360	0.46	360	0.59	360	0.68
420	0.55	420	0.72	420	0.83
480	0.69	480	0.9	480	1.04
540	0.92	540	1.19	540	1.37
600	1.31	600	1.7	600	1.96
660	2.24	660	2.91	660	3.35
720	11.84	720	15.35	720	17.68
780	3.48	780	4.52	780	5.2
840	1.66	840	2.15	840	2.47
900	1.08	900	1.4	900	1.61
960	0.79	960	1.03	960	1.18
1020	0.62	1020	0.8	1020	0.92
1080	0.5	1080	0.65	1080	0.75
1140	0.42	1140	0.54	1140	0.62

1200	0.35	1200	0.46	1200	0.53
1260	0.31	1260	0.4	1260	0.46
1320	0.27	1320	0.35	1320	0.4
1380	0.24	1380	0.31	1380	0.35
1440	0.21	1440	0.27	1440	0.31

Tr = 2.33 años		**Tr = 5 años**		**Tr = 10 años**	
San Juan		**San Juan**		**San Juan**	
Duración (min)	**P (mm)**	**Duración (min)**	**P (mm)**	**Duración (min)**	**P (mm)**
60	0.36	60	0.44	60	0.49
120	0.41	120	0.49	120	0.56
180	0.46	180	0.56	180	0.63
240	0.53	240	0.64	240	0.73
300	0.62	300	0.75	300	0.85
360	0.74	360	0.89	360	1.01
420	0.9	420	1.08	420	1.23
480	1.13	480	1.36	480	1.54
540	1.49	540	1.79	540	2.03
600	2.13	600	2.57	600	2.91
660	3.64	660	4.39	660	4.97
720	19.23	720	23.19	720	26.25
780	5.66	780	6.82	780	7.72
840	2.69	840	3.25	840	3.67
900	1.75	900	2.12	900	2.39
960	1.28	960	1.55	960	1.75
1020	1	1020	1.21	1020	1.37
1080	0.81	1080	0.98	1080	1.11
1140	0.68	1140	0.82	1140	0.92
1200	0.58	1200	0.69	1200	0.79
1260	0.5	1260	0.6	1260	0.68
1320	0.43	1320	0.52	1320	0.59
1380	0.38	1380	0.46	1380	0.52
1440	0.34	1440	0.41	1440	0.47

Tr = 2.33 años		**Tr = 5 años**		**Tr = 10 años**	
San Miguel		**San Miguel**		**San Miguel**	
Duración (min)	**P (mm)**	**Duración (min)**	**P (mm)**	**Duración (min)**	**P (mm)**
60	0.38	60	0.47	60	0.54
120	0.43	120	0.53	120	0.6

180	0.48	180	0.6	180	0.69
240	0.56	240	0.69	240	0.79
300	0.65	300	0.81	300	0.92
360	0.77	360	0.96	360	1.1
420	0.94	420	1.16	420	1.33
480	1.18	480	1.46	480	1.67
540	1.55	540	1.93	540	2.2
600	2.22	600	2.76	600	3.16
660	3.8	660	4.72	660	5.4
720	20.09	720	24.93	720	28.52
780	5.91	780	7.34	780	8.39
840	2.81	840	3.49	840	3.99
900	1.83	900	2.27	900	2.6
960	1.34	960	1.67	960	1.91
1020	1.05	1020	1.3	1020	1.49
1080	0.85	1080	1.05	1080	1.2
1140	0.71	1140	0.88	1140	1
1200	0.6	1200	0.75	1200	0.85
1260	0.52	1260	0.64	1260	0.74
1320	0.45	1320	0.56	1320	0.64
1380	0.4	1380	0.5	1380	0.57
1440	0.36	1440	0.44	1440	0.51

Tr = 2.33 años		**Tr = 5 años**		**Tr = 10 años**	
San Pablo		**San Pablo**		**San Pablo**	
Duración (min)	**P (mm)**	**Duración (min)**	**P (mm)**	**Duración (min)**	**P (mm)**
60	0.36	60	0.43	60	0.47
120	0.4	120	0.48	120	0.53
180	0.46	180	0.55	180	0.61
240	0.53	240	0.63	240	0.7
300	0.62	300	0.74	300	0.82
360	0.73	360	0.87	360	0.97
420	0.89	420	1.06	420	1.18
480	1.12	480	1.33	480	1.48
540	1.47	540	1.76	540	1.95
600	2.11	600	2.52	600	2.79
660	3.6	660	4.31	660	4.78
720	19.02	720	22.75	720	25.23
780	5.6	780	6.69	780	7.42
840	2.66	840	3.18	840	3.53

900	1.74	900	2.08	900	2.3
960	1.27	960	1.52	960	1.69
1020	0.99	1020	1.18	1020	1.31
1080	0.8	1080	0.96	1080	1.07
1140	0.67	1140	0.8	1140	0.89
1200	0.57	1200	0.68	1200	0.76
1260	0.49	1260	0.59	1260	0.65
1320	0.43	1320	0.51	1320	0.57
1380	0.38	1380	0.45	1380	0.5
1440	0.34	1440	0.4	1440	0.45

Tr = 2.33 años		**Tr = 5 años**		**Tr = 10 años**	
Tembladera		**Tembladera**		**Tembladera**	
Duración (min)	**P (mm)**	**Duración (min)**	**P (mm)**	**Duración (min)**	**P (mm)**
60	0.09	60	0.16	60	0.28
120	0.1	120	0.19	120	0.31
180	0.11	180	0.21	180	0.36
240	0.13	240	0.24	240	0.41
300	0.15	300	0.28	300	0.48
360	0.18	360	0.34	360	0.57
420	0.22	420	0.41	420	0.69
480	0.27	480	0.51	480	0.87
540	0.36	540	0.68	540	1.14
600	0.51	600	0.97	600	1.64
660	0.88	660	1.66	660	2.8
720	4.63	720	8.78	720	14.77
780	1.36	780	2.58	780	4.35
840	0.65	840	1.23	840	2.07
900	0.42	900	0.8	900	1.35
960	0.31	960	0.59	960	0.99
1020	0.24	1020	0.46	1020	0.77
1080	0.2	1080	0.37	1080	0.62
1140	0.16	1140	0.31	1140	0.52
1200	0.14	1200	0.26	1200	0.44
1260	0.12	1260	0.23	1260	0.38
1320	0.1	1320	0.2	1320	0.33
1380	0.09	1380	0.18	1380	0.29
1440	0.08	1440	0.16	1440	0.26

ANEXO F.- RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN HIDROLÓGICA CON EL PROGRAMA HEC-HMS

Los resultados del anexo F, muestran el paso a paso de la creación del modelamiento hidrológico hasta la generación de los caudales máximos para cada período de retorno (umbrales) a partir de los hidrogramas de salida.

F.1 Creación del proyecto

En la ventana de definición del proyecto, hacer:

- En el menú ***"File"*** elegir la opción "***New"***

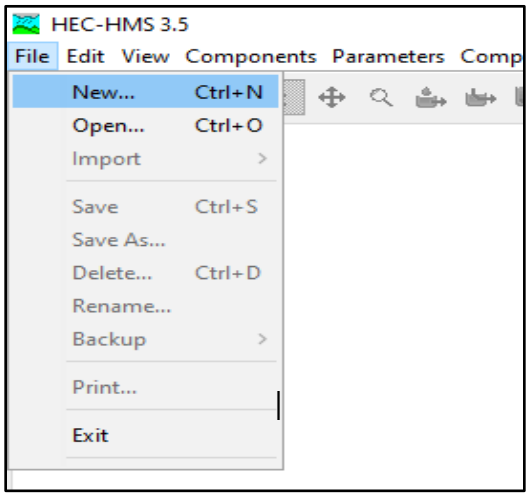


Figura 1F. Iniciando Hec – Hms.

Se abre la ventana ***"Create a New Project"*** (figura 2F).

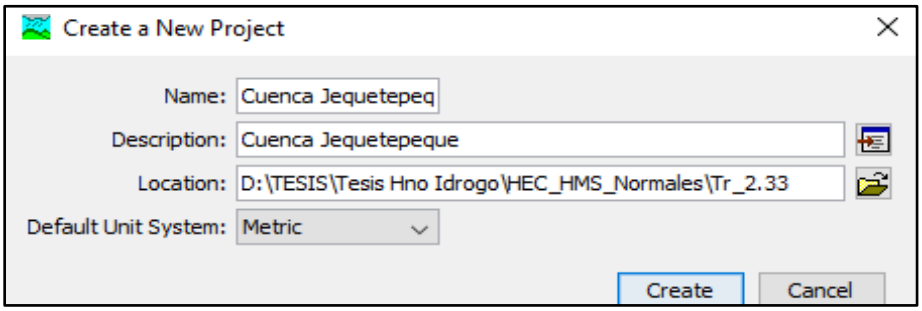


Figura 2F. Crear un nuevo proyecto.

Después de esto, en el panel del explorador de la cuenca, se muestra el proyecto de creado.

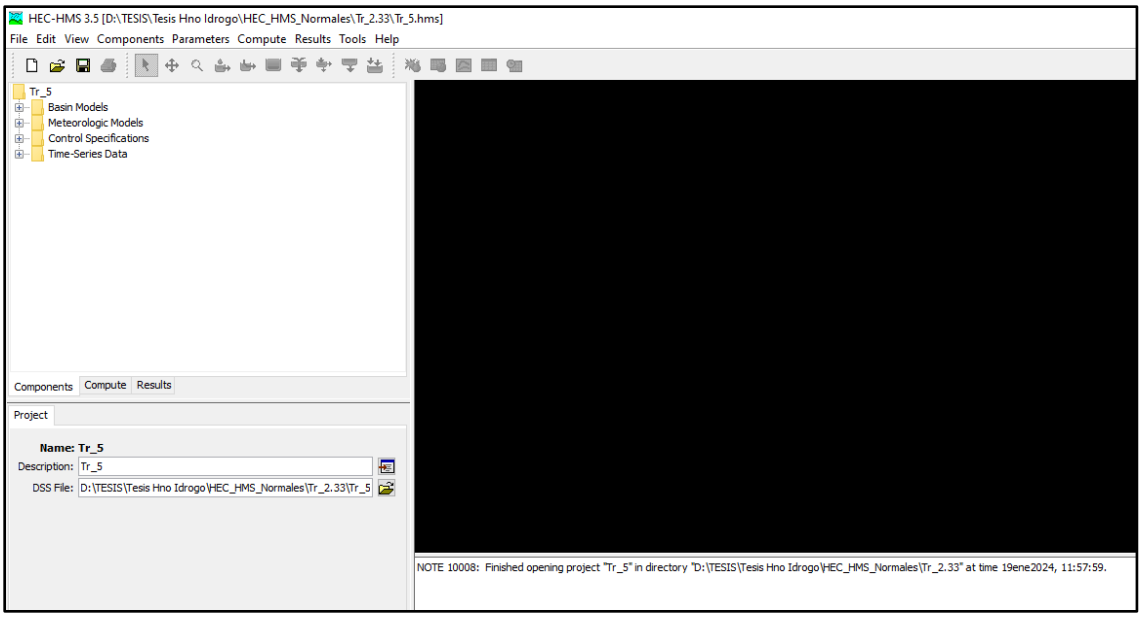


Figura 3F. Panel de explorador de cuenca.

F.2 Definición del modelo de la cuenca

Ejecutar la orden ***"Component" / "Basin Model Manager"*** (figura 4F).

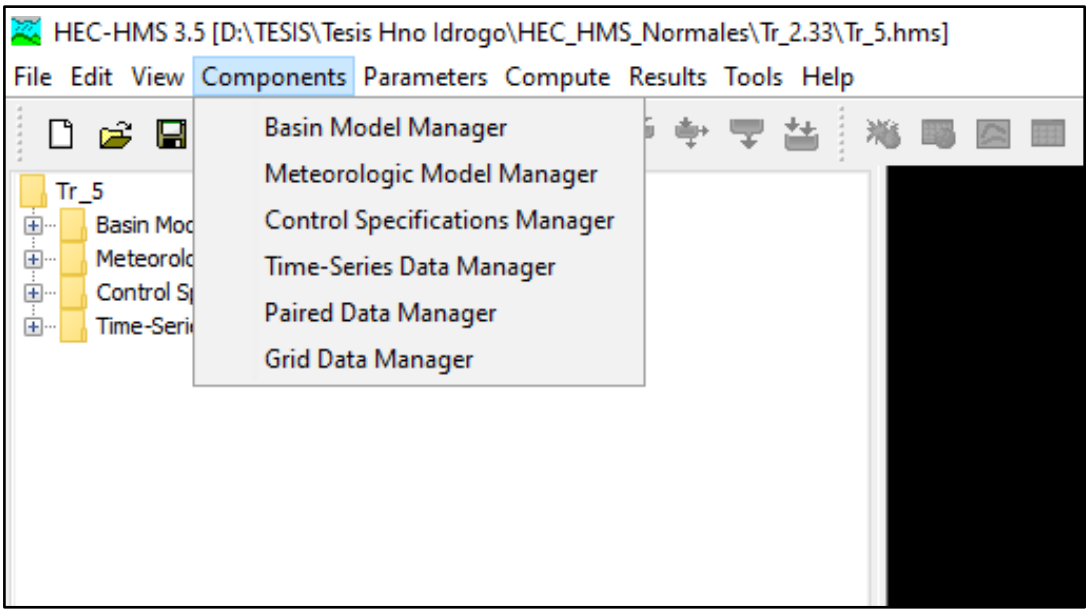


Figura 4F. Panel de componentes para creación de modelo de cuenca.

En la ventana ***"Basin Model Manager"***, click en "***New"*** (figura 5F).

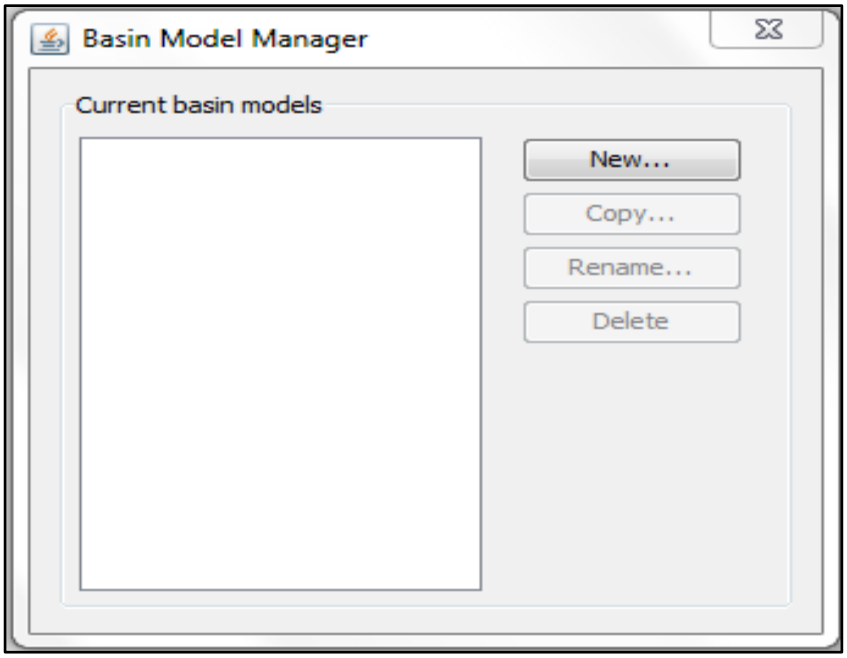


Figura 5F. Ventana para creación de dirección de modelo de cuenca.

Se abre la ventana ***"Create A New Basin Model"***, para este caso se empleó a la cuenca Jequetepeque (figura 6F).

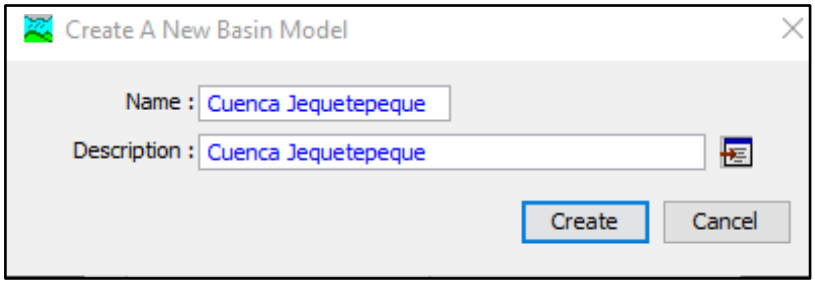


Figura 6F. Creación de dirección de modelo para la cuenca Jequetepeque.

Luego hacemos click en el botón

Se regresa a la ventana ***"Basin Model Manager"*** (figura 7F)

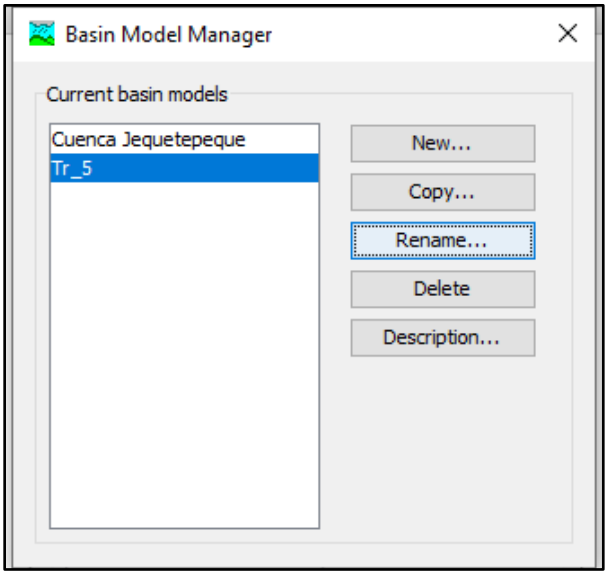
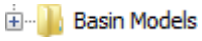


Figura 7F. Dirección de modelo creado para la cuenca Jequetepeque.

Después de esto, se muestra el modelo de la cuenca, se encuentra el modelo de la cuenca creado ***("Basin Model").*** Si se hace click en el signo +, de  , se observa ***"Cuenca Jequetepeque"***, que corresponde a la cuenca Jequetepeque (figura 8F).

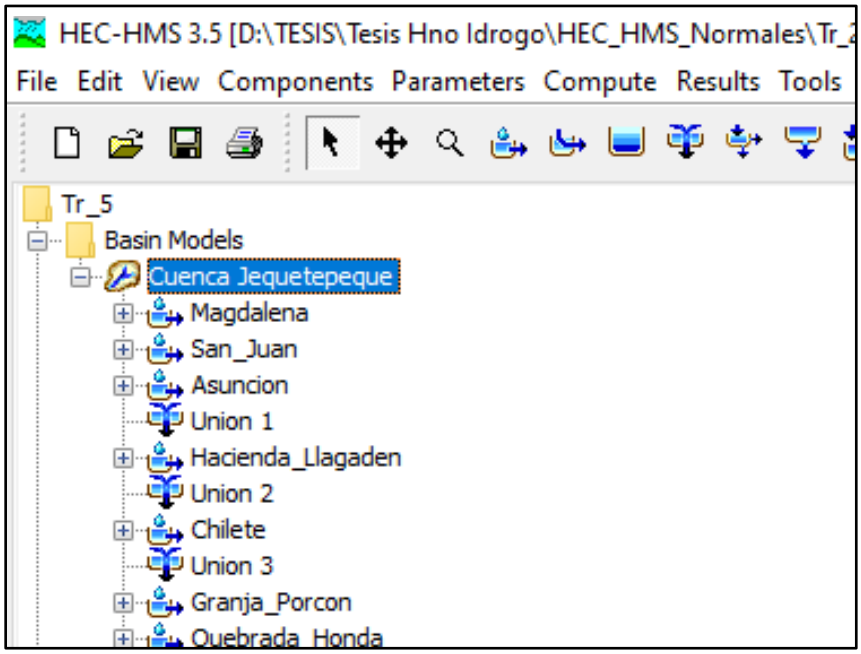


Figura 8F. Modelo de cuenca creado para la cuenca La Leche.

Si se hace doble click en el nombre de la ***"Jequetepeque"*** (es la opción que aparece con un pequeño mapa al costado), se muestran los componentes de ésta (figura 9F), tanto en el panel del editor de componentes, como en el escritorio de trabajo (donde se va a representar gráficamente el modelo de la cuenca) y se activan los iconos de la herramienta , que muestran los elementos hidrológicos, que sirven para crear el modelo de la cuenca.

