



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**“Generación de máximas avenidas en la sub cuenca Torococha  
empleando métodos hidrológicos, para diseño del puente  
Torococha, Juliaca, Puno, 2020”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

Flores Palomino, Víctor Raul (ORCID: 0000-0001-8445-0006)

**ASESOR:**

Dr. Ing. Muñiz Paucarmayta, Abel Alberto (ORCID: 0000-0002-1968-9122)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

LIMA – PERÚ

2020

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS.**

Por guiarme en el sendero correcto de la vida, además brindarme sabiduría, salud, paciencia, sapiencia y proseguir con mis ideales, objetivos, metas y luchar por el bienestar familiar.

### **A MI MADRE**

Candelaria Palomino Chahuares, por sus valiosos consejos, principios éticos, valores morales que la identifica, además de ser inspiración para seguir adelante.

### **A REYNA GUISELA.**

Mi esposa por el apoyo absoluto en todo momento y la ejecución de la presente tesis de investigación.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis parientes y amistades por su aliento y comprensión durante la ejecución de la presente tesis de investigación, ellos son la razón de superación y orgullo.

Al Dr. Abel Muñoz Paucarmayta, por el adiestramiento y recomendaciones brindados para la ejecución de la presente tesis de investigación.

Al SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología), por facilitarme información necesaria para la realización de la presente tesis.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA .....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vii
RESUMEN .....	x
ABSTRACT .....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. METODOLOGÍA .....	18
3.1. Tipo y Diseño de Investigación .....	18
3.1.1. Método: Científico.....	18
3.1.2. Tipo: Aplicada.....	18
3.1.3. Nivel: Explicativo.....	19
3.1.4. Diseño: .....	19
3.2. Variable y Operacionalización.....	19
3.2.1. Variable 1: Métodos hidrológicos.....	19
3.2.2. Variable 2: .....	20
3.2.3. Operacionalización de Variables .....	20
3.3. Población, Muestra, Muestreo y Unidad de Análisis .....	22
3.3.1. Población.....	22
3.3.2. Muestra.....	22
3.3.3. Muestreo.....	22
3.3.4. Unidad de análisis .....	22
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos .....	22
3.4.1. Técnicas: observación directa .....	22
3.4.2. Instrumentos.....	23

3.5. Procedimientos .....	24
3.5.1. Estudios previos. ....	24
3.5.2. Procesamiento de la información.....	25
3.6. Métodos de Análisis de Datos.....	40
3.6.1. Determinación de la máxima avenida de diseño, empleando el método del hidrograma unitario de Clark.....	40
3.6.2. Cálculo de la máxima avenida de diseño, aplicando el método del hidrograma unitario triangular SCS.....	41
3.6.3. Estimación de la máxima avenida de diseño, utilizando el método del hidrograma unitario de Snyder.....	42
3.6.4. Generación de máximas avenidas de diseño empleando métodos hidrológicos.....	42
3.7. Aspectos Éticos.....	42
IV. RESULTADOS .....	43
4.1. Determinación de la máxima avenida de diseño, empleando el método del hidrograma unitario de Clark.....	43
V. DISCUSIÓN.....	50
VI. CONCLUSIONES .....	52
VII. RECOMENDACIONES.....	53
REFERENCIAS:.....	54
ANEXOS: .....	57
Anexo 1. Matriz de consistencia .....	57
Anexo 2. Instrumentos de Investigación .....	58
Anexo 3. Memoria de cálculo.....	61
Anexo 4. Información pluviométrica.....	85
Anexo 5. Planos.....	94