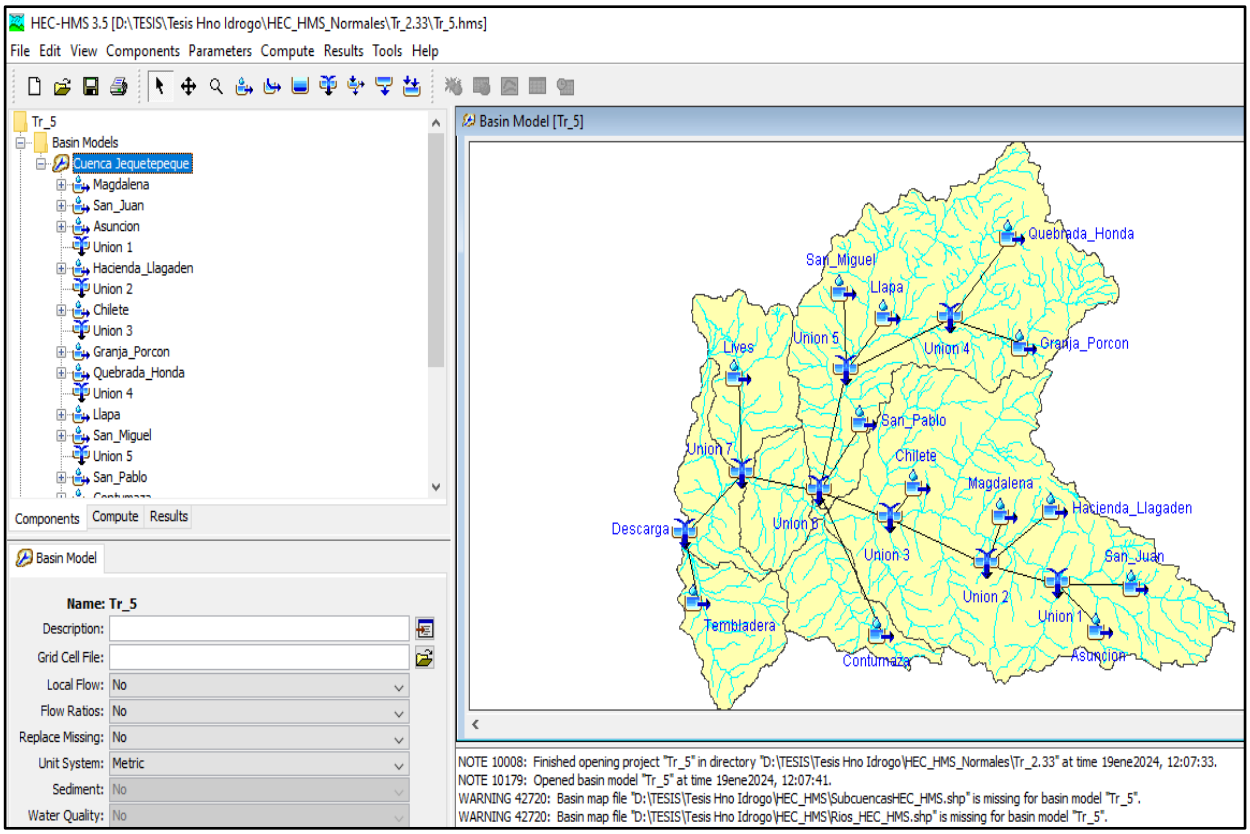


Figura 9F. Componentes hidrológicos de la cuenca Jequetepeque.

F.3. Guardar el proyecto

Para guardar el proyecto en cualquier instante puede hacer:

Hacer click en el botón

F.4. Creación de los elementos hidrológicos

Para definir la estructura del modelo de la cuenca, el programa dispone de los elementos hidrológicos, cuya descripción se indica en la tabla A. Con estos elementos hidrológicos, el usuario puede elaborar una cuenca tan compleja, como lo permita la información de campo.

Los elementos anteriores se disponen en forma de redes dendríticas, con un orden o secuencia lógica para realizar los cálculos, desde las subcuencas que conforman las cabeceras aguas arriba, hasta el punto de salida de todo el caudal aguas abajo.

Tabla A: Elementos hidrológicos para crear el modelo de la cuenca

Elementos hidrológicos	Descripción
(Subbasin)	Se usa para representar la cuenca física, se colocan tantas como se tengan en la cuenca. Este elemento se caracteriza porque no recibe flujo entrante y produce un solo flujo saliente. En este punto es donde se observa el caudal que genera el hidrograma.
(Junction)	Se usa para representar el punto de salida de cada subcuenca hacia el punto más bajo de esta con respecto al cauce. Este elemento se caracteriza porque recibe uno o varios flujos entrantes y no produce flujo saliente.

Un elemento hidrológico representa un proceso físico tal como una subcuenca, tramo de corriente o confluencia. Cada elemento representa parte de la respuesta total de la cuenca a la precipitación. Un elemento matemático para describir el proceso matemático para describir el proceso físico.

F.5 Agregar elementos hidrológicos a la cuenca

Como en cada caso, las cuencas poseen diversas estaciones pluviométricas lo cual el proceso de creación es repetitivo, es decir, se agregará una subcuenca (Subbasin) y al final de la cuenca se colocará un sumidero (Junction), por donde pasará el cauce, representando de esa manera el aporte de dicha subcuenca al río de la respectiva cuenca.

Para esto hacemos:

Click en la herramienta, luego click en cualquier parte del cuadro que dice ***"Basin Model (Jequetepeque)"***, luego en la ventana ***"Create a New Subbasin Element"*** se escribe el nombre de la estación tal y como se detallan en las figuras 10F y 11F.

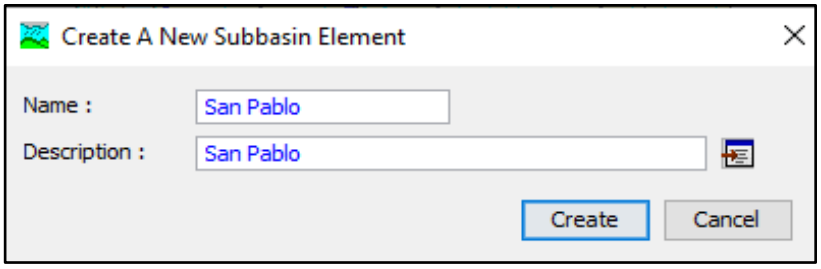


Figura 10F. Creación de los "Precipitation gage" (estación pluviométrica) para la cuenca Jequetepeque.

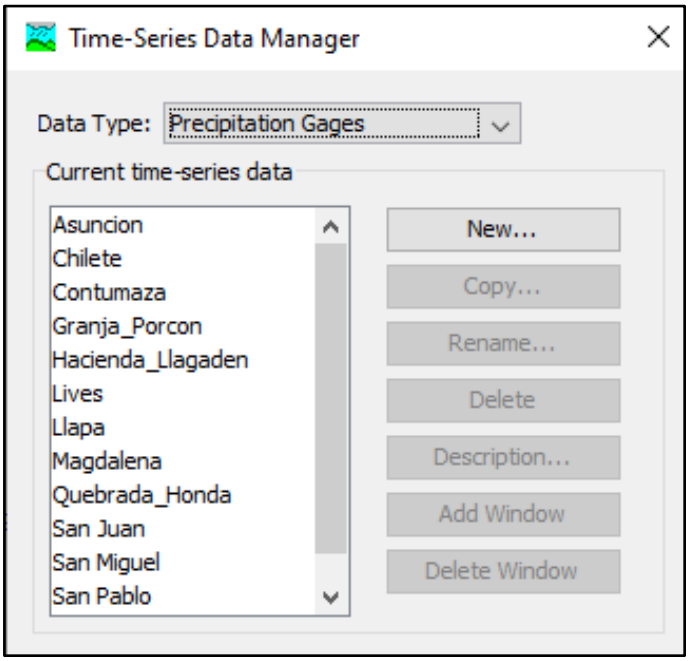


Figura 11F. Creación de todas las estaciones pluviométricas para la cuenca Jequetepeque.

Luego conforme se vayan creando en el transcurso de todo el río dichas estaciones se van uniendo con sumideros. Los sumideros como se explicó representan el punto de salida de cada subcuenca que va aportar a lo largo del transcurso del río Jequetepeque, obteniendo de esta manera el caudal en la sección de interés.

Al igual que para el caso de las ***"Subbasin Element",*** se crearán los ***"Junctions"*** de la siguiente manera:

Click en la herramienta ***"Junction",*** luego click en cualquier parte del cuadro que dice ***"Basin Model (Cuenca Jequetepeque ó simplemente Jequetepeque)"***, luego en la ventana ***"Create a New Junction Element"*** se escribe el nombre de la estación a crear, tal y como se detallan en la figura 12F.

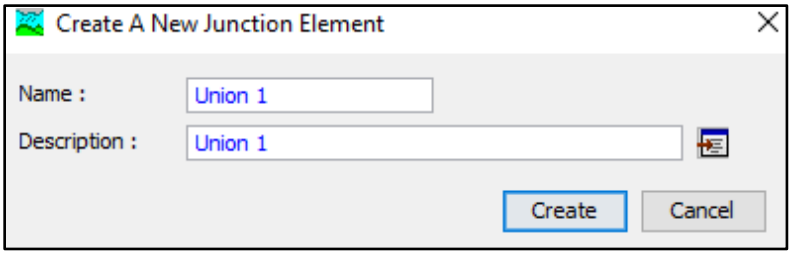


Figura 12F. Creación de los elementos "Junction" (unión) de la cuenca Jequetepeque.

Luego de haber creado cada ***"Subbasin"*** y cada ***"Junction"***, el esquema queda como el mostrado en la figura 13F.

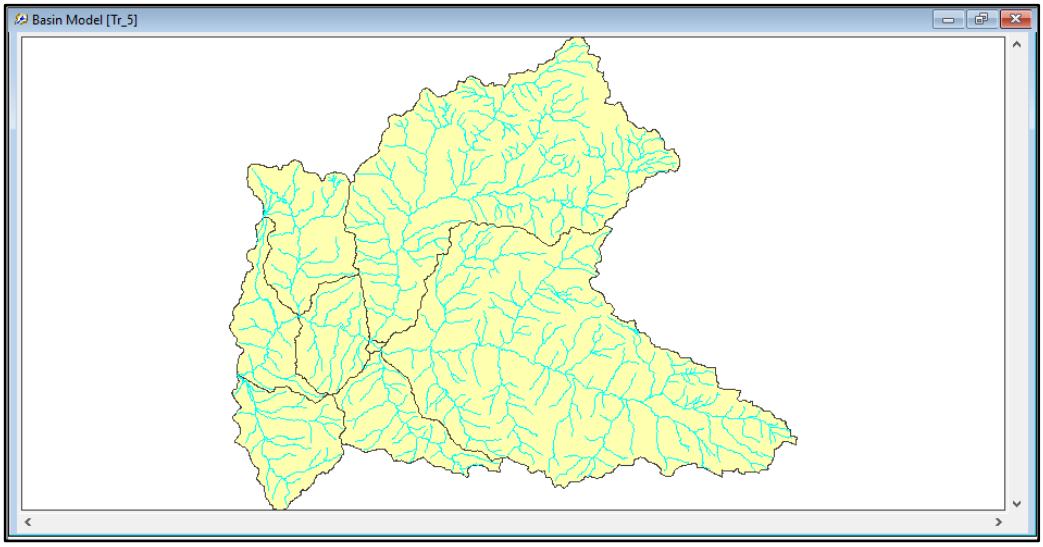


Figura 13F. Creación de los elementos "Subbasin" y "Junction" de la cuenca Jequetepeque.

NOTA:

Si quisiéramos desactivar la herramienta ***"Junction"*** o ***"Subbasin"***, podemos hacer click en cualquier otra parte del panel del Escritorio de trabajo, para desactivar esta herramienta, hacemos click en el icono de selección

F.6 Conexión de los elementos hidrológicos

Se conectan desde aguas arriba hacia aguas abajo, haciendo el siguiente procedimiento: Click derecho sobre el Subbasin que se quiere analizar, en el menú emergente que aparece seleccionamos ***"Connect Downstream"*** (conectar aguas abajo), el cursor adquiere la forma de cruz, luego click con esa cruz sobre el Junction que se quiera conectar, tal y como se muestra a continuación (figura 14F).

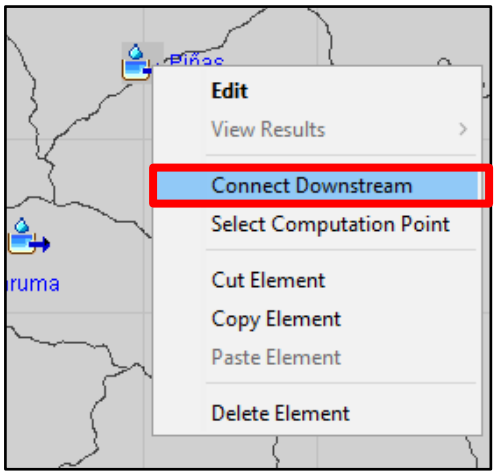


Figura 14F. Conexión de los elementos hidrológicos para la cuenca Jequetepeque.

Luego el procedimiento se repite para todas las estaciones, quedando como lo señalado en la figura 15F.

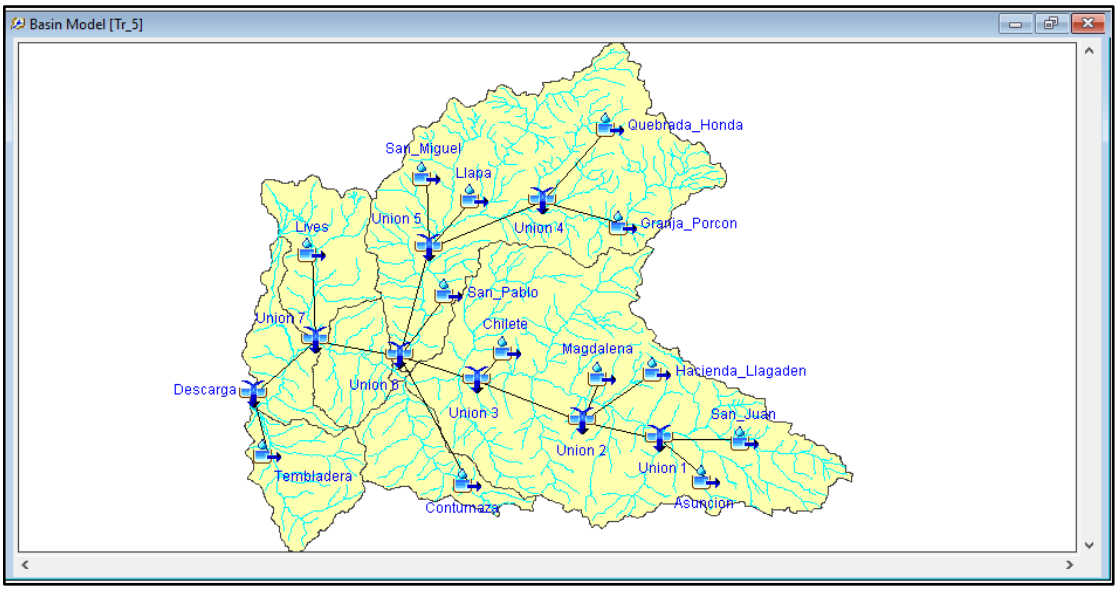


Figura 15F. Conexión de todos los elementos hidrológicos para la cuenca Jequetepeque.

F.7. Fases de trabajo del programa HEC – HMS v.3.5

Ahora ingresamos a cada ***"Subbasin",*** su área correspondiente, así como tener en cuenta los siguientes parámetros:

- ***Description***, una descripción de la estación en análisis, por ejemplo ***"Hacienda Llagaden"***

- ***Dowstream***, lo que se encuentra aguas debajo de este elemento, en este caso, se observa que aguas debajo de cualquier estación en análisis, se encuentra su respectiva subcuenca, esto se coloca automáticamente al realizar la conexión de los elementos de la cuenca.

- ***Área,*** el área de la cuenca delimitada parcialmente en polígonos de Thiessen en unidad de Km^2.

- ***Loss Method***, elegir el método a usar para calcular las pérdidas de la precipitación total, para este caso usamos ***SCS Curve Number.***

- ***Transform Method***, elegir el método para transformar la precipitación neta en caudal, para este caso usamos ***SCS Unit Hydrograph.***

- ***Baseflow Method***, elegir el método para calcular el flujo base, esto para añadir el caudal base que tenía la cuenca antes de la crecida, y que debe continuar por debajo del hidrograma de crecida. Como en este caso no tomamos en cuenta el flujo base, en la casilla se elegirá ***None.***

A continuación, se observa una figura de los valores y opciones ingresadas (figura 16F).

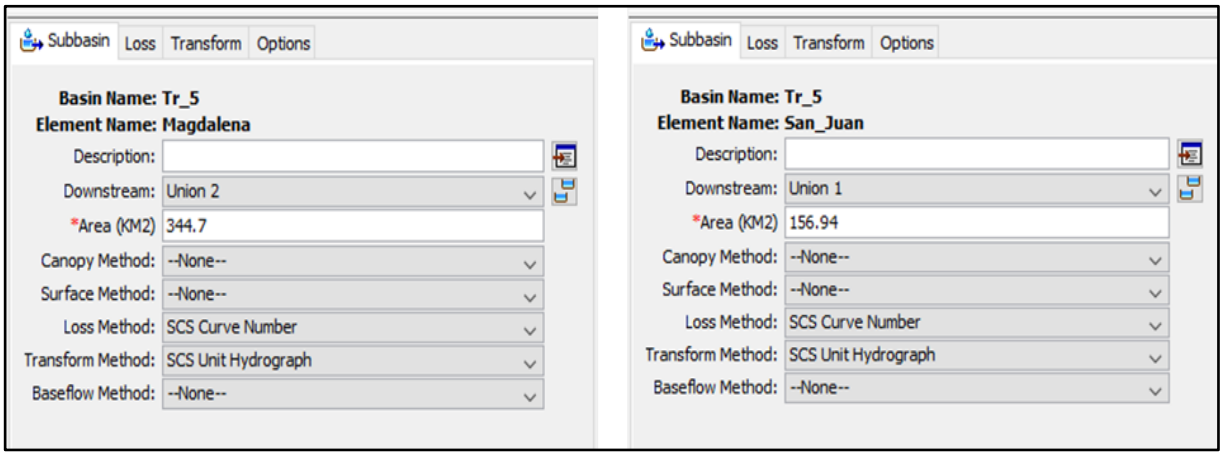


Figura 16F. Ingreso de parámetros de cada "Subbasin" para la cuenca Jequetepeque.

Hay que tener en cuenta que este procedimiento se realizó para cada una de las estaciones que aportan a la cuenca Jequetepeque.

Sin salir del editor de componentes, click en la pestaña ***"Transform"***, y como se ha elegido el método del **SCS** para transformar la precipitación neta en caudal, se solicita solamente el ***"Lag Time"*** (tiempo de retraso), en min, como se muestra en la figura 17F.

Figura 17F. Ingreso del parámetro "lag time".

Para el análisis correspondiente en cada caso el ***"Lag Time"*** se asumió según el tiempo de tránsito de cada hidrograma de las estaciones meteorológicas.

F.8. Datos de las precipitaciones

Antes de crear el modelo m eteorológico, se debe introducir los datos pluviométricos, en este caso hay nueve estaciones pluviométricas (meteorológicas). Para ello ejecutar la orden: ***"Components" / "Time Series Data Manager"***, se abre la ventana que se muestra en la figura 18F.

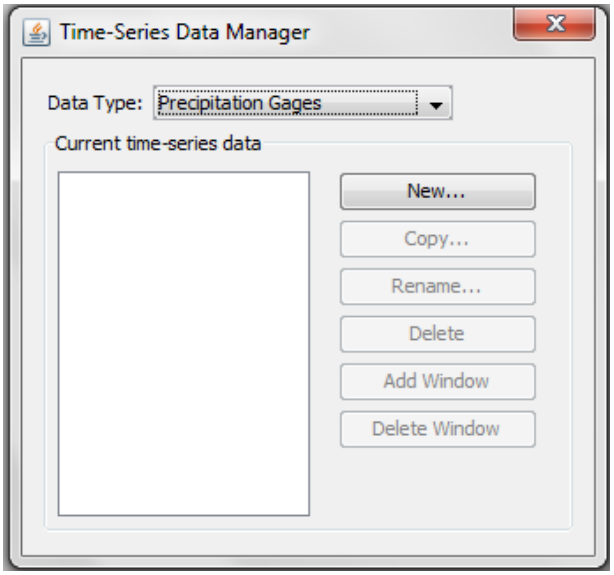


Figura 18F. Ventana para creación de datos para cada "precipitation gage" (estación meteorológica) de la cuenca Jequetepeque.

En esta ventana, en ***"Data Type",*** se puede elegir para ingresar datos de precipitación, caudales, almacenamientos, temperaturas, radiación solar y coeficiente de cultivos, como se muestra en la figura 19F.

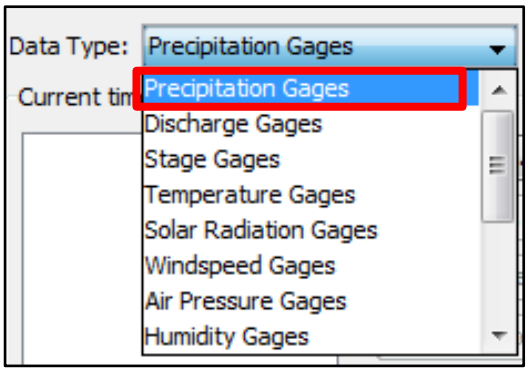


Figura 19F. Ventana de selección "precipitation gage" para el ingreso de precipitaciones.

Para este caso, como se van a ingresar datos de precipitación se deja la opción por defecto, es decir, ***"Precipitacion Gages"*.** Al hacer click en el botón New... de la ventana ***"Time - Series Data Manager"***, se abre la ventana ***"Create A New Precipitación Gages"***, en esta ventana, escribir:

- En ***Name***: Se pondrá el nombre resumen de la estación en análisis.
- En ***Description***: Se pondrá el nombre completo o alguna referencia de la estación en análisis.

Entonces se verá como se muestra en la figura 20F.

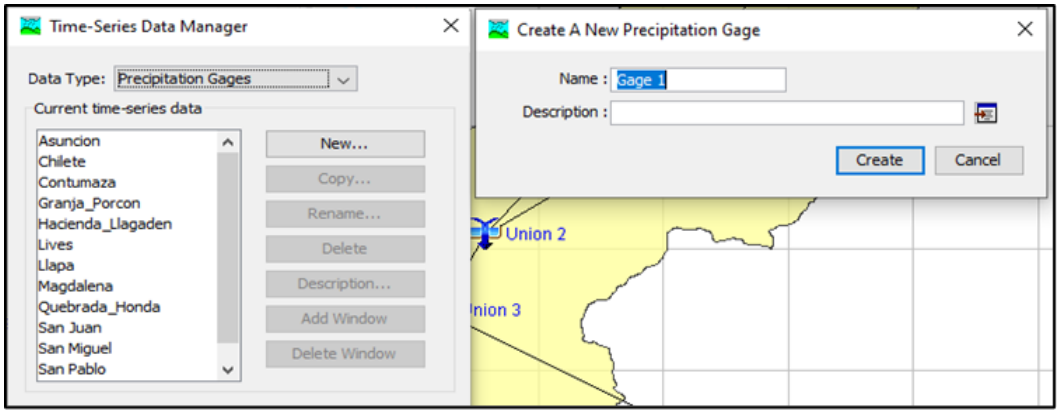
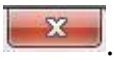


Figura 20F. Ventana de creación de nuevos elementos para el ingreso de datos de precipitación.

Este procedimiento es repetitivo y se realizó para todas las estaciones consideradas en cada

una de las cuencas. Después se regresa a la ventana ***"Time Series Data Manager"***; como ya no hay que ingresar más estaciones de datos, para salir de esta ventana, click en  . Finalmente se presentan a continuación (figura 21F) todas las estaciones ingresadas en el programa.

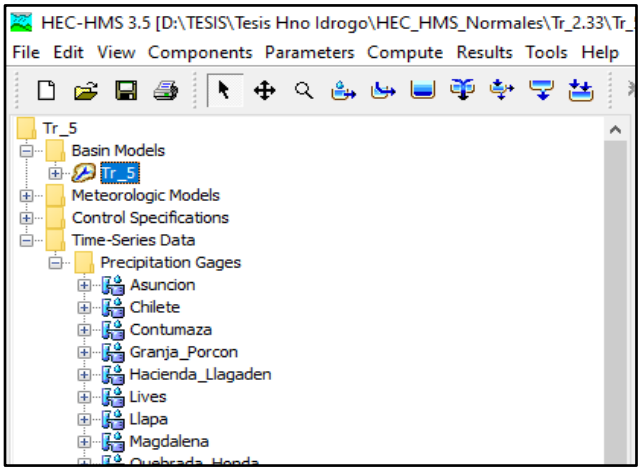


Figura 21F. Elementos creados a partir de la sección "Time series data manager".

F.9. Ingreso de los datos para cada estación meteorológica

Hacer click en cualquiera de las estaciones creadas, con esto en el panel del Editor de componentes, se muestra en la figura 22F.

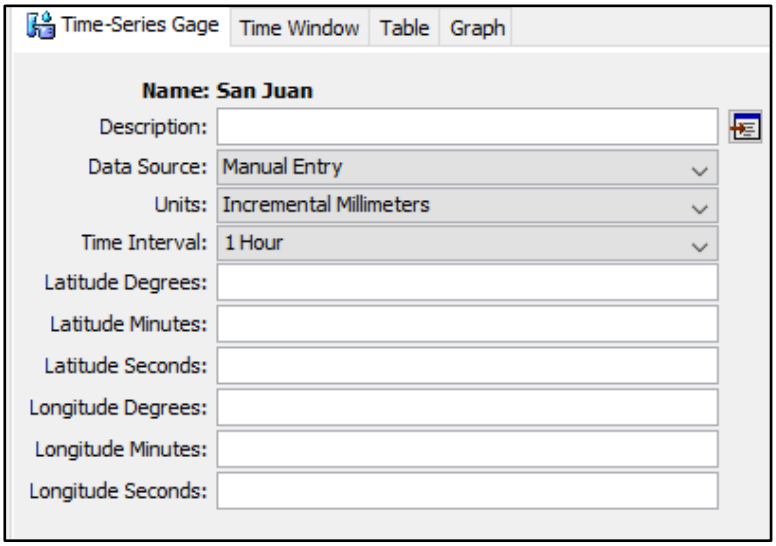


Figura 22F. Ingreso de datos parciales para cada estación meteorológica.

En los campos de este panel, se observa:

- ***Description***, aquí aparece lo que se escribió al crear la estación en análisis.
- ***Data Source, Manual Entry***, esto es si los datos se van a introducir manualmente, como lo

es en este caso.

- ***Units, Incremental Milimeters***, si la precipitación se ha registrado en mm y si es en forma incremental, lo contrario sería acumulativa **(*cumulative*).** Si se va a introducir en pulgadas, se puede elegir ***Incremental Inches*** ó ***Cumulative Inches***. Para este caso dejamos ***Incremental Milimeters.***

- ***Time Interval,*** aquí hay que introducir el intervalo del registro de la precipitación, usualmente cada 30 min, pero puede variar dependiendo de la curva de descenso del hidrograma de salida.

Los campos que no es están asignados con un asterisco (*) no son necesariamente obligatorios ingresarlos. De esa manera se procedió a ingresar los datos correspondientes a las demás estaciones de interés. Para ingresar los datos de este intervalo de tiempo, hacemos click en la pestaña ***"Time Window"*** y en ***"Table",*** hacemos doble click en la estación creada (en la imagen que se muestra a continuación es el ejemplo para la ***"San Juan"***), y se ingresan los siguientes datos (figura 23F).

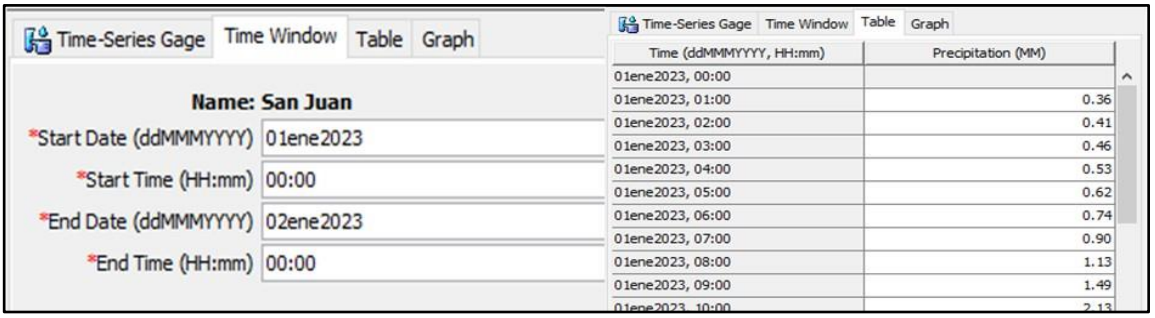


Figura 23F. Ingreso de datos para la estación Puchaca de la cuenca Jequetepeque.

Como el primer intervalo es de 00:00 a 00:30, a las 00:00, el campo se muestra desactivado, es decir no permite el ingreso de datos. El valor hay que ingresarlo a partir de las 00:30. El gráfico siguiente corresponde al de las precipitaciones para el periodo de retorno de 2.33 años (Tr = 2.33 años) para la estación climática San Juan de la cuenca Jequetepeque (figura 24F).

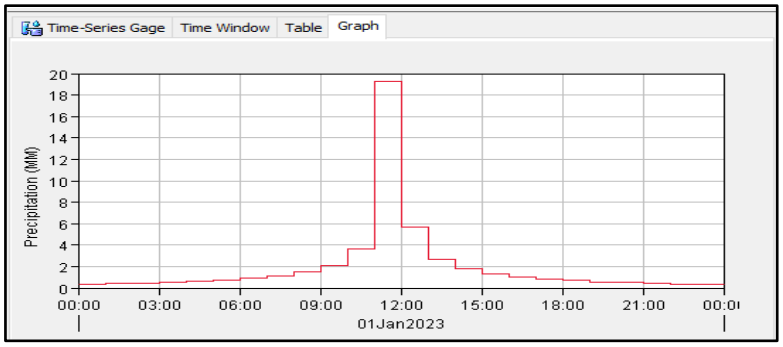


Figura 24F. Distribución de precipitaciones por medio de un hietograma de bloques alternos.

Dicha figura 24F representa un hietograma de precipitaciones por medio del bloque alterno que fue obtenido con el programa Bloques v.2.015, tal y como se detallan los procedimientos de la metodología de investigación de la presente tesis

F.10. Modelo meteorológico

El modelo meteorológico sirve para aplicar los pluviómetros correspondientes a cada subcuenca, para lo cual fue necesario aplicar el siguiente procedimiento:

Ejecutar la orden ***"Components / Meteorologic Model Manager/New",*** para crear el modelo meteorológico; en la ventana que se activa, en ***"Name"*** escribir el nombre correspondiente ***("Modelo Hidrológico")*** o aceptar el sugerido, luego hacer click en el botón Create. Luego cerrar la ventana "***Meteorologic Model Manager",*** haciendo click en X.

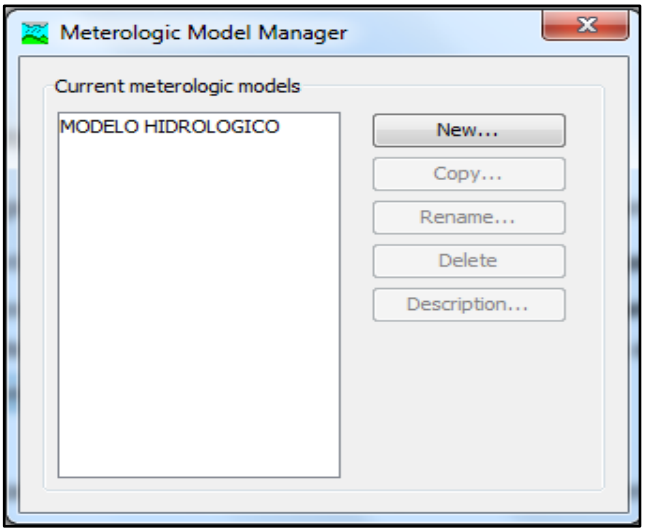


Figura 25F. Ventana de la creación del modelo meteorológico para la cuenca Jequetepeque.

Luego hacemos doble click el ***"Modelo Hidrológico"*** con la finalidad de indicar el hietograma.

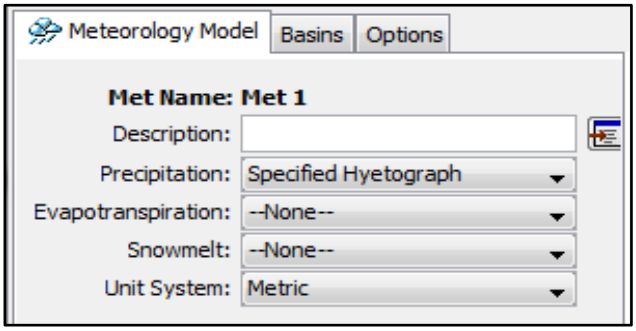


Figura 26F. Ventana del programa para indicar el hietograma de precipitaciones.

En el campo de ***"Description"*** agregamos ***"Modelo Hidrológico de la Cuenca",*** luego en el campo ***"Precipitation"*** aparece ***"Specified Hyetograph"***, o sea que se dará los datos de precipitación, aceptamos esto, puesto que ya hemos ingresado estos datos. No tenemos datos de evapotranspiración (***Evapotranspiration***) ni de nieve (***Snowmelt***), por lo que se acepta para ambos ***None***. El sistema de unidades que estamos trabajando es el métrico, por lo que aceptamos ***Metric***. Luego en el campo ***"Basin"***, ingresamos el valor de ***"Yes"*** (esto es en la opción ***"Include Subbasins"),*** debido a que ya están incluidas las precipitaciones de cada una de las estaciones pluviométricas de la cuenca Jequetepeque (figura 27F).

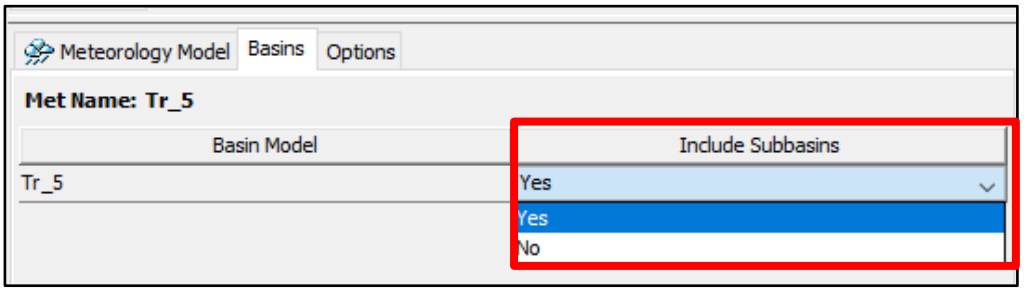


Figura 27F. Ventana del programa para indicar la opción "yes" en modo "basin" (cuenca).

En el panel del Explorador de la cuenca, al hacer click sobre Specified Hyetograph , se muestra la figura 28F y se escoge para cada **"Subbasin Name"** el respectivo **"Gage"**

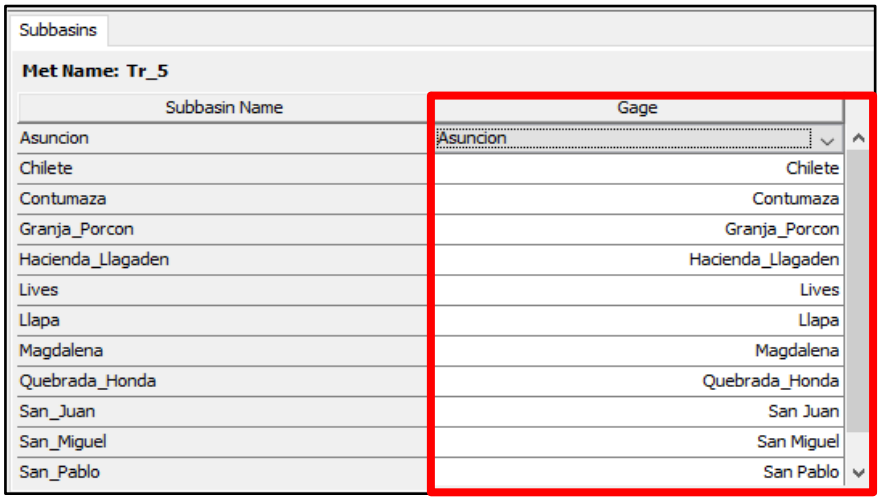


Figura 28F. Ventana del ingreso de cada hietograma a cada "subbasin".

F.11. Especificaciones de control

Las especificaciones de control son usadas para indicarle al programa el periodo de tiempo que se usará en la simulación. La longitud del tiempo de simulación tiene que estar acorde con la duración de la tormenta. Generalmente se simula el flujo de corriente, desde el inicio de la tormenta hasta un tiempo después de que esta ha finalizado. Aquí también se especifica

el intervalo de tiempo, el cual determina la resolución del hidrograma resultante, producto de los cálculos obtenidos durante la corrida del programa. Para ello ejecutamos la siguiente ruta ***" Components / Control Specifications Manager/New",*** para crear las especificaciones de control; en la ventana que se activa en ***"Name"*** escribir el nombre correspondiente o aceptar el sugerido, en este caso, aceptamos el nombre ***"Control Hidrológico"*** y luego hacemos click en el botón ***"Create"***. Luego cerramos la ventana ***"Control Specifications Manager"***, haciendo click en . Luego asignamos en el panel del Explorador de la cuenca, se hace click en de Control Specifications, se muestra en la figura 29F.

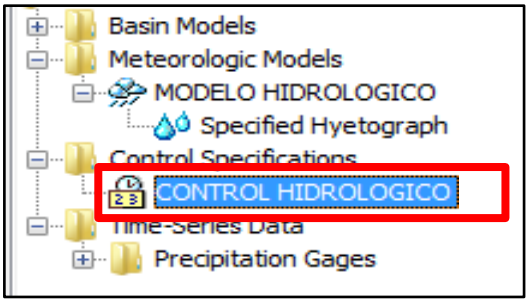


Figura 29F. Ítem de las especificaciones de control para la cuenca Jequetepeque.

Si en este panel, se hace click en ***"Control Hidrológico"***, en el panel del Editor de componentes que se indica en la figura 30F.

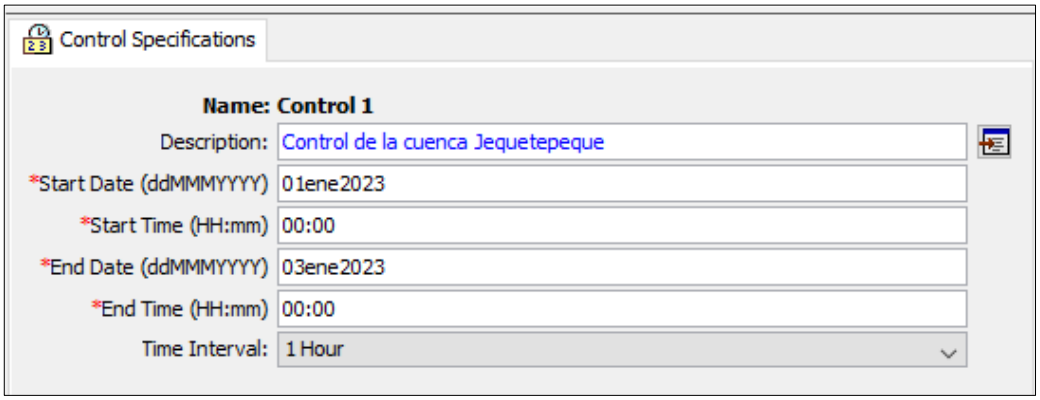


Figura 30F. Ventana de las especificaciones de control para la cuenca Jequetepeque.

F.12. Creación de la simulación en el programa HEC-HMS v.3.5.

Para crear el protocolo de simulación, se realiza la orden ***"Compute / Create Simulation Run"*** (ó la orden ***"Compute / Run Manager"***) como se muestra en la figura 31F.

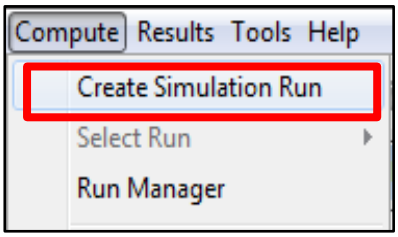


Figura 31F. Ventana de la creación de simulación para la cuenca Jequetepeque.

Por ejemplo, si se ejecuta a orden ***"Compute / Create Simulation Run",*** se despliega 5 ventanas, una tras otra, donde se selecciona la combinación de los componentes a simular, las mismas que se muestran en las figuras 32F, 33F, 34F, 35F, 36F y 37F, esta última correspondiente al ícono que permite procesar la simulación. Una vez seleccionada la opción de la variable para cada uno de los campos, se pasa a la siguiente ventana haciendo click en el botón Next >, cuando ya se han seleccionado todos los componentes, en la última ventana, se hace click en el botón Cancel.

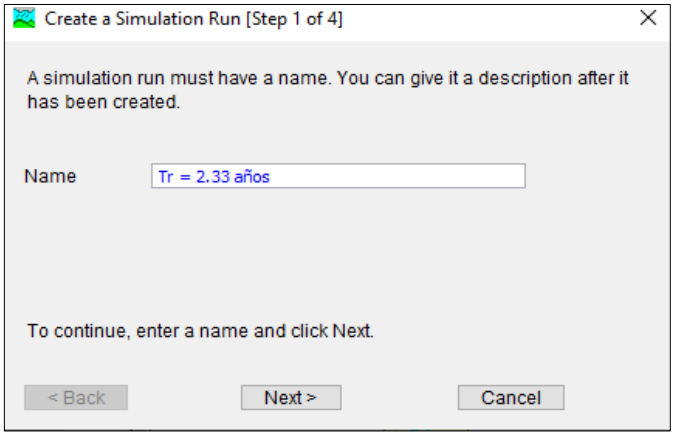


Figura 32F. Nombre de la simulación por ejemplo ***Tr = 2.33 años***.