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Valores extremos de riesgo admisible para proyectos de drenaje. ....	17
Tabla 2	Operacionalización de variables.....	21
Tabla 3	Valores o rango de interpretación de validez. ....	23
Tabla 4	Validez de contenido del instrumento de las variables: V1 métodos hidrológicos y V2 máximas avenidas. ....	23
Tabla 5	Interpretación de la confiabilidad según rango y magnitud.....	24
Tabla 6	Estaciones pluviométricas consideradas.....	25
Tabla 7	Parámetros geomorfológicos de las microcuencas W40, W50 y W60. ..	26
Tabla 8	Análisis de datos dudosos para las 8 estaciones pluviométricas. ....	27
Tabla 9	Precipitaciones máximas anuales en 24 horas. ....	28
Tabla 10	Nomenclatura, área y perímetro de las microcuencas. ....	29
Tabla 11	Precipitaciones máximas para distintos tiempos de retorno, estación Juliaca (mm).....	30
Tabla 12	Intensidades máximas para distintos tiempos de retorno, estación Juliaca (mm/h).....	30
Tabla 13	Intensidades de diseño para duraciones inferiores a 24 horas, estación Juliaca. ....	31
Tabla 14	Valores del hietograma de diseño T=140 años, estación Juliaca.....	32
Tabla 15	Valores de hietograma de diseño T=500 años, estación Juliaca.....	33
Tabla 16	Número de curva CN para la microcuenca W40. ....	34
Tabla 17	Número de curva CN para la microcuenca W50. ....	35
Tabla 18	Número de curva CN para la microcuenca W60. ....	35
Tabla 19	Parámetros del hidrograma unitario de Clark, tiempo de concentración y coeficiente de almacenamiento. ....	35
Tabla 20	Parámetros del hidrograma unitario del SCS, tiempo de retardo. ....	36
Tabla 21	Parámetros del hidrograma unitario de Snyder, tiempo de retardo de la cuenca y coeficiente pico de la cuenca. ....	36
Tabla 22	Valores de K y X, método Instituto Flumen, España. ....	40
Tabla 23	Máximas avenidas determinados a partir del hidrograma unitario de Clark en la sub cuenca Torococha T=140 años .....	44
Tabla 24	Máximas avenidas a partir del hidrograma unitario de Clark en la sub cuenca Torococha T=500 años.....	45
Tabla 25	Máximas avenidas calculados a partir del hidrograma unitario del SCS en la sub cuenca Torococha T=140 años. ....	46
Tabla 26	Máximas avenidas calculados a partir del hidrograma unitario de SCS en la subcuenca Torococha T=500 años. ....	47
Tabla 27	Máxima avenida estimados a partir del hidrograma unitario de Snyder en la subcuenca Torococha T=140 años. ....	48
Tabla 28	Máximas avenidas estimados a partir del hidrograma unitario de Snyder en la sub cuenca Torococha T=500 años. ....	49
Tabla 29	Resumen de máximas avenidas de diseño para distintos tiempos de retorno.....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Vista satelital del punto de interés.....	2
Figura 2 Punto de interés, se aprecia relleno y estrechamiento en el cauce por el pontón. ....	2
Figura 3 Esquema donde se muestran las partes de una cuenca hidrográfica. ....	9
Figura 4 Modelo del hidrograma unitario de Clark.....	10
Figura 5 Hidrograma Unitario Sintético triangular.....	11
Figura 6 Hidrograma unitario de Snyder. a) hidrograma unitario estándar (tp=5.5tr). b) hidrograma unitario requerido (tpr ≠ 5.5tr). ....	13
Figura 7 Almacenamientos por prisma y por cuña en un tramo de cauce.....	15
Figura 8 Riesgo de por lo menos una excedencia de diseño de vida útil. ....	17
Figura 9 Discretización de la sub cuenca del rio Torococha en microcuencas W40, W50 y W60.....	29
Figura 10 Curvas I.D.F para la estación Juliaca.....	31
Figura 11 Hietograma de tormenta de diseño para T=140 años. ....	32
Figura 12 Hietograma de tormenta de diseño para T=500 años. ....	33
Figura 13 Mapa números de curva CN, sub cuenca Rio Torococha Juliaca. ....	34
Figura 14 Hidrograma unitario determinado con el método de Clark T=140 años, microcuenca W40.....	37
Figura 15 Resumen de la simulación método de Clark T=140 años, microcuenca W40. ....	37
Figura 16 Hidrograma unitario determinado con el método de Clark T=140 años, microcuenca W50.....	38
Figura 17 Resumen de la simulación método de Clark T=140 años, microcuenca W50. ....	38
Figura 18 Hidrograma unitario determinado con el método de Clark T=140 años, microcuenca W60.....	39
Figura 19 Resumen de la simulación método de Clark T=140 años, microcuenca W60. ....	39
Figura 20 Hidrograma unitario de salida de Clark para T=140 años. ....	43
Figura 21 Hidrograma unitario de salida de Clark para T=500 años. ....	44
Figura 22 Hidrograma unitario de salida del SCS para T=140 años. ....	45
Figura 23 Hidrograma unitario de salida SCS para T=500 años. ....	46
Figura 24 Hidrograma unitario de salida de Snyder para T=140 años. ....	47
Figura 25 Hidrograma unitario de salida de Snyder T=500 años. ....	48
Figura 26 Hidrograma unitario determinado con el método de Clark T=500 años, microcuenca W40.....	70
Figura 27 Resumen de la simulación método de Clark T=500 años, microcuenca W40. ....	70
Figura 28 Hidrograma unitario determinado con el método de Clark T=500 años, microcuenca W50.....	71
Figura 29 Resumen de la simulación método de Clark T=500 años, microcuenca W50. ....	71