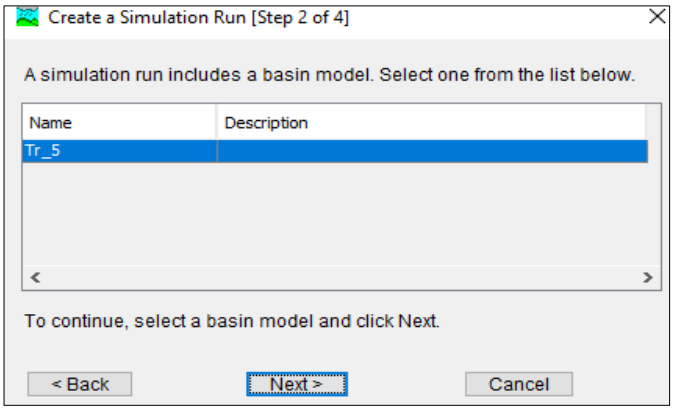


Figura 33F. Selección del modelo de la cuenca, en este caso ***"Jequetepeque".***

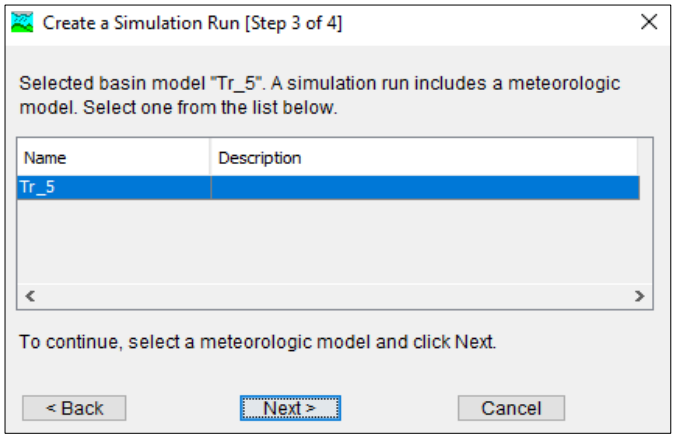


Figura 34F. Selección del modelo meteorológico para la cuenca Jequetepeque

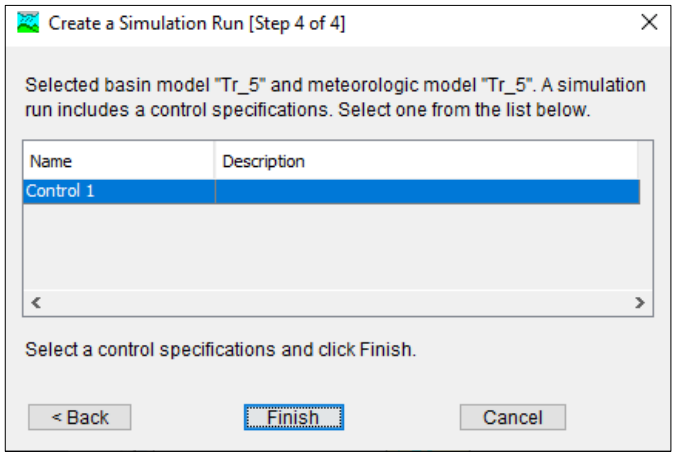


Figura 35F. Selección del modelo meteorológico para la cuenca Jequetepeque.

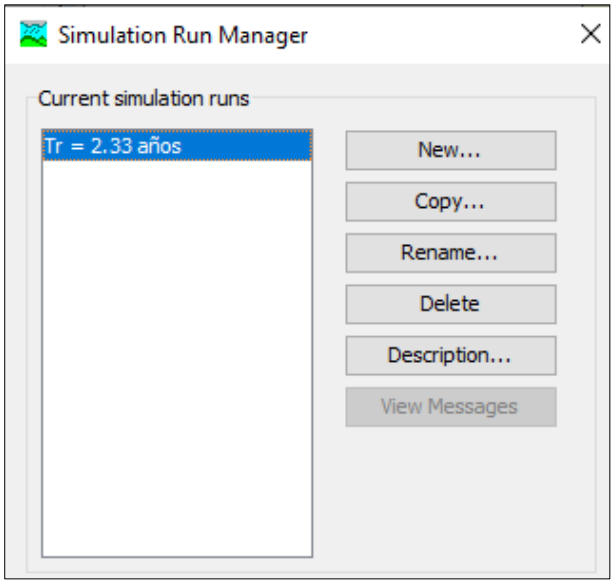


Figura 36F. Finalización del modelo meteorológico para la cuenca Jequetepeque.

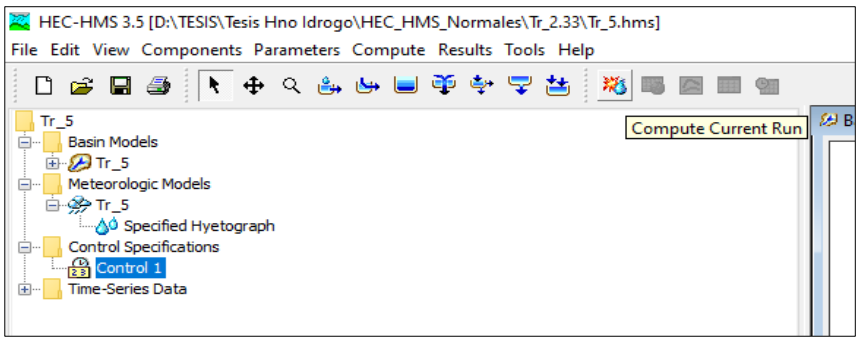


Figura 37F. Activación del comando "Compute Current Run" luego de la creación del modelo meteorológico

Luego para poder finalizar con el procesamiento de la información, es necesario seleccionar la simulación creada, para ello seleccionamos la simulación ***"Tr = 2.33 años"*** creada, luego ejecutamos la orden ***Compute / Select Run / Tr = 2.33 años*** (se entiende que este proceso también se aplica para cada período de retorno, en esta caso como ejemplo se muestra para 2.33 años).

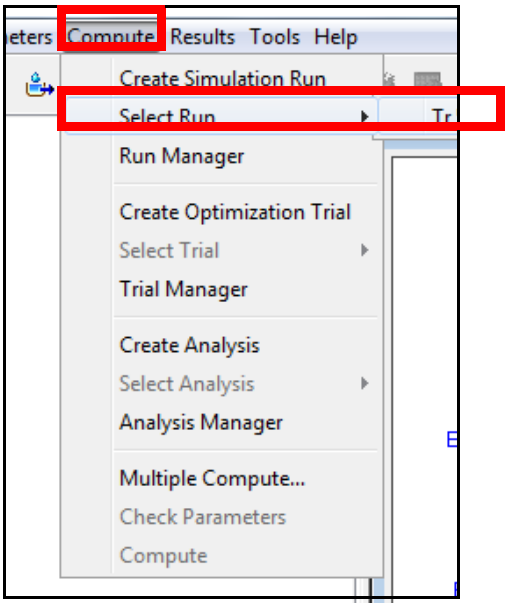


Figura 38F. Selección del período de retorno para determinar el hidrograma de salida.

Con esto se activa el icono de la barra de herramienta, el mismo que permite realizar la simulación. Finalmente se ejecuta la simulación haciendo click sobre el icono , con ello se muestra la ventana de la figura 39F.

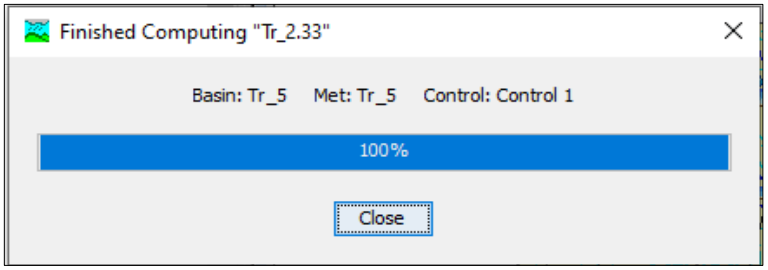


Figura 39F. Procesamiento final de la simulación hidrológica para la cuenca Jequetepeque.

Con lo cual se realizan los cálculos de la simulación y si no existe ningún error, se obtienen los resultados parciales y el resultado final.

Nota: En el caso de que se presente algún error, en el panel de registro de mensajes, sólo en color rojo, se indica al usuario las correcciones que debe realizar, si salen indicaciones como por ejemplo ***"Warning", "Note", "Opening"***, entre otras indica algunas operaciones que realizó el programa para arrojar los resultados.

Para observar los resultados, hacemos click derecho sobre uno de los elementos del modelo (en este caso, por ejemplo ***Asuncion***) y ejecutar la orden ***View Results (Tr = 2.33 años) / Graph*** (o ***Summary Table*** ó ***Time-Series Tables***), para obtener la información (o resumen de resultados o tabla serie de tiempo).

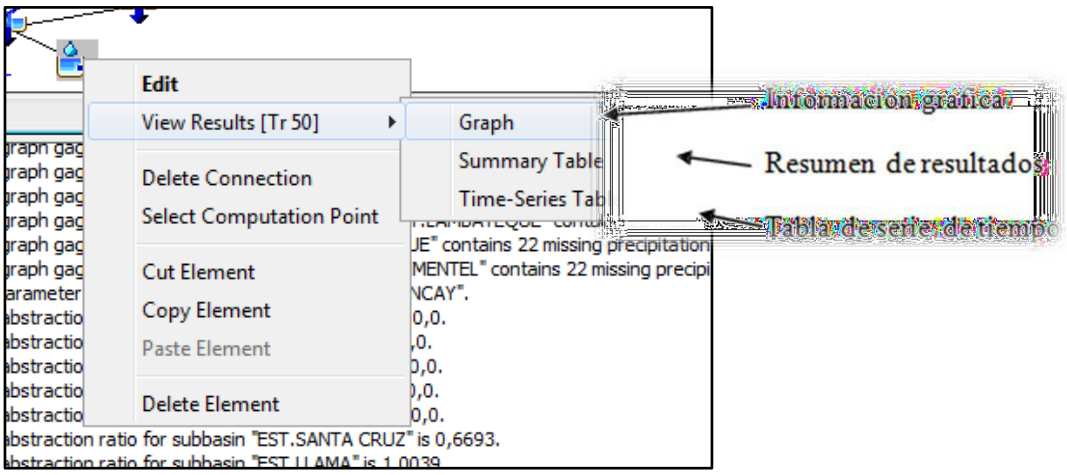


Figura 40F. Selección de resultados para el período de retorno de 50 años, previo procesamiento de los datos para la cuenca Jequetepeque.

Finalmente se obtuvieron los hidrogramas de salida para "Subbasin", obteniéndose de esta manera los caudales para 2.33 años, 5 años y 10 años de periodo de retorno, tanto en

condiciones normales, como también en condiciones secas y húmedas. La figura 41F muestra un hidrograma en el punto de aforo (descarga) para un Tr = 2.33 años en condiciones normales, mientras que la figura 42F muestra el hidrograma de descarga para la estación climática Hacienda Llegaden, para el mismo período de retorno y condiciones de número de curva.

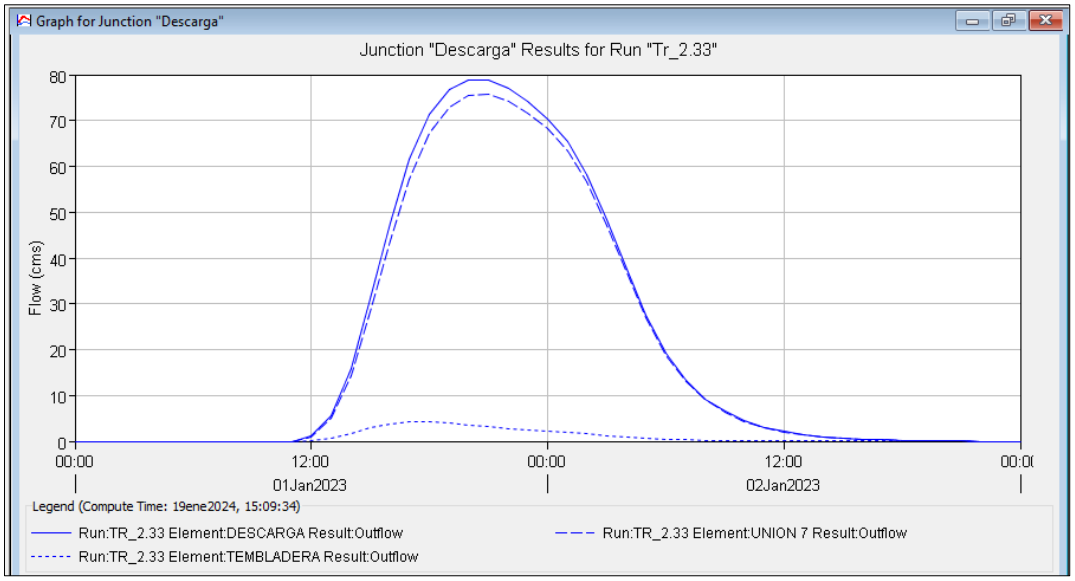


Figura 41F. Hidrograma de descarga para el punto de aforo

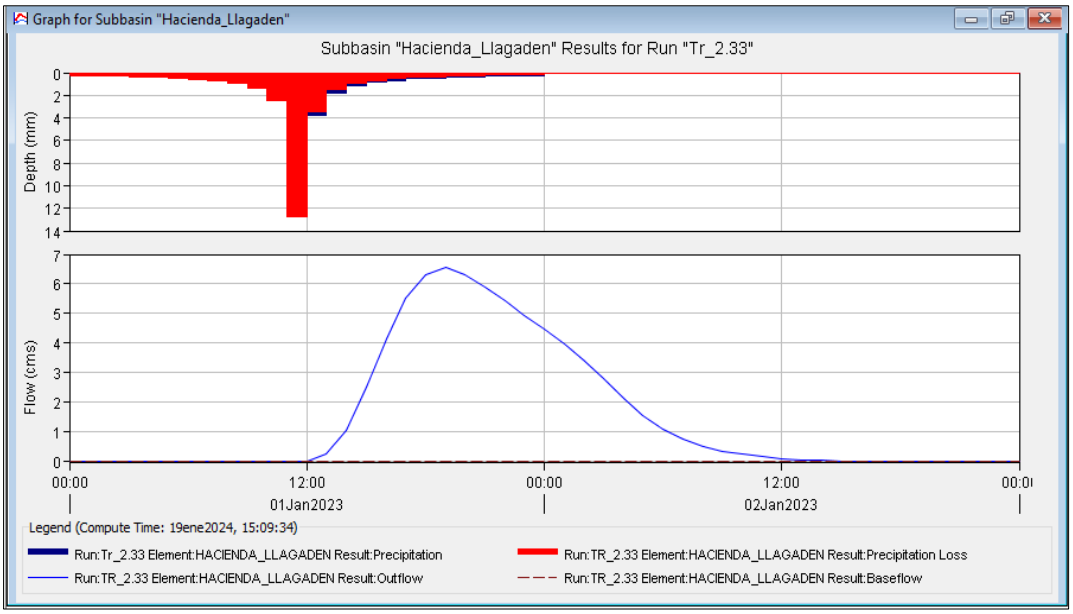


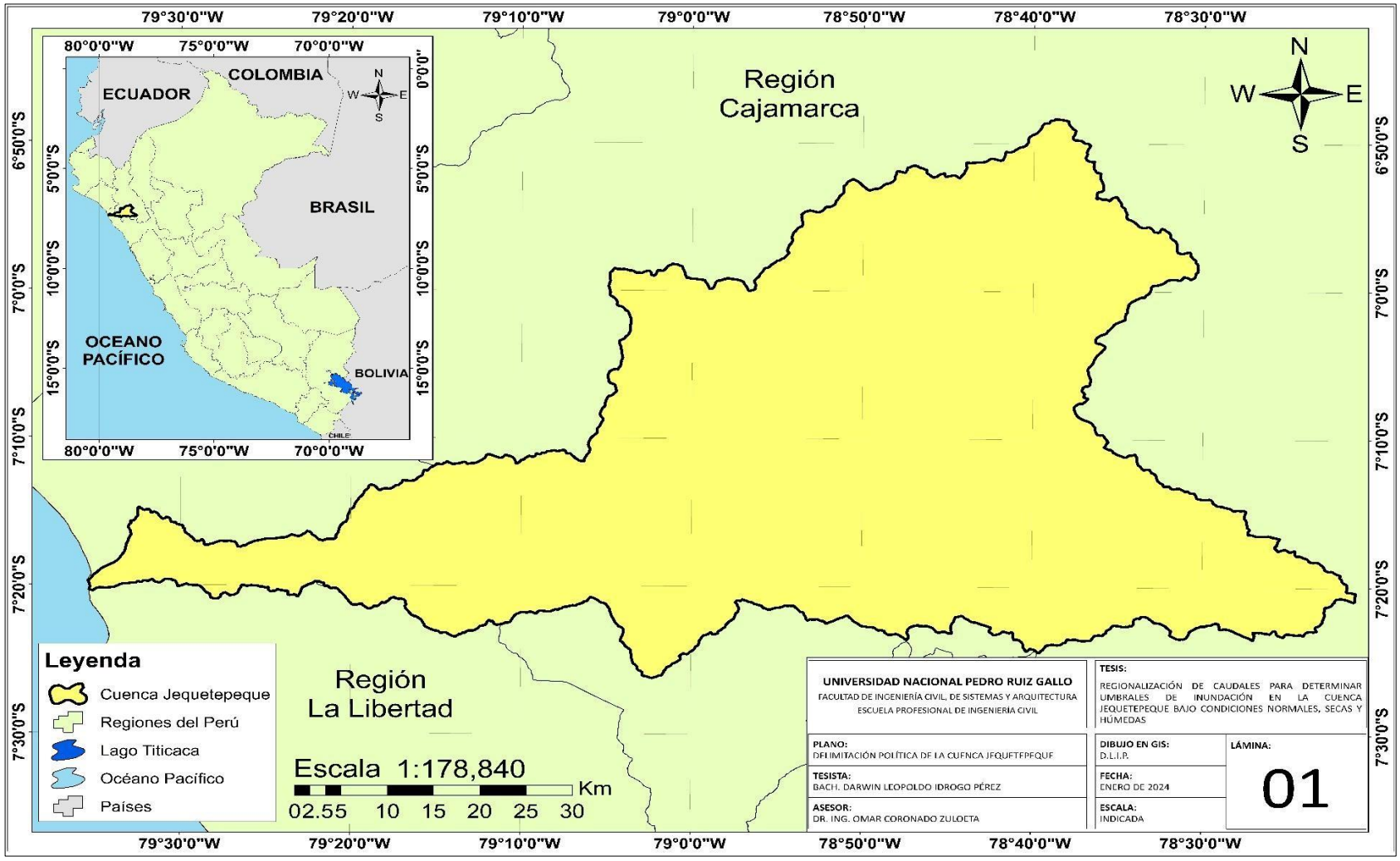
Figura 41F. Hidrograma de descarga para la estación climática Hacienda Llagaden

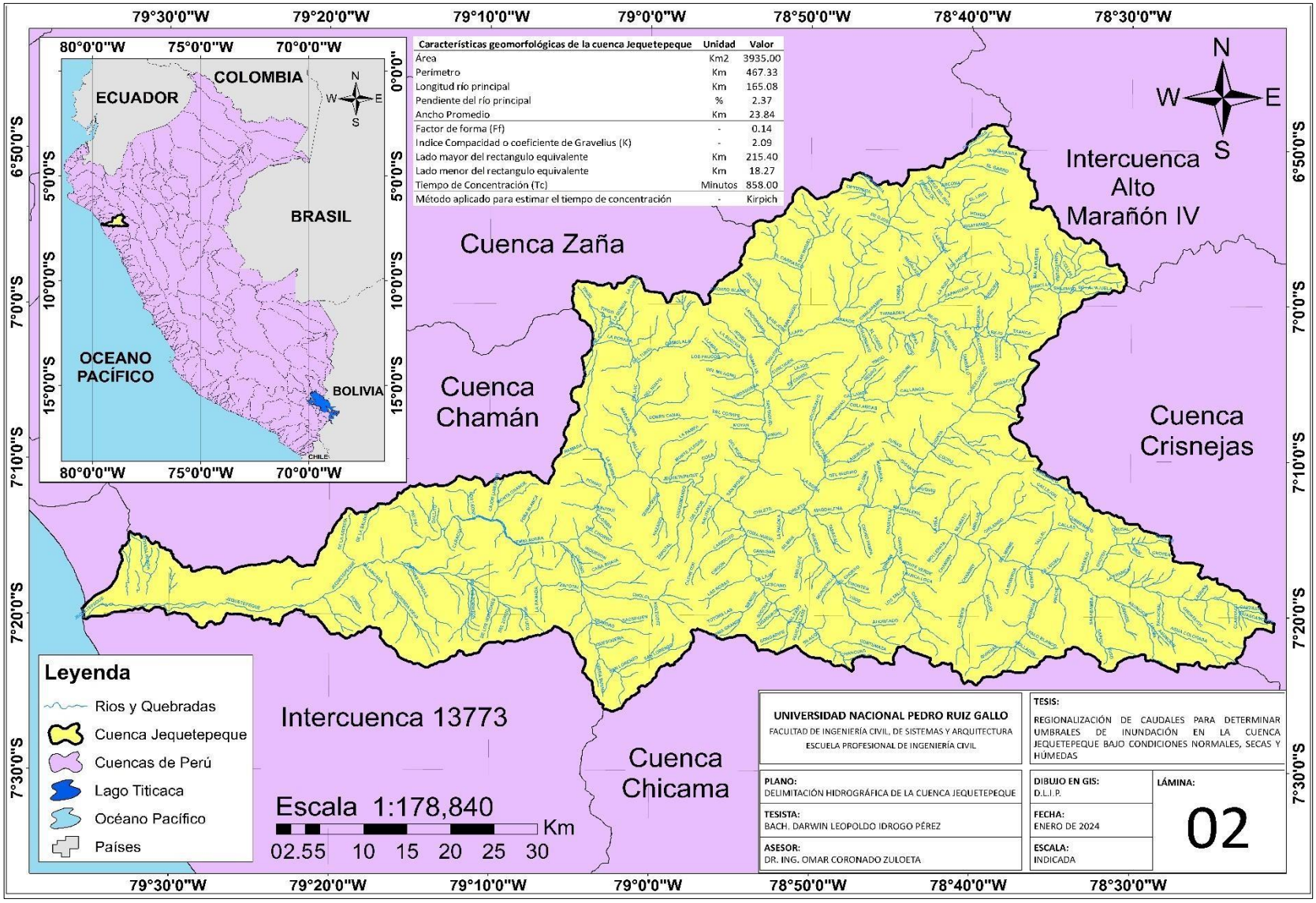
ANEXO G.- UMBRALES DE INUNDACIÓN EN LOS NIVELES MODERADO, FUERTE Y EXTREMO PARA LA CUENCA JEQUETEPEQUE

			Condiciones normales			Condiciones secas			Condiciones húmedas		
N°	Estación	Área (Km2)	Caudales máximos obtenidos con el modelamiento hidrológico			Caudales máximos obtenidos con el modelamiento hidrológico			Caudales máximos obtenidos con el modelamiento hidrológico		
			Tr = 2.33 años	Tr = 5 años	Tr = 10 años	Tr = 2.33 años	Tr = 5 años	Tr = 10 años	Tr = 2.33 años	Tr = 5 años	Tr = 10 años
1	Asunción	132.17	7.60	11.50	26.10	3.60	5.50	13.00	16.30	20.70	44.60
2	Chilete	399.24	14.30	20.30	37.60	6.50	9.30	17.60	25.00	34.90	63.60
3	Contumaza	275.30	2.70	9.70	56.60	1.20	4.50	28.50	5.60	18.90	51.80
4	Granja Porcón	305.91	6.70	12.70	36.40	2.80	5.50	16.80	11.50	21.30	57.00
5	Hacienda Llagaden	154.90	6.50	15.20	23.90	3.00	7.10	11.50	12.20	26.90	40.90
6	Lives	346.89	9.90	17.30	40.80	1.70	8.30	20.40	18.90	31.90	71.40
7	Llapa	200.32	3.40	8.00	20.10	1.50	3.80	9.80	6.30	14.50	34.70
8	Magdalena	344.70	19.50	27.80	48.50	9.10	13.10	23.60	37.20	51.70	86.20
10	Quebrada Honda	263.91	2.90	8.20	21.50	1.30	3.80	10.50	5.40	14.80	36.90
11	San Juan	156.94	7.70	14.10	27.80	3.60	6.70	13.60	14.30	24.90	46.80
12	San Miguel	155.95	4.90	12.80	28.30	2.30	6.10	14.10	8.60	21.70	45.20
13	San Pablo	283.62	5.10	11.20	24.30	2.30	4.40	11.30	9.80	20.80	43.10
14	Tembladera	485.42	4.30	13.50	69.60	1.90	7.20	32.70	8.30	25.20	46.40
Umbrales de inundación considerando el percentil 50 del diagrama de cajas			*6.50*	*12.80*	*28.30*	*2.30*	*6.10*	*14.10*	*11.50*	*21.70*	*46.40*

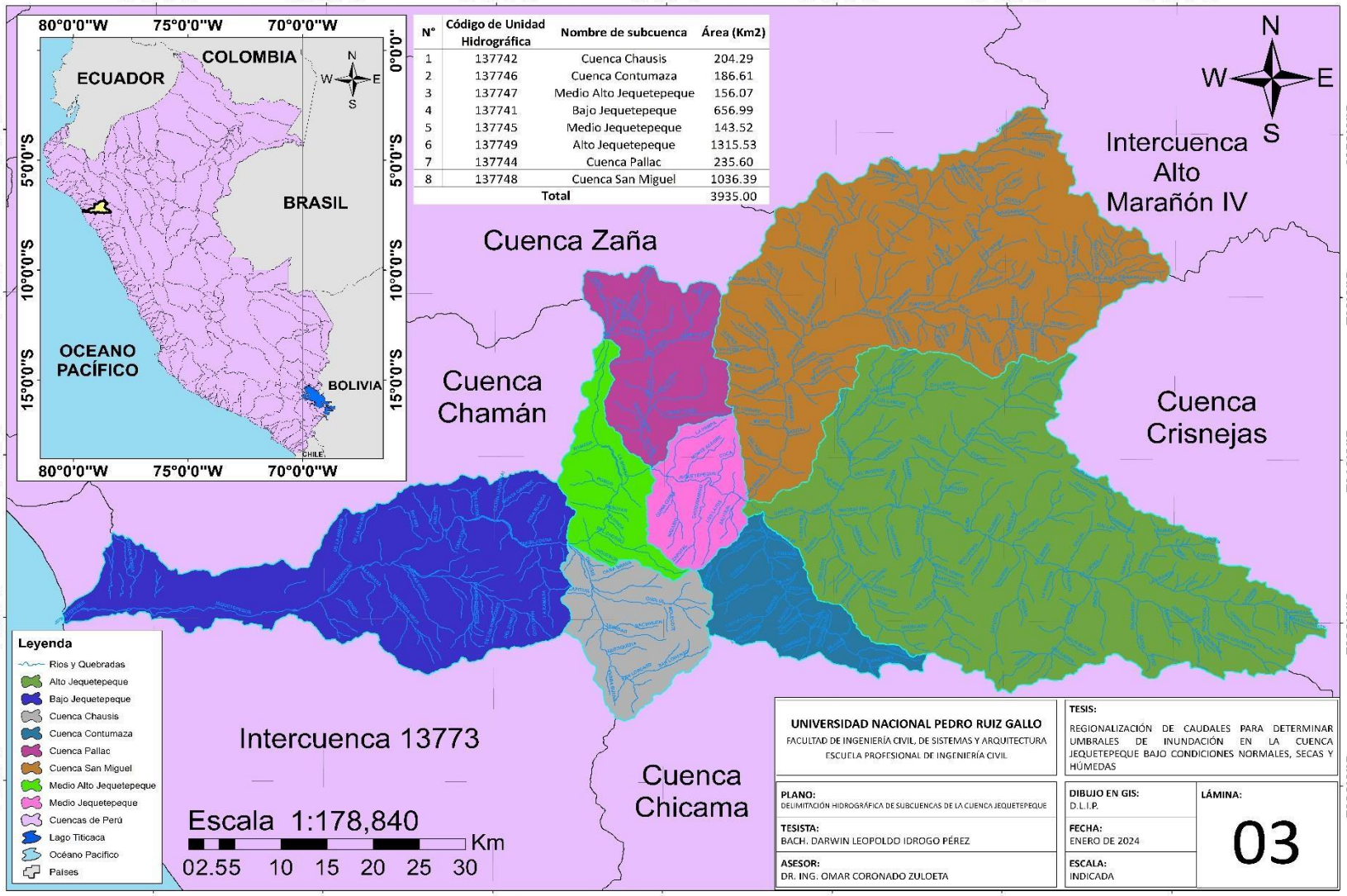
Nota: *Los valores sombreados de color amarillo, naranja y rojo, corresponden a los umbrales de inundación moderado, fuerte y extremo, según los períodos de retorno de 2.33 años, 5 años y 10 años, respectivamente.*

ANEXO G.- PLANOS

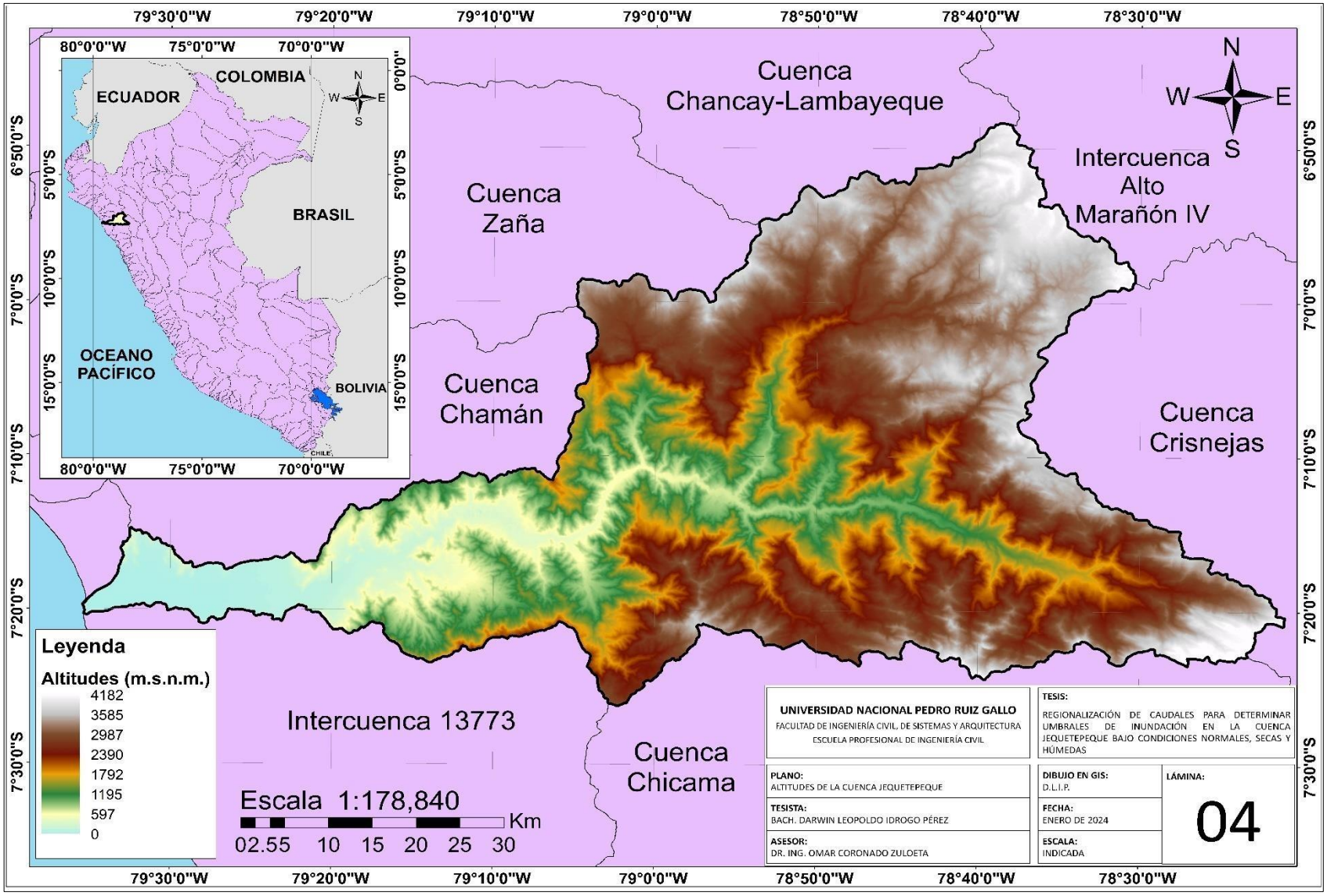


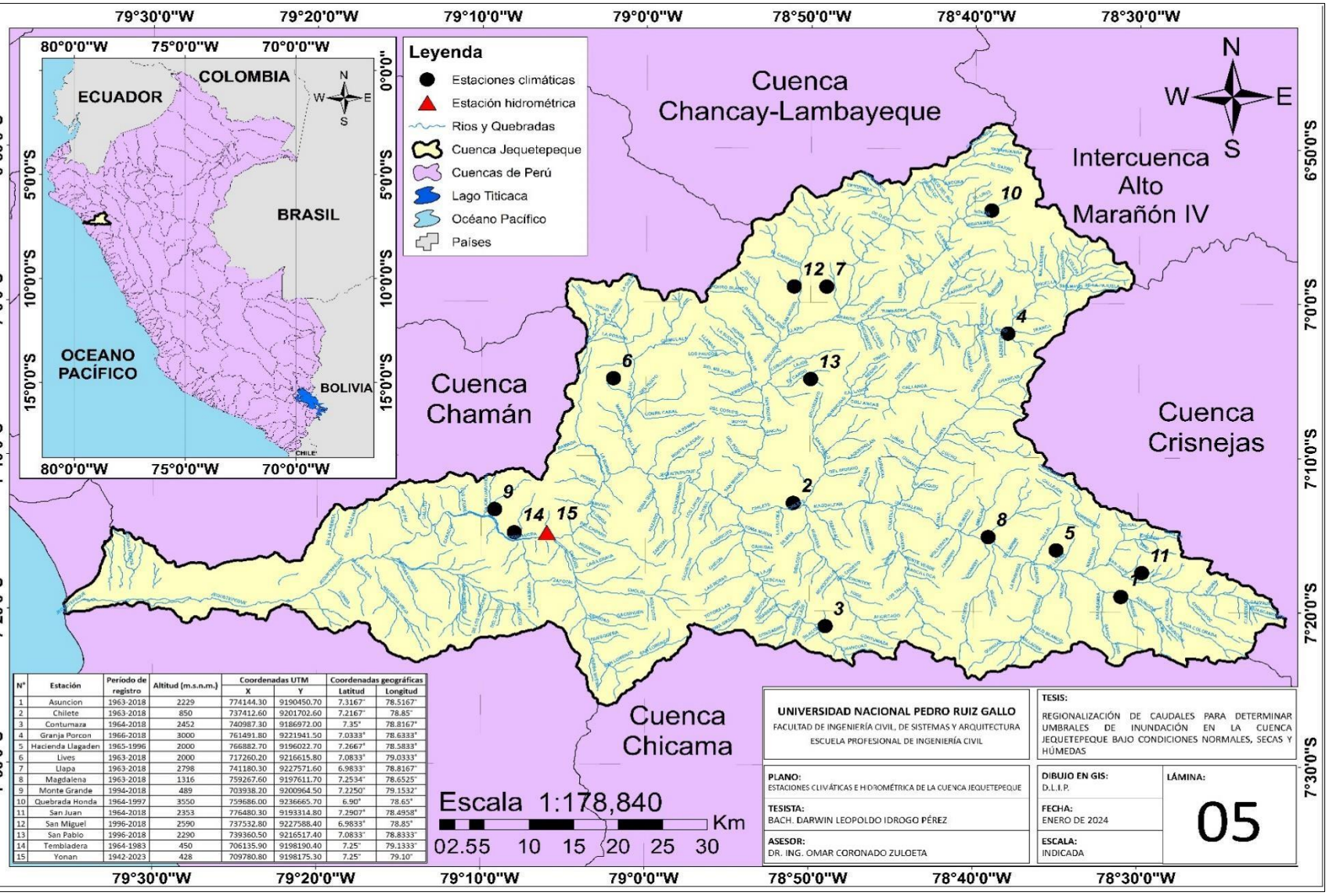


Características geomorfológicas de la cuenca Jequetepeque	Unidad	Valor
Área	Km2	3935.00
Perímetro	Km	467.33
Longitud río principal	Km	165.08
Pendiente del río principal	%	2.37
Ancho Promedio	Km	23.84
Factor de forma (Ff)	-	0.14
Indice Compacidad o coeficiente de Gravelius (K)	-	2.09
Lado mayor del rectangulo equivalente	Km	215.40
Lado menor del rectangulo equivalente	Km	18.27
Tiempo de Concentración (Tc)	Minutos	858.00
Método aplicado para estimar el tiempo de concentración	-	Kirpich



N°	Código de Unidad Hidrográfica	Nombre de subcuenca	Área (Km2)
1	137742	Cuenca Chausis	204.29
2	137746	Cuenca Contumaza	186.61
3	137747	Medio Alto Jequetepeque	156.07
4	137741	Bajo Jequetepeque	656.99
5	137745	Medio Jequetepeque	143.52
6	137749	Alto Jequetepeque	1315.53
7	137744	Cuenca Pallac	235.60
8	137748	Cuenca San Miguel	1036.39
		Total	3935.00


79°30'0"W
79°20'0"W
79°10'0"W
79°0'0"W
78°50'0"W
78°40'0"W
78°30'0"W
6°50'0"S
7°0'0"S
7°10'0"S
7°20'0"S
7°30'0"S
80°0'0"W
75°0'0"W
70°0'0"W
0°0'0"
5°0'0"S
10°0'0"S
15°0'0"S
ECUADOR
COLOMBIA
BRASIL
OCEANO PACÍFICO
BOLIVIA
CHILE
N
W
E
S
Cuenca Chancay-Lambayeque
Cuenca Zaña
Intercuenca Alto Marañón IV
Cuenca Chamán
Cuenca Crisnejas
Intercuenca 13773
Cuenca Chicama
Leyenda
Altitudes (m.s.n.m.)
4182
3585
2987
2390
1792
1195
597
0
Escala 1:178,840
Km
02.55 10 15 20 25 30
UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
TESIS:
REGIONALIZACIÓN DE CAUDALES PARA DETERMINAR UMBRALES DE INUNDACIÓN EN LA CUENCA JEQUETEPEQUE BAJO CONDICIONES NORMALES, SECAS Y HÚMEDAS
PLANO:
ALTITUDES DE LA CUENCA JEQUETEPEQUE
TESISTA:
BACH. DARWIN LEOPOLDO IDROGO PÉREZ
ASESOR:
DR. ING. OMAR CORONADO ZULOETA
DIBUJO EN GIS:
D.L.I.P.
FECHA:
ENERO DE 2024
ESCALA:
INDICADA
LÁMINA:
04



N°	Estación	Periodo de registro	Altitud (m.s.n.m.)	Coordenadas UTM		Coordenadas geográficas	
				X	Y	Latitud	Longitud
1	Asuncion	1963-2018	2229	774144.30	9190450.70	7.3167°	78.5167°
2	Chilete	1963-2018	850	737412.60	9201702.60	7.2167°	78.85°
3	Contumaza	1964-2018	2452	740987.30	9186972.00	7.35°	78.8167°
4	Granja Porcon	1966-2018	3000	761491.80	9221941.50	7.0333°	78.6333°
5	Hacienda Llagaden	1965-1996	2000	766882.70	9196022.70	7.2667°	78.5833°
6	Lives	1963-2018	2000	717260.20	9216615.80	7.0833°	79.0333°
7	Llapa	1963-2018	2798	741180.30	9227571.60	6.9833°	78.8167°
8	Magdalena	1963-2018	1316	759267.60	9197611.70	7.2534°	78.6525°
9	Monte Grande	1994-2018	489	703938.20	9200964.50	7.2250°	79.1532°
10	Quebrada Honda	1964-1997	3550	759686.00	9236665.70	6.90°	78.65°
11	San Juan	1964-2018	2353	776480.30	9193314.80	7.2907°	78.4958°
12	San Miguel	1996-2018	2590	737532.80	9227588.40	6.9833°	78.85°
13	San Pablo	1996-2018	2290	739360.50	9216517.40	7.0833°	78.8333°
14	Tembladera	1964-1983	450	706135.90	9198190.40	7.25°	79.1333°
15	Yonan	1942-2023	428	709780.80	9198175.30	7.25°	79.10°

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:
REGIONALIZACIÓN DE CAUDALES PARA DETERMINAR UMBRALES DE INUNDACIÓN EN LA CUENCA JEQUETEPEQUE BAJO CONDICIONES NORMALES, SECAS Y HÚMEDAS

PLANO:
ESTACIONES CLIMÁTICAS E HIDROMÉTRICA DE LA CUENCA JEQUETEPEQUE

TESISTA:
BACH. DARWIN LEOPOLDO IDROGO PÉREZ

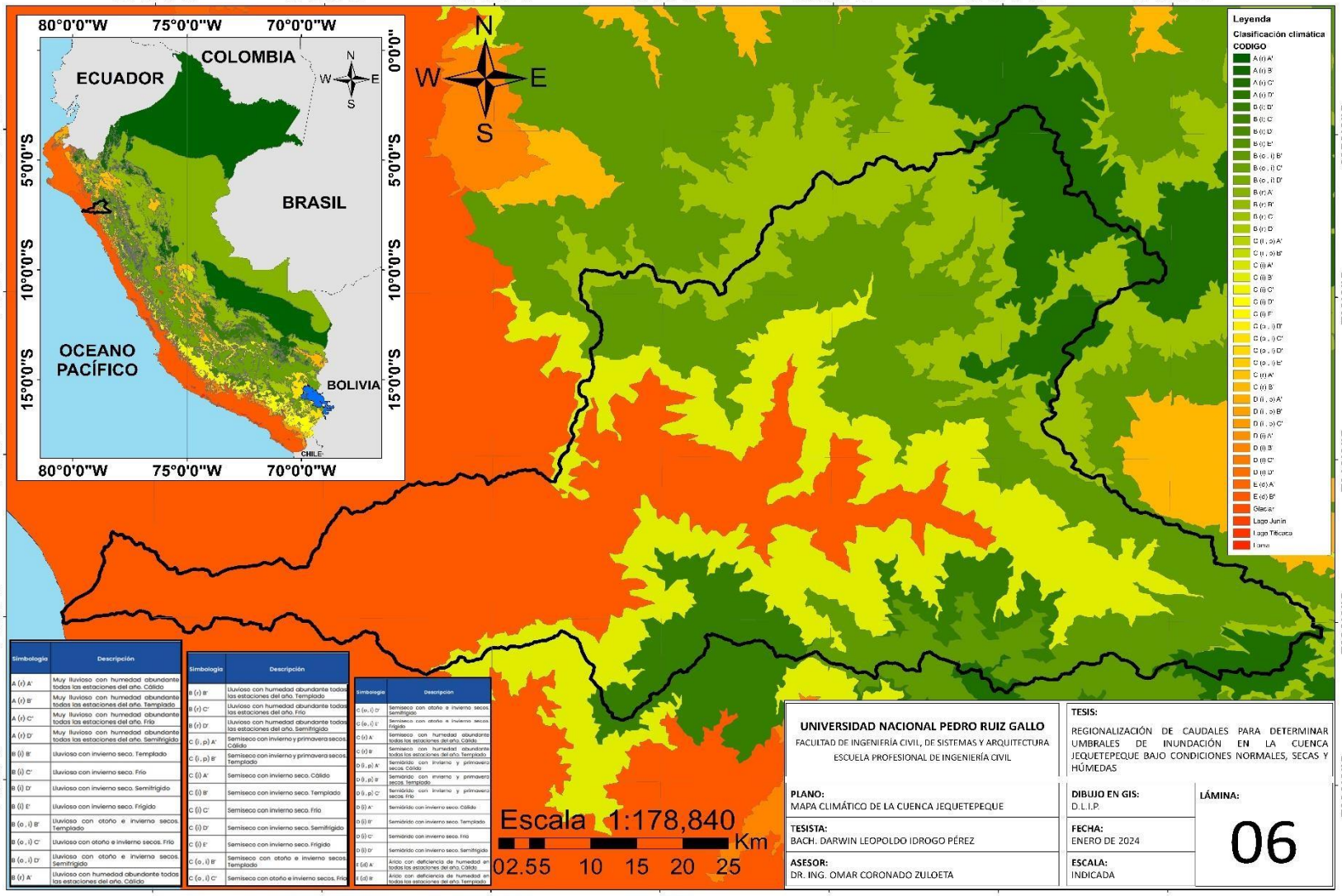
ASESOR:
DR. ING. OMAR CORONADO ZULOETA

DIBUJO EN GIS:
D.L.I.P.