Figura 30 Hidrograma unitario determinado con el método de Clark T=500 años, microcuenca W60.....	72
Figura 31 Resumen de la simulación método de Clark T=500 años, microcuenca W60.....	72
Figura 32 Hidrograma unitario determinado con el método SCS, T=140 años, microcuenca W40.....	73
Figura 33 Resumen de la simulación método SCS, T=140 años, microcuenca W40.....	73
Figura 34 Hidrograma unitario determinado con el método SCS, T=140 años, microcuenca W50.....	74
Figura 35 Resumen de la simulación método SCS, T=140 años, microcuenca W50.....	74
Figura 36 Hidrograma unitario determinado con el método SCS, T=140 años, microcuenca W60.....	75
Figura 37 Resumen de la simulación método SCS, T=140 años, microcuenca W60.....	75
Figura 38 Hidrograma unitario determinado con el método SCS, T=500 años, microcuenca W40.....	76
Figura 39 Resumen de la simulación método SCS, T=500 años, microcuenca W40.....	76
Figura 40 Hidrograma unitario determinado con el método SCS, T=500 años, microcuenca W50.....	77
Figura 41 Resumen de la simulación método SCS, T=500 años, microcuenca W50.....	77
Figura 42 Hidrograma unitario determinado con el método SCS, T=500 años, microcuenca W60.....	78
Figura 43 Resumen de la simulación método SCS, T=500 años, microcuenca W60.....	78
Figura 44 Hidrograma unitario determinado con el método de Snyder, T=140 años, microcuenca W40.....	79
Figura 45 Resumen de la simulación método de Snyder, T=140 años, microcuenca W40.....	79
Figura 46 Hidrograma unitario determinado con el método de Snyder, T=140 años, microcuenca W50.....	80
Figura 47 Resumen de la simulación método de Snyder, T=140 años, microcuenca W50.....	80
Figura 48 Hidrograma unitario determinado con el método de Snyder, T=140 años, microcuenca W60.....	81
Figura 49 Resumen de la simulación método de Snyder, T=140 años, microcuenca W60.....	81
Figura 50 Hidrograma unitario determinado con el método de Snyder, T=500 años, microcuenca W40.....	82
Figura 51 Resumen de la simulación método de Snyder, T=500 años, microcuenca W40.....	82
Figura 52 Hidrograma unitario determinado con el método de Snyder, T=500 años, microcuenca W50.....	83



Figura 53 Resumen de la simulación método de Snyder, T=500 años, microcuenca W50.....	83
Figura 54 Hidrograma unitario determinado con el método de Snyder, T=500 años, microcuenca W60.....	84
Figura 55 Resumen de la simulación método de Snyder, T=500 años, microcuenca W60.....	84

## RESUMEN

La presente investigación titula “Generación de Máximas Avenidas en la sub cuenca Torococha empleando métodos hidrológicos, para diseño del puente Torococha, Juliaca, Puno, 2020” se fijó por objetivo: Generar máximas avenidas de diseño empleando métodos hidrológicos en la sub cuenca del río Torococha, como metodología se aplicó el método científico, del tipo aplicada, del nivel explicativo y diseño no experimental, los resultados obtenidos fueron: según el hidrograma unitario de Clark 34.90 m<sup>3</sup>/s para T=140 años, asimismo 53.60 m<sup>3</sup>/s para T=500 años, por otro lado empleando el hidrograma unitario SCS fue 49.80 m<sup>3</sup>/s y 76.60 m<sup>3</sup>/s para T=140 años y T=500 años respectivamente, además aplicando el hidrograma unitario de Snyder se obtuvieron caudales de 32.10 m<sup>3</sup>/s, 49.20 m<sup>3</sup>/s para T=140 años, T=500 años correspondientemente, se concluye que los caudales generados presentan variaciones en los resultados obtenidos entre un método y otro, por consiguiente estará a decisión de cada especialista elegir la máxima avenida de diseño y un método definido, sin embargo para el dimensionamiento del puente Torococha se recomienda emplear caudales generados a partir del hidrograma unitario de Clark, ya que en investigaciones realizadas según antecedentes, los resultados de dicho método se ajustaron eficientemente a los caudales máximos registrados hidrométricamente.

**Palabras clave:** métodos hidrológicos, máximas avenidas, esorrentía superficial, precipitación máxima en 24 horas.

## ABSTRACT

The present research entitled "Generation of Maximum Avenues in the Torococha sub-basin using hydrological methods, for the design of the Torococha bridge, Juliaca, Puno, 2020" was set as an objective: To generate maximum design floods using hydrological methods in the Torococha river sub-basin. As a methodology, the scientific method was applied, of the applied type, of the explanatory level and non-experimental design, the results obtained were: according to the Clark unit hydrograph 34.90 m<sup>3</sup> / s for T = 140 years, also 53.60 m<sup>3</sup> / s for T = 500 years, on the other hand using the SCS unit hydrograph it was 49.80 m<sup>3</sup> / s and 76.60 m<sup>3</sup> / s for T = 140 years and T = 500 years respectively, in addition, applying the Snyder unit hydrograph, flows of 32.10 m<sup>3</sup> / s, 49.20 m<sup>3</sup> were obtained / s for T = 140 years, T = 500 years correspondingly, it is concluded that the flows generated present variations in the results obtained between one method and another, consequently it will be up to the decision of each specialist and To choose the maximum design avenue and a defined