FECHA:
ENERO DE 2024

ESCALA:
INDICADA

LÁMINA:
05



Simbologia	Descripción
A (r) A'	Muy lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año. Cálido
A (r) B'	Muy lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año. Templado
A (r) C'	Muy lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año. Frio
A (r) D'	Muy lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año. Semifrigido
B (i) B'	Lluvioso con invierno seco. Templado
B (i) C'	Lluvioso con invierno seco. Frio
B (i) D'	Lluvioso con invierno seco. Semifrigido
B (i) E'	Lluvioso con invierno seco. Frigido
B (o , i) B'	Lluvioso con otoño e invierno secos. Templado
B (o , i) C'	Lluvioso con otoño e invierno secos. Frio
B (o , i) D'	Lluvioso con otoño e invierno secos. Semifrigido
B (r) A'	Lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año. Cálido

Simbologia	Descripción
B (r) B'	Lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año. Templado
B (r) C'	Lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año. Frio
B (r) D'	Lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año. Semifrigido
C (i , p) A'	Semiseco con invierno y primavera secos. Cálido
C (i , p) B'	Semiseco con invierno y primavera secos. Templado
C (i) A'	Semiseco con invierno seco. Cálido
C (i) B'	Semiseco con invierno seco. Templado
C (i) C'	Semiseco con invierno seco. Frio
C (i) D'	Semiseco con invierno seco. Semifrigido
C (i) E'	Semiseco con invierno seco. Frigido
C (o , i) B'	Semiseco con otoño e invierno secos. Templado
C (o , i) C'	Semiseco con otoño e invierno secos. Frio

Simbologia	Descripción
C (o , i) D'	Semiseco con otoño e invierno secos. Semifrigido
C (o , i) E'	Semiseco con otoño e invierno secos. Frigido
C (r) A'	Semiseco con humedad abundante todas las estaciones del año. Cálido
C (r) B'	Semiseco con humedad abundante todas las estaciones del año. Templado
D (i , p) A'	Semiárido con invierno y primavera secos. Cálido
D (i , p) B'	Semiárido con invierno y primavera secos. Templado
D (i , p) C'	Semiárido con invierno y primavera secos. Frio
D (i) A'	Semiárido con invierno seco. Cálido
D (i) B'	Semiárido con invierno seco. Templado
D (i) C'	Semiárido con invierno seco. Frio
D (i) D'	Semiárido con invierno seco. Semifrigido
E (d) A'	Árido con deficiencia de humedad en todas las estaciones del año. Cálido
E (d) B'	Árido con deficiencia de humedad en todas las estaciones del año. Templado

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:
REGIONALIZACIÓN DE CAUDALES PARA DETERMINAR UMBRALES DE INUNDACIÓN EN LA CUENCA JEQUETEPEQUE BAJO CONDICIONES NORMALES, SECAS Y HÚMEDAS

PLANO:
MAPA CLIMÁTICO DE LA CUENCA JEQUETEPEQUE

DIBUJO EN GIS:
D.L.I.P.

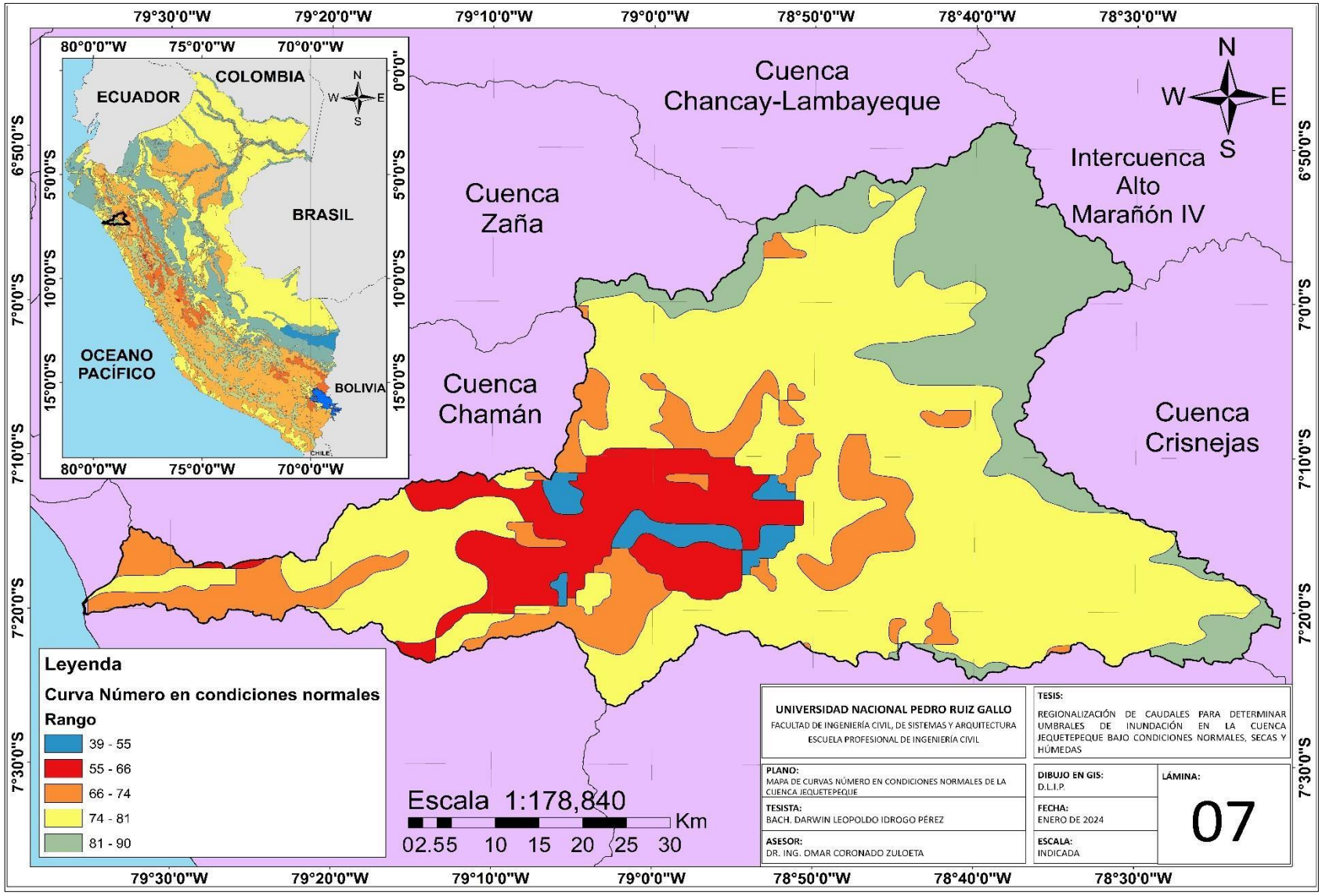
LÁMINA:
06

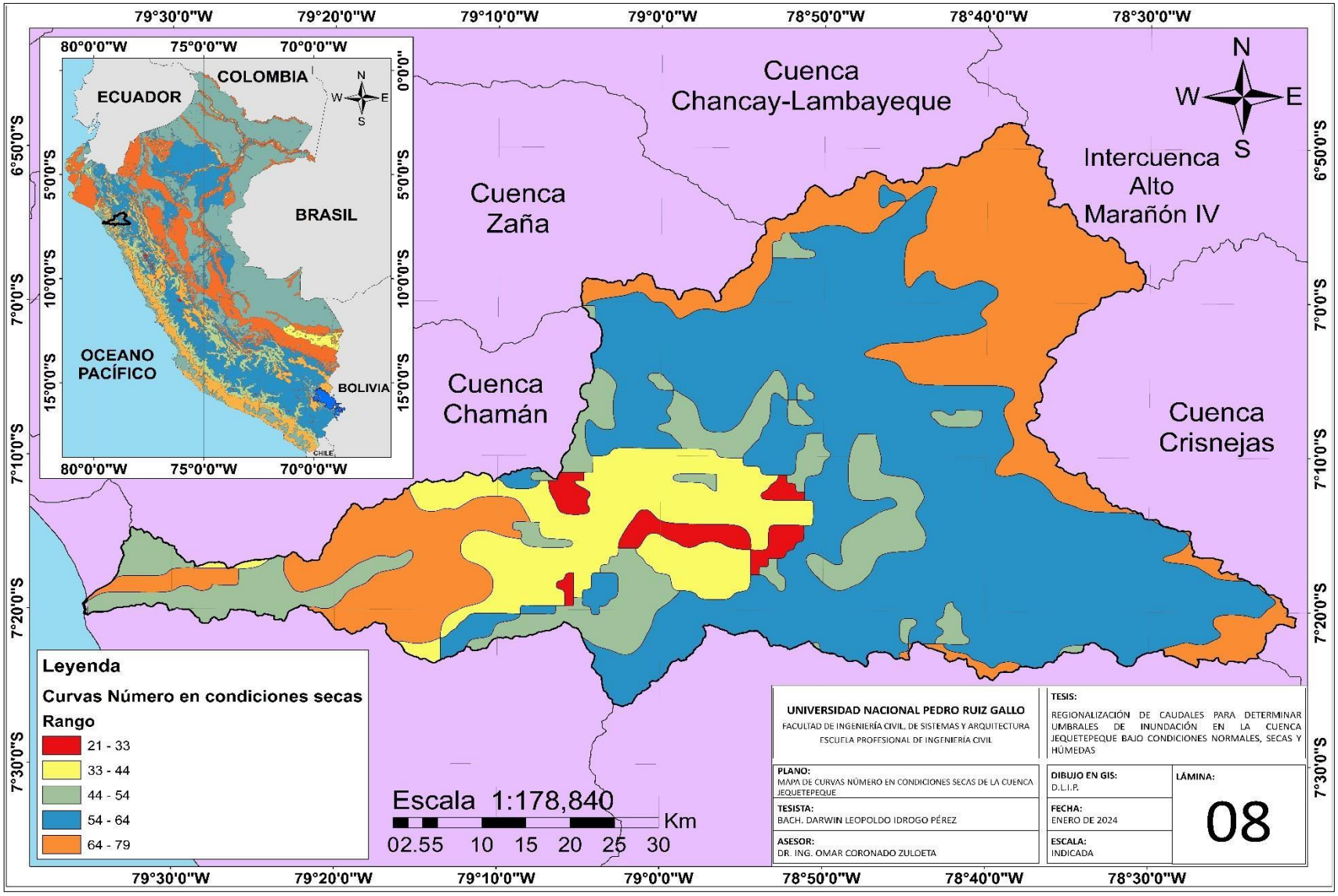
TESISTA:
BACH. DARWIN LEOPOLDO IDROGO PÉREZ

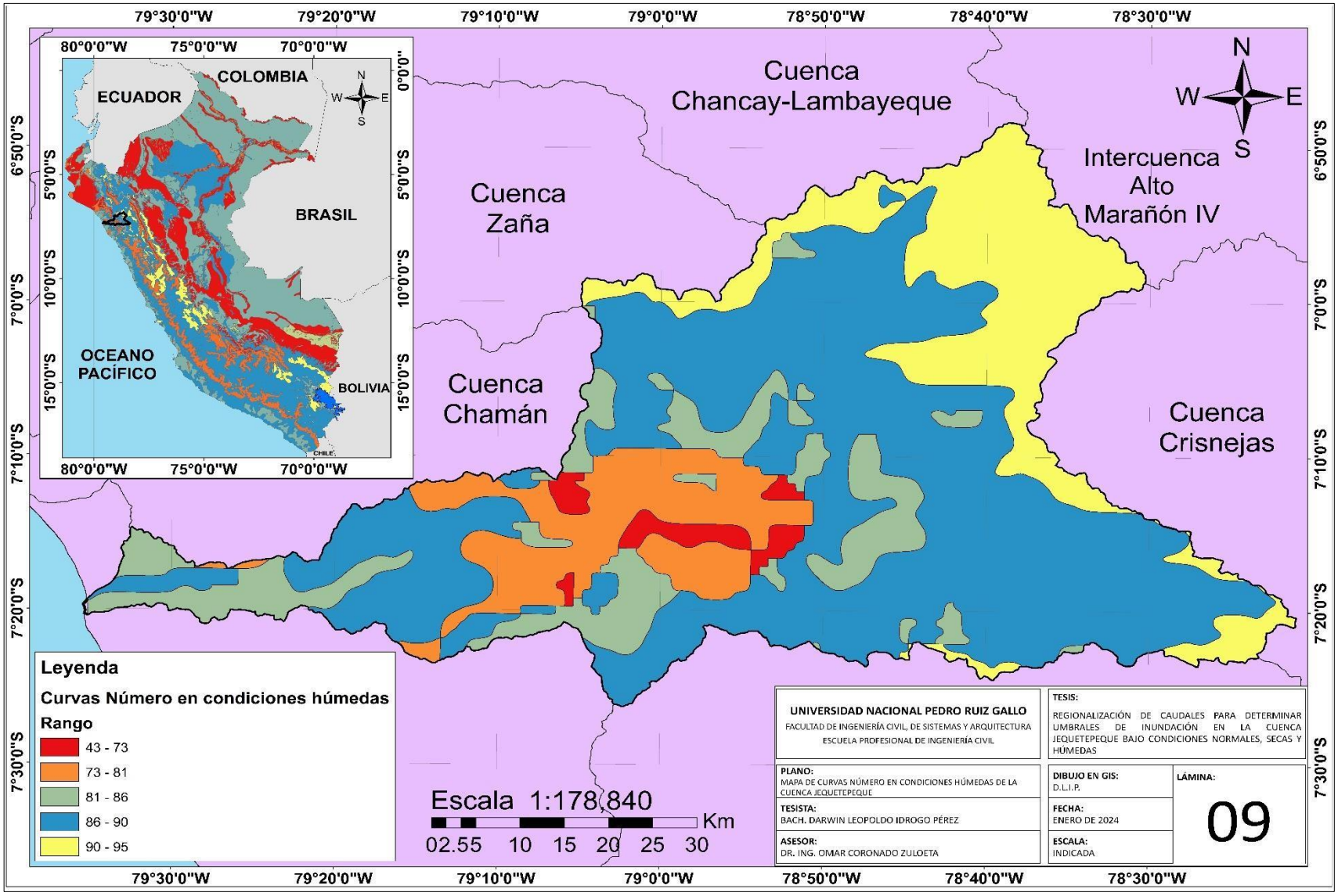
FECHA:
ENERO DE 2024

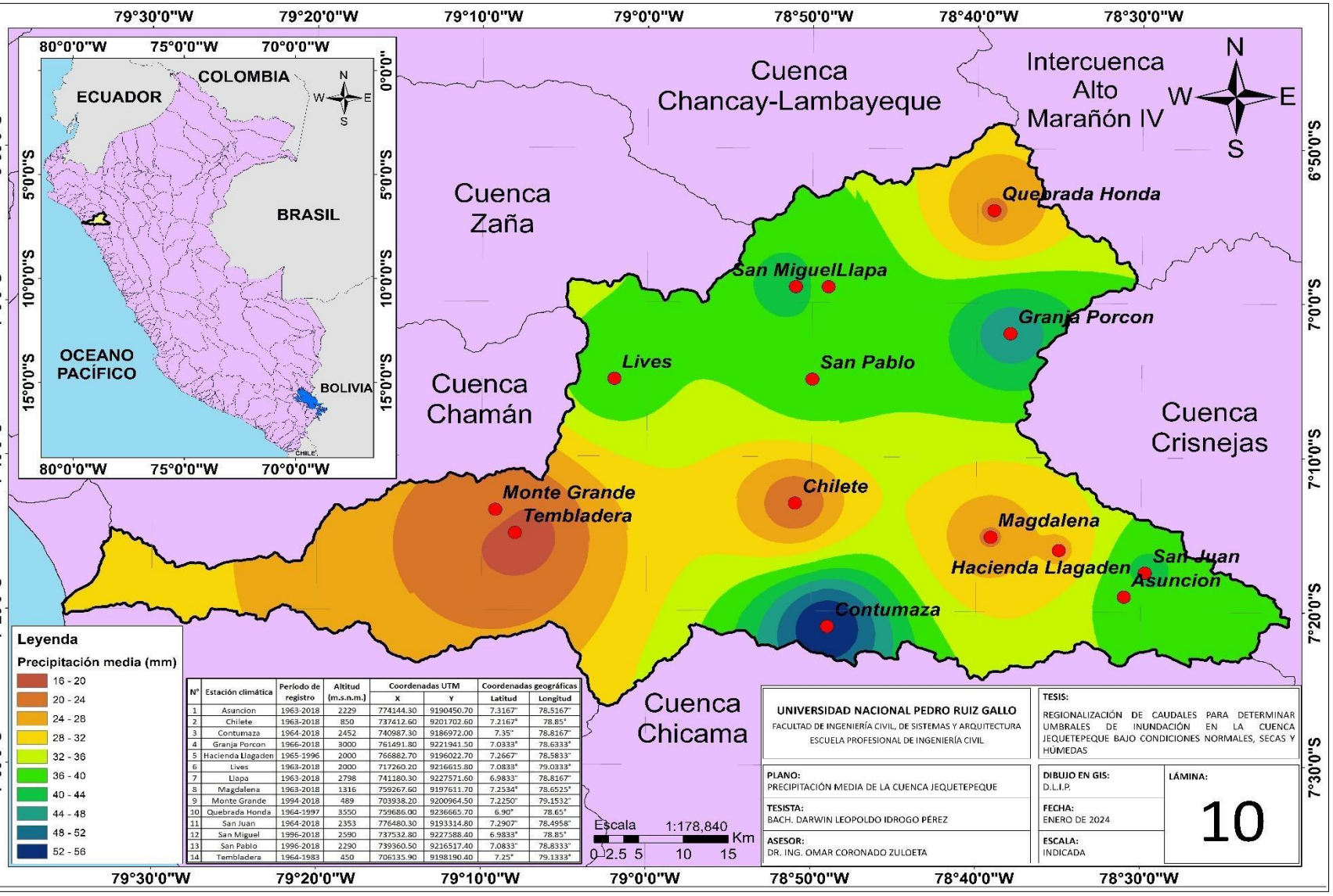
ASESOR:
DR. ING. OMAR CORONADO ZULOETA

ESCALA:
INDICADA


79°30'0"W
79°20'0"W
79°10'0"W
79°0'0"W
78°50'0"W
78°40'0"W
78°30'0"W
6°50'0"S
7°0'0"S
7°10'0"S
7°20'0"S
7°30'0"S
Cuenca Chancay-Lambayeque
Cuenca Zaña
Intercuenca Alto Marañón IV
Cuenca Chamán
Cuenca Crisnejas
N
W
E
S
80°0'0"W
75°0'0"W
70°0'0"W
0°0'0"
5°0'0"S
10°0'0"S
15°0'0"S
ECUADOR
COLOMBIA
BRASIL
OCEANO PACÍFICO
BOLIVIA
CHILE
Leyenda
Curva Número en condiciones normales
Rango
39 - 55
55 - 66
66 - 74
74 - 81
81 - 90
Escala 1:178,840
Km
02.55 10 15 20 25 30
UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
TESIS:
REGIONALIZACIÓN DE CAUDALES PARA DETERMINAR UMBRALES DE INUNDACIÓN EN LA CUENCA JEQUETEPEQUE BAJO CONDICIONES NORMALES, SECAS Y HÚMEDAS
PLANO:
MAPA DE CURVAS NÚMERO EN CONDICIONES NORMALES DE LA CUENCA JEQUETEPEQUE
DIBUJO EN GIS:
D.L.I.P.
LÁMINA:
07
TESISTA:
BACH. DARWIN LEOPOLDO IDROGO PÉREZ
FECHA:
ENERO DE 2024
ASESOR:
DR. ING. OMAR CORONADO ZULOETA
ESCALA:
INDICADA


79°30'0"W
79°20'0"W
79°10'0"W
79°0'0"W
78°50'0"W
78°40'0"W
78°30'0"W
6°50'0"S
7°0'0"S
7°10'0"S
7°20'0"S
7°30'0"S
80°0'0"W
75°0'0"W
70°0'0"W
0°0'0"
5°0'0"S
10°0'0"S
15°0'0"S
ECUADOR
COLOMBIA
BRASIL
OCEANO PACÍFICO
BOLIVIA
CHILE
N
W
E
S
Cuenca Chancay-Lambayeque
Cuenca Zaña
Intercuenca Alto Marañón IV
Cuenca Chamán
Cuenca Crisnejas
Leyenda
Curvas Número en condiciones secas
Rango
21 - 33
33 - 44
44 - 54
54 - 64
64 - 79
Escala 1:178,840
02.55 10 15 20 25 30
Km
UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
TESIS:
REGIONALIZACIÓN DE CAUDALES PARA DETERMINAR UMBRALES DE INUNDACIÓN EN LA CUENCA JEQUETEPEQUE BAJO CONDICIONES NORMALES, SECAS Y HÚMEDAS
PLANO:
MAPA DE CURVAS NÚMERO EN CONDICIONES SECAS DE LA CUENCA JEQUETEPEQUE
DIBUJO EN GIS:
D.L.I.P.
LÁMINA:
08
TESISTA:
BACH. DARWIN LEOPOLDO IDROGO PÉREZ
FECHA:
ENERO DE 2024
ASESOR:
DR. ING. OMAR CORONADO ZULOETA
ESCALA:
INDICADA


79°30'0"W
79°20'0"W
79°10'0"W
79°0'0"W
78°50'0"W
78°40'0"W
78°30'0"W
6°50'0"S
7°0'0"S
7°10'0"S
7°20'0"S
7°30'0"S
80°0'0"W
75°0'0"W
70°0'0"W
0°0'0"
5°0'0"S
10°0'0"S
15°0'0"S
ECUADOR
COLOMBIA
BRASIL
OCEANO PACÍFICO
BOLIVIA
CHILE
N
W
E
S
Cuenca Chancay-Lambayeque
Cuenca Zaña
Intercuenca Alto Marañón IV
Cuenca Chamán
Cuenca Crisnejas
Leyenda
Curvas Número en condiciones húmedas
Rango
43 - 73
73 - 81
81 - 86
86 - 90
90 - 95
Escala 1:178,840
Km
02.55 10 15 20 25 30
UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
TESIS:
REGIONALIZACIÓN DE CAUDALES PARA DETERMINAR UMBRALES DE INUNDACIÓN EN LA CUENCA JEQUETEPEQUE BAJO CONDICIONES NORMALES, SECAS Y HÚMEDAS
PLANO:
MAPA DE CURVAS NÚMERO EN CONDICIONES HÚMEDAS DE LA CUENCA JEQUETEPEQUE
TESISTA:
BACH. DARWIN LEOPOLDO IDROGO PÉREZ
ASESOR:
DR. ING. OMAR CORONADO ZULOETA
DIBUJO EN GIS:
D.L.I.P.
FECHA:
ENERO DE 2024
ESCALA:
INDICADA
LÁMINA:
09



N°	Estación climática	Período de registro	Altitud (m.s.n.m.)	Coordenadas UTM		Coordenadas geográficas	
				X	Y	Latitud	Longitud
1	Asuncion	1963-2018	2229	774144.30	9190450.70	7.3167°	78.5167°
2	Chilete	1963-2018	850	737412.60	9201702.60	7.2167°	78.85°
3	Contumaza	1964-2018	2452	740987.30	9186972.00	7.35°	78.8167°
4	Granja Porcon	1966-2018	3000	761491.80	9221941.50	7.0333°	78.6333°
5	Hacienda Llagaden	1965-1996	2000	766882.70	9196022.70	7.2667°	78.5833°
6	Lives	1963-2018	2000	717260.20	9216615.80	7.0833°	79.0333°
7	Llapa	1963-2018	2798	741180.30	9227571.60	6.9833°	78.8167°
8	Magdalena	1963-2018	1316	759267.60	9197611.70	7.2534°	78.6525°
9	Monte Grande	1994-2018	489	703938.20	9200964.50	7.2250°	79.1532°
10	Quebrada Honda	1964-1997	3550	759686.00	9236665.70	6.90°	78.65°
11	San Juan	1964-2018	2353	776480.30	9193314.80	7.2907°	78.4958°
12	San Miguel	1996-2018	2590	737532.80	9227588.40	6.9833°	78.85°
13	San Pablo	1996-2018	2290	739360.50	9216517.40	7.0833°	78.8333°
14	Tembladera	1964-1983	450	706135.90	9198190.40	7.25°	79.1333°

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:
REGIONALIZACIÓN DE CAUDALES PARA DETERMINAR UMBRALES DE INUNDACIÓN EN LA CUENCA JEQUETEPEQUE BAJO CONDICIONES NORMALES, SECAS Y HÚMEDAS

PLANO:
PRECIPITACIÓN MEDIA DE LA CUENCA JEQUETEPEQUE

TESISTA:
BACH. DARWIN LEOPOLDO IDROGO PÉREZ

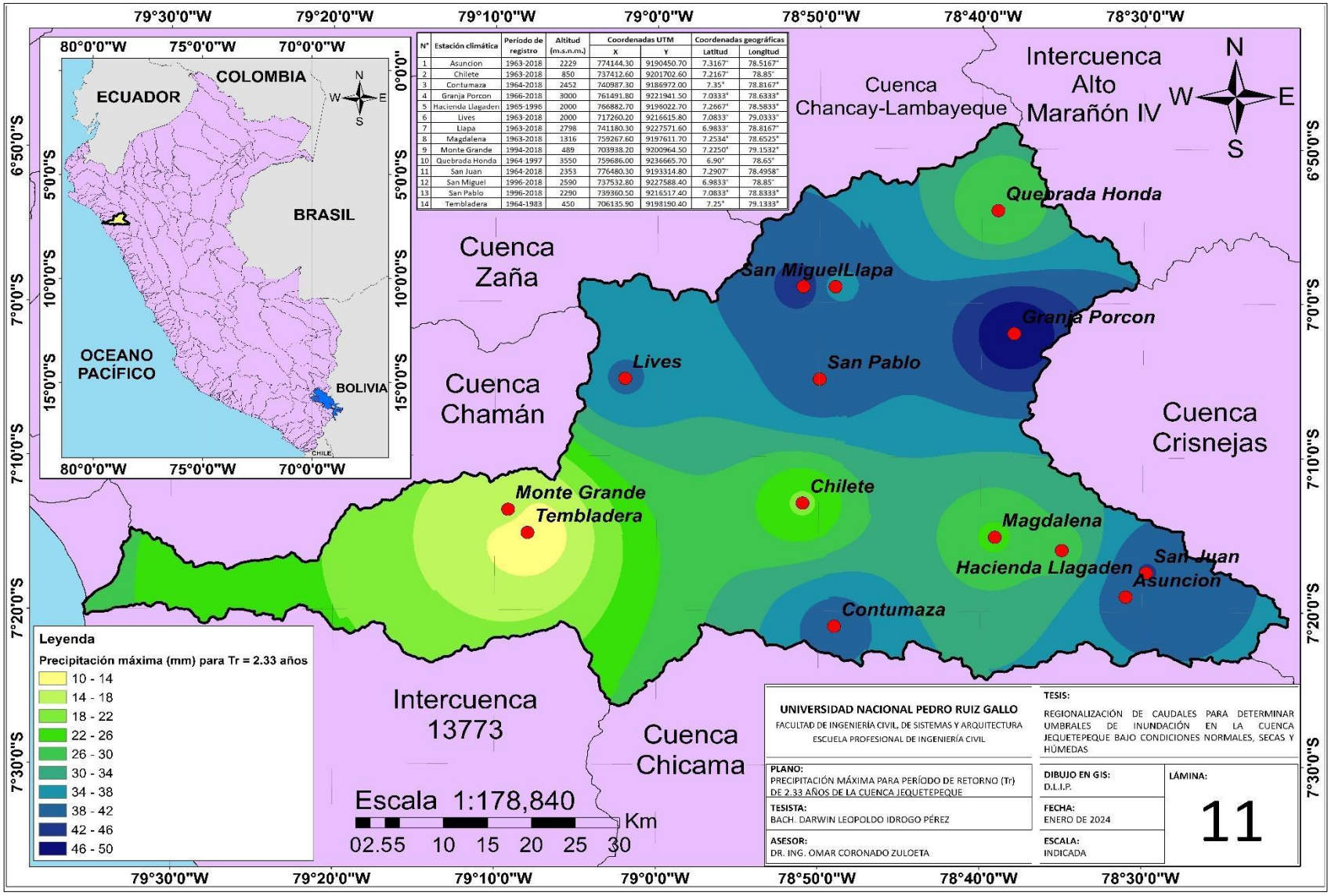
ASESOR:
DR. ING. OMAR CORONADO ZULOETA

DIBUJO EN GIS:
D.L.I.P.

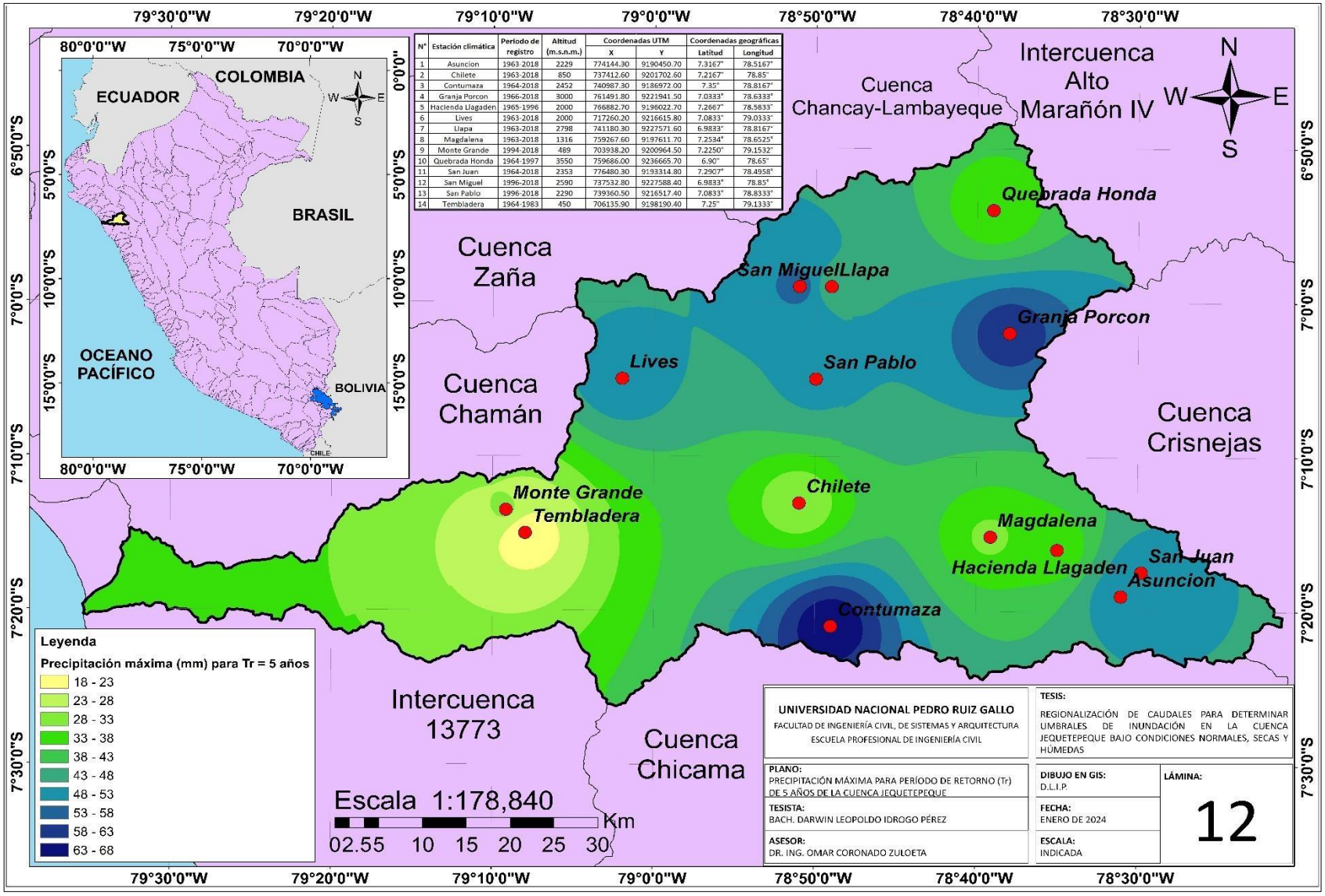
FECHA:
ENERO DE 2024

ESCALA:
INDICADA

LÁMINA:
10



N°	Estación climática	Período de registro	Altitud (m.s.n.m.)	Coordenadas UTM		Coordenadas geográficas	
				X	Y	Latitud	Longitud
1	Asuncion	1963-2018	2229	774144.30	9190450.70	7.3167°	78.5167°
2	Chilete	1963-2018	850	737412.60	9201702.60	7.2167°	78.85°
3	Contumaza	1964-2018	2452	740987.30	9186972.00	7.35°	78.8167°
4	Granja Porcon	1966-2018	3000	761491.80	9221941.50	7.0333°	78.6333°
5	Hacienda Llagaden	1965-1996	2000	766882.70	9196022.70	7.2667°	78.5833°
6	Lives	1963-2018	2000	717260.20	9216615.80	7.0833°	79.0333°
7	Llapa	1963-2018	2798	741180.30	9227571.60	6.9833°	78.8167°
8	Magdalena	1963-2018	1316	759267.60	9197611.70	7.2534°	78.6525°
9	Monte Grande	1994-2018	489	703938.20	9200964.50	7.2250°	79.1532°
10	Quebrada Honda	1964 1997	3550	759686.00	9236665.70	6.90°	78.65°
11	San Juan	1964-2018	2353	776480.30	9193314.80	7.2907°	78.4958°
12	San Miguel	1996-2018	2590	737532.80	9227588.40	6.9833°	78.85°
13	San Pablo	1996-2018	2290	739360.50	9216517.40	7.0833°	78.8333°
14	Tembladera	1964-1983	450	706135.90	9198190.40	7.25°	79.1333°



N°	Estación climática	Periodo de registro	Altitud (m.s.n.m.)	Coordenadas UTM		Coordenadas geográficas	
				X	Y	Latitud	Longitud
1	Asuncion	1963-2018	2229	774144.30	9190450.70	7.3167°	78.5167°
2	Chilete	1963-2018	850	737412.60	9201702.60	7.2167°	78.85°
3	Contumaza	1964-2018	2452	740987.30	9186972.00	7.35°	78.8167°
4	Granja Porcon	1966-2018	3000	761491.80	9221941.50	7.0333°	78.6333°
5	Hacienda Llagaden	1965-1996	2000	766882.70	9196022.70	7.2667°	78.5833°
6	Lives	1963-2018	2000	717260.20	9216615.80	7.0833°	79.0333°
7	Llapa	1963-2018	2798	741180.30	9227571.60	6.9833°	78.8167°
8	Magdalena	1963-2018	1316	759267.60	9197611.70	7.2534°	78.6525°
9	Monte Grande	1994-2018	489	703938.20	9200964.50	7.2250°	79.1532°
10	Quebrada Honda	1964-1997	3550	759686.00	9236665.70	6.90°	78.65°
11	San Juan	1964-2018	2353	776480.30	9193314.80	7.2907°	78.4958°
12	San Miguel	1996-2018	2590	737532.80	9227588.40	6.9833°	78.85°
13	San Pablo	1996-2018	2290	739360.50	9216517.40	7.0833°	78.8333°
14	Tembladera	1964-1983	450	706135.90	9198190.40	7.25°	79.1333°

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:
REGIONALIZACIÓN DE CAUDALES PARA DETERMINAR UMBRALES DE INUNDACIÓN EN LA CUENCA JEQUETEPEQUE BAJO CONDICIONES NORMALES, SECAS Y HÚMEDAS

PLANO:
PRECIPITACIÓN MÁXIMA PARA PERÍODO DE RETORNO (Tr) DE 5 AÑOS DE LA CUENCA JEQUETEPEQUE

DIBUJO EN GIS:
D.L.I.P.

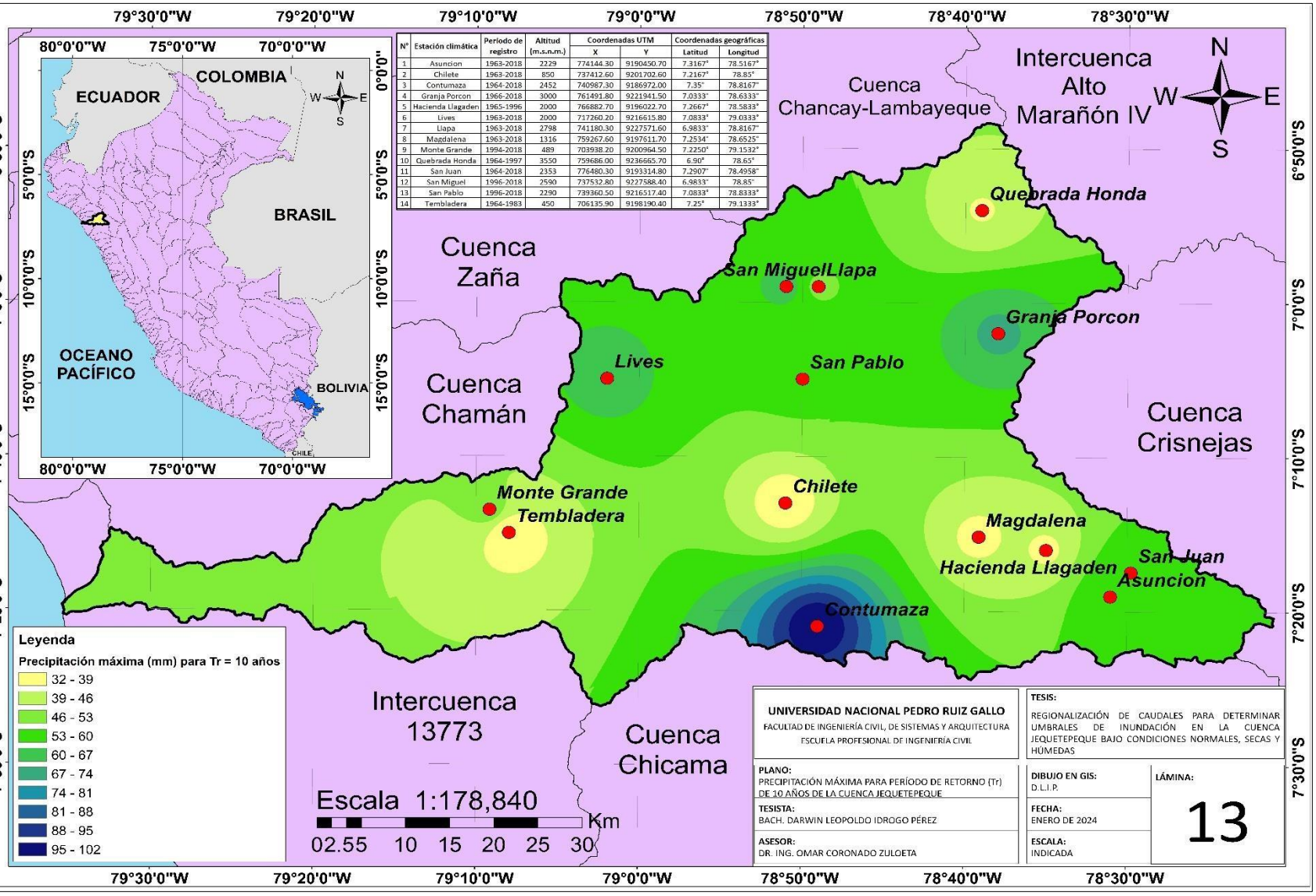
LÁMINA:
12

TESISTA:
BACH. DARWIN LEOPOLDO IDROGO PÉREZ

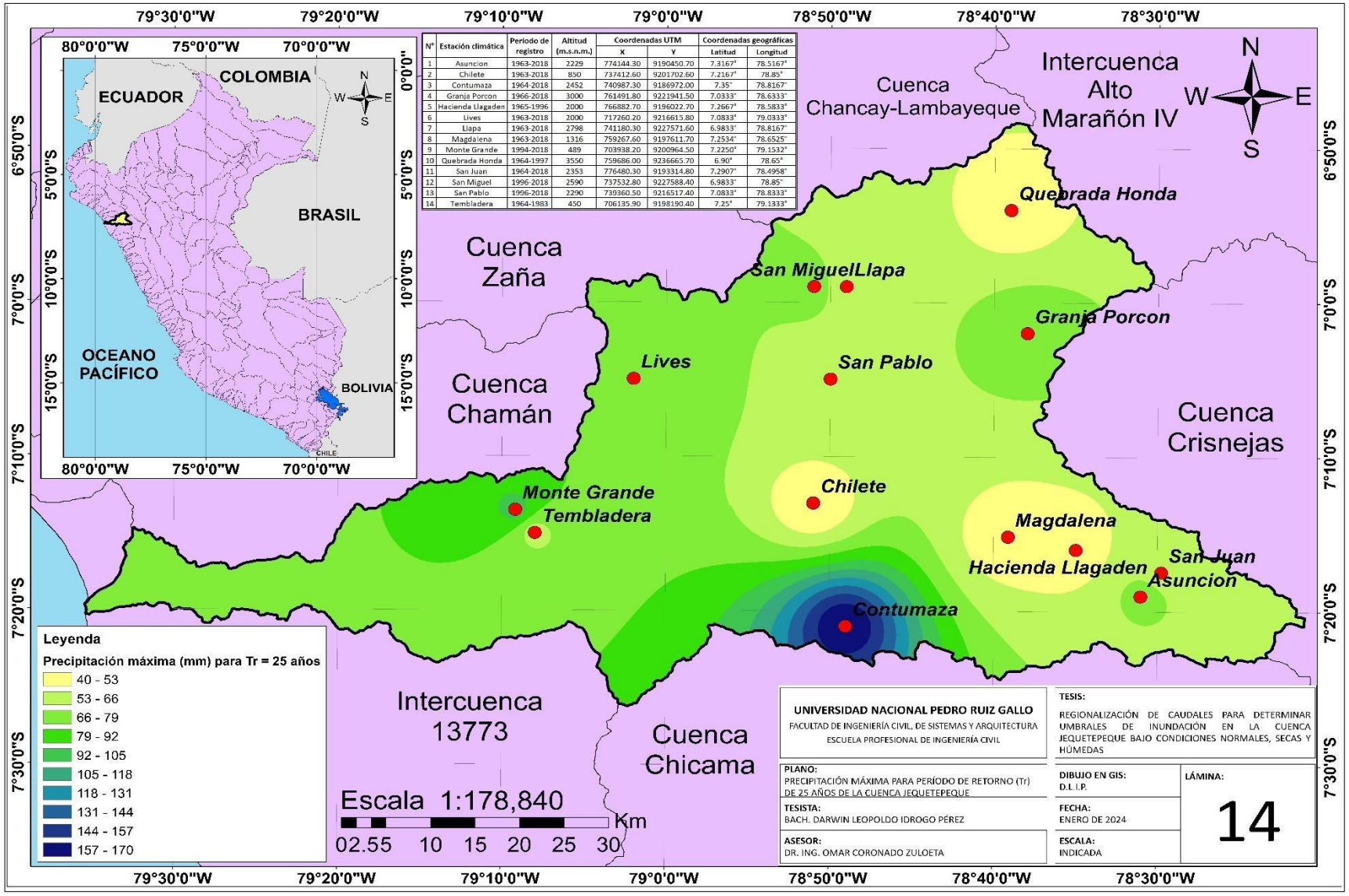
FECHA:
ENERO DE 2024

ASESOR:
DR. ING. OMAR CORONADO ZULOETA

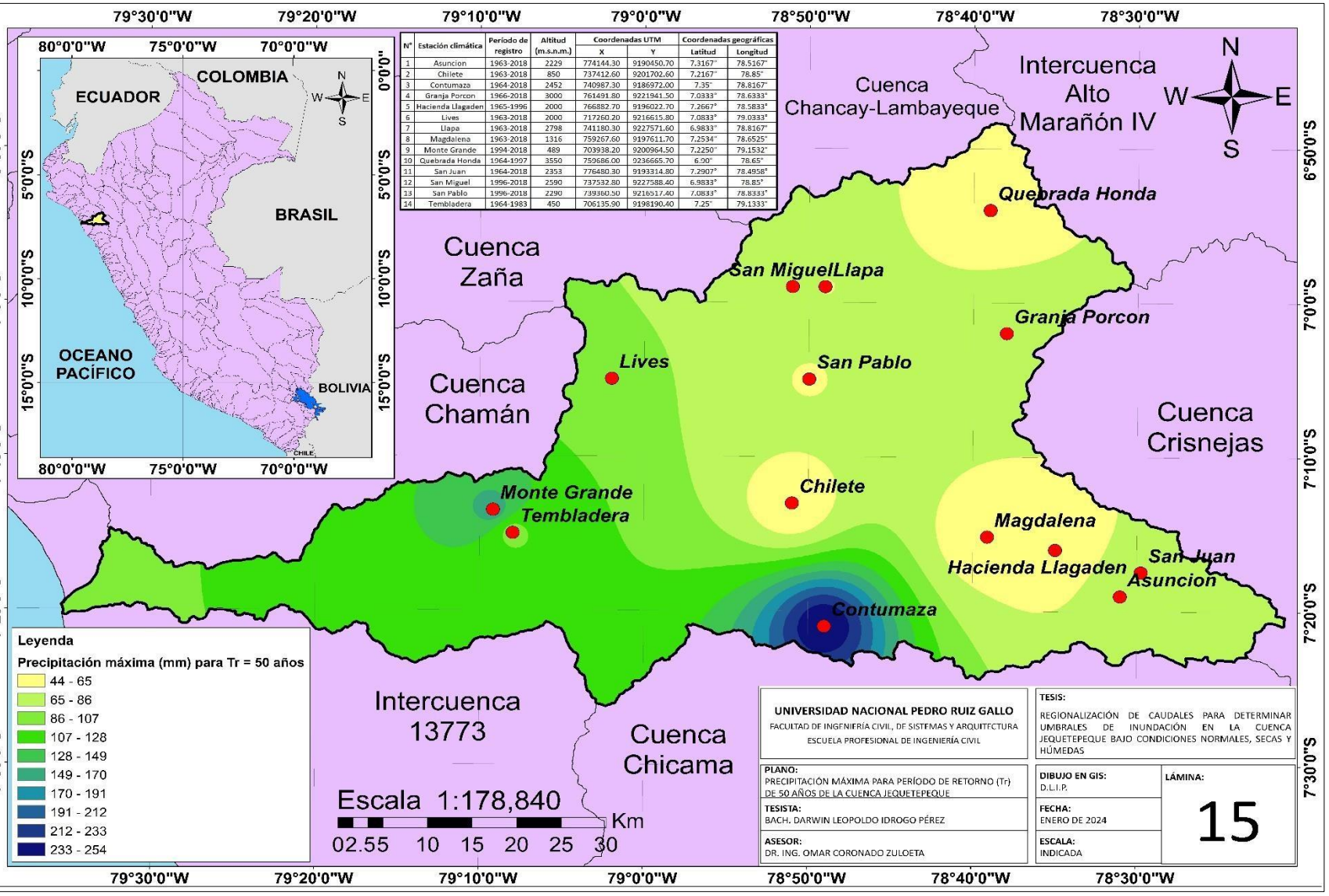
ESCALA:
INDICADA



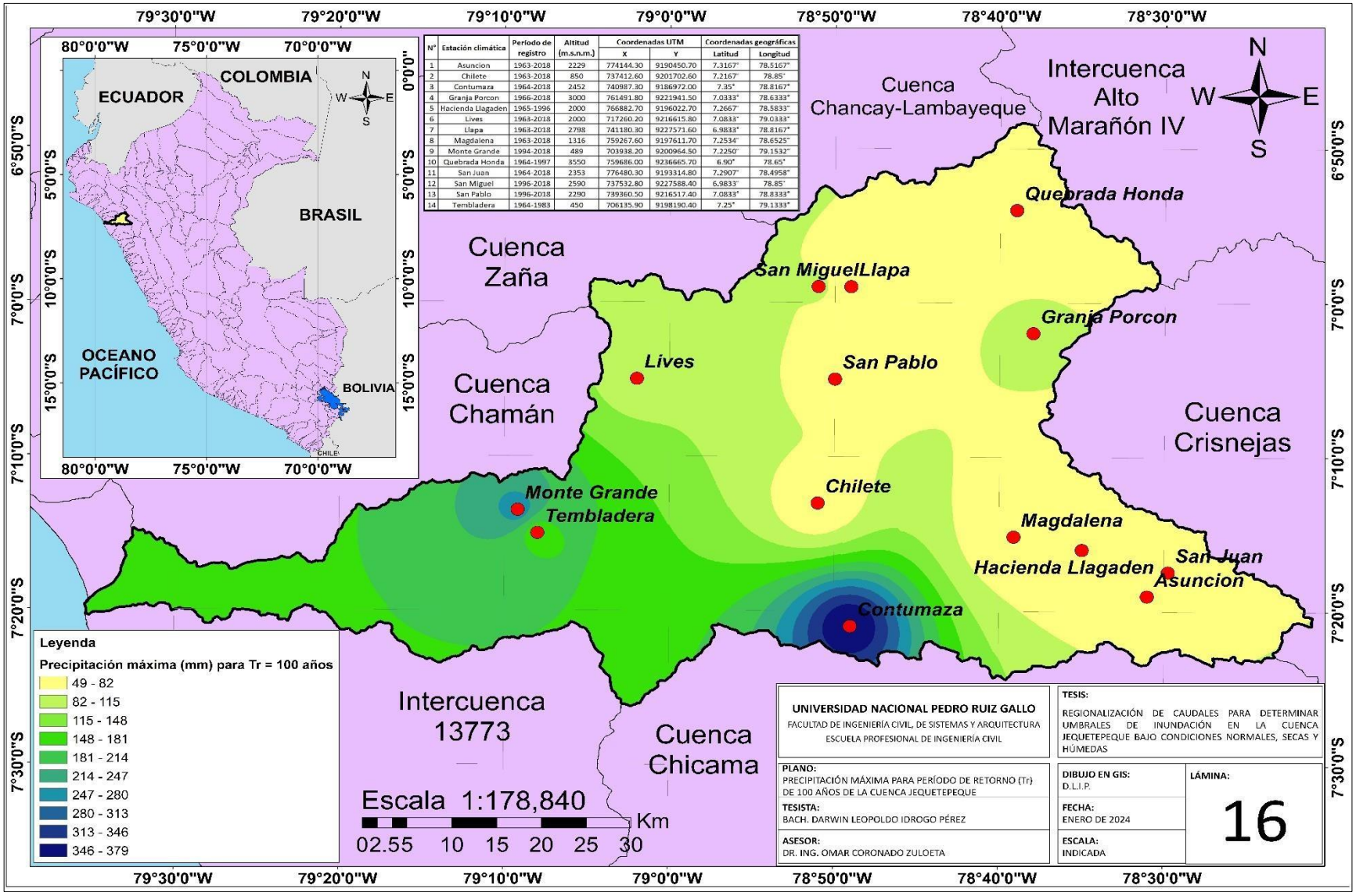
N°	Estación climática	Período de registro	Altitud (m.s.n.m.)	Coordenadas UTM		Coordenadas geográficas	
				X	Y	Latitud	Longitud
1	Asuncion	1963-2018	2229	774144.30	9190450.70	7.3167°	78.5167°
2	Chilete	1963-2018	850	737412.60	9201702.60	7.2167°	78.85°
3	Contumaza	1964-2018	2452	740987.30	9186972.00	7.35°	78.8167°
4	Granja Porcon	1966-2018	3000	761491.80	9221941.50	7.0333°	78.6333°
5	Hacienda Llagaden	1965-1996	2000	766882.70	9196022.70	7.2667°	78.5833°
6	Lives	1963-2018	2000	717260.20	9216615.80	7.0833°	79.0333°
7	Llapa	1963-2018	2798	741180.30	9227571.60	6.9833°	78.8167°
8	Magdalena	1963-2018	1316	759267.60	9197611.70	7.2534°	78.6525°
9	Monte Grande	1994-2018	489	703938.20	9200964.50	7.2250°	79.1532°
10	Quebrada Honda	1964-1997	3550	759686.00	9236665.70	6.90°	78.65°
11	San Juan	1964-2018	2353	776480.30	9193314.80	7.2907°	78.4958°
12	San Miguel	1996-2018	2590	737532.80	9227588.40	6.9833°	78.85°
13	San Pablo	1996-2018	2290	739360.50	9216517.40	7.0833°	78.8333°
14	Tembladera	1964-1983	450	706135.90	9198190.40	7.25°	79.1333°



N°	Estación climática	Periodo de registro	Altitud (m.s.n.m.)	Coordenadas UTM		Coordenadas geográficas	
				X	Y	Latitud	Longitud
1	Asuncion	1963-2018	2229	774144.30	9190450.70	7.3167°	78.5167°
2	Chilete	1963-2018	850	737412.60	9201702.60	7.2167°	78.85°
3	Contumaza	1964-2018	2452	740987.30	9186972.00	7.35°	78.8167°
4	Granja Porcon	1966-2018	3000	761491.80	9221941.50	7.0333°	78.6333°
5	Hacienda Llagaden	1965-1996	2000	766882.70	9196022.70	7.2667°	78.5833°
6	Lives	1963-2018	2000	717260.20	9216615.80	7.0833°	79.0333°
7	Llapa	1963-2018	2798	741180.30	9227571.60	6.9833°	78.8167°
8	Magdalena	1963-2018	1316	759267.60	9197611.70	7.2534°	78.6525°
9	Monte Grande	1994-2018	489	703938.20	9200964.50	7.2250°	79.1532°
10	Quebrada Honda	1964-1997	3550	759686.00	9236665.70	6.90°	78.65°
11	San Juan	1964-2018	2353	776480.30	9193314.80	7.2907°	78.4958°
12	San Miguel	1996-2018	2590	737532.80	9227588.40	6.9833°	78.85°
13	San Pablo	1996-2018	2290	739360.50	9216517.40	7.0833°	78.8333°
14	Tembladera	1964-1983	450	706135.90	9198190.40	7.25°	79.1333°



N°	Estación climática	Período de registro	Altitud (m.s.n.m.)	Coordenadas UTM		Coordenadas geográficas	
				X	Y	Latitud	Longitud
1	Asuncion	1963-2018	2229	774144.30	9190450.70	7.3167°	78.5167°
2	Chilete	1963-2018	850	737412.60	9201702.60	7.2167°	78.85°
3	Contumaza	1964-2018	2452	740987.30	9186972.00	7.35°	78.8167°
4	Granja Porcon	1966-2018	3000	761491.80	9221941.50	7.0333°	78.6333°
5	Hacienda Llagaden	1965-1996	2000	766882.70	9196022.70	7.2667°	78.5833°
6	Lives	1963-2018	2000	717260.20	9216615.80	7.0833°	79.0333°
7	Llapa	1963-2018	2798	741180.30	9227571.60	6.9833°	78.8167°
8	Magdalena	1963-2018	1316	759267.60	9197611.70	7.2534°	78.6525°
9	Monte Grande	1994-2018	489	703938.20	9200964.50	7.2250°	79.1532°
10	Quebrada Honda	1964-1997	3550	759686.00	9236665.70	6.90°	78.65°
11	San Juan	1964-2018	2353	776480.30	9193314.80	7.2907°	78.4958°
12	San Miguel	1996-2018	2590	737532.80	9227588.40	6.9833°	78.85°
13	San Pablo	1996-2018	2290	739360.50	9216517.40	7.0833°	78.8333°
14	Tembladera	1964-1983	450	706135.90	9198190.40	7.25°	79.1333°



N°	Estación climática	Período de registro	Altitud (m.s.n.m.)	Coordenadas UTM		Coordenadas geográficas	
				X	Y	Latitud	Longitud
1	Asuncion	1963-2018	2229	774144.30	9190450.70	7.3167°	78.5167°
2	Chilete	1963-2018	850	737412.60	9201702.60	7.2167°	78.85°
3	Contumaza	1964-2018	2452	740987.30	9186972.00	7.35°	78.8167°
4	Granja Porcon	1966-2018	3000	761491.80	9221941.50	7.0333°	78.6333°
5	Hacienda Llagaden	1965-1996	2000	766882.70	9196022.70	7.2667°	78.5833°
6	Lives	1963-2018	2000	717260.20	9216615.80	7.0833°	79.0333°
7	Llapa	1963-2018	2798	741180.30	9227571.60	6.9833°	78.8167°
8	Magdalena	1963-2018	1316	759267.60	9197611.70	7.2534°	78.6525°
9	Monte Grande	1994-2018	489	703938.20	9200964.50	7.2250°	79.1532°
10	Quebrada Honda	1964-1997	3550	759686.00	9236665.70	6.90°	78.65°
11	San Juan	1964-2018	2353	776480.30	9193314.80	7.2907°	78.4958°
12	San Miguel	1996-2018	2590	737532.80	9227588.40	6.9833°	78.85°
13	San Pablo	1996-2018	2290	739360.50	9216517.40	7.0833°	78.8333°
14	Tembladera	1964-1983	450	706135.90	9198190.40	7.25°	79.1333°

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE SISTEMAS Y DE ARQUITECTURA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

ACTA DE SUSTENTACIÓN
N° 142-2024-UI-FICSA

Siendo las 11:00 am del día 13 de junio del 2024, se reunieron los miembros de jurado de la Tesis titulada: **"REGIONALIZACIÓN DE CAUDALES PARA DETERMINAR UMBRALES DE INUNDACIÓN EN LA CUENCA JEQUETEPEQUE BAJO CONDICIONES NORMALES, SECAS Y HÚMEDAS."**, con código No **IC_V_2022_030**, y designado por Resolución Decanal Virtual N° 159-2024- UNPRG-FICSA con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la tesis profesional antes mencionado, conformado por los siguientes docentes:

DR. ING. JOSE DEL CARMEN ARBULU RAMOS	PRESIDENTE
DR. ING. HAMILTON VLADIMIR CUEVA CAMPOS	SECRETARIO
DRA. ING. YRMA DEL CARMEN CAPUÑAY CAPUÑAY	VOCAL

Asesorado por DR. ING. OMAR CORONADO ZULOETA

El acto de sustentación fue autorizado por **OFICIO VIRTUAL N° 098-2024-UIFICSA**, la Tesis fue presentada y sustentada por los Bachilleres: **DARWIN LEOPOLDO IDROGO PÉREZ**, tuvo una duración de 60 minutos Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado; se procedió a la calificación respectiva:

	NUMERO	LETRAS	CALIFICATIVO
DARWIN LEOPOLDO IDROGO PÉREZ	17	DIECISIETE	BUENO

Por lo que queda **APTO** para obtener el Título Profesional de **INGENIERO CIVIL** de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ingeniería Civil De Sistemas y de Arquitectura de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 12:00 am; del mismo día, se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto, con la firma de los miembros del jurado.

DR. ING. JOSE DEL CARMEN ARBULU RAMOS
PRESIDENTE

DR. ING. HAMILTON VLADIMIR CUEVA CAMPOS
SECRETARIO

DRA. ING. YRMA DEL CARMEN CAPUÑAY CAPUÑAY
VOCAL

DR. ING. OMAR CORONADO ZULOETA
ASESOR

Facultad de Ingeniería Sistemas y Arquitectura
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
DIRECTOR
U.N.P.R.G.

CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, **Omar Coronado Zuloeta**, Asesor de tesis del estudiante **Darwin Leopoldo Idrogo Pérez.**

Titulada:

"REGIONALIZACIÓN DE CAUDALES PARA DETERMINAR UMBRALES DE INUNDACIÓN EN LA CUENCA JEQUETEPEQUE BAJO CONDICIONES NORMALES, SECAS Y HÚMEDAS", luego de la revisión exhaustiva del documento constato que la misma tiene un índice de similitud de **19 %** verificable en el reporte de similitud del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Lambayeque, 29 de enero del 2024

.....

Omar Coronado Zuloeta

DNI N° 16802184

turnitin

Recibo digital

Este recibo confirma quesu trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	DARWIN LEOLPOLDO IDROGO PÉREZ
Título del ejercicio:	Evaluación Turnitin
Título de la entrega:	Tesis.pdf
Nombre del archivo:	Tesis.pdf
Tamaño del archivo:	3.12M
Total páginas:	65
Total de palabras:	14,799
Total de caracteres:	82,574
Fecha de entrega:	29-ene.-2024 12:11a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre...	2280912924

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA

"REGIONALIZACIÓN DE CAUDALES PARA DETERMINAR UMBRALES DE INUNDACIÓN EN LA CUENCA JEQUETEPEQUE BAJO CONDICIONES NORMALES, SECAS Y HÚMEDAS"

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Presentado por:

Bach. Idrogo Pérez Darwin Leopoldo

Asesor:

Dr. Ing. Omar Coronado Zuloeta

LAMBAYEQUE - PERÚ

2024

Derechos de autor 2024 Turnitin. Todos los derechos reservados.

DR. ING. OMAR CORONADO ZULOETA
DNI. 16802184

Tesis.pdf

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%	18%	5%	5%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	6%
2	pirhua.udep.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	1library.co Fuente de Internet	<1%
5	110.imcp.org.mx Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
7	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1%

DR. ING. OMAR CORONADO ZULOETA
DNI. 16802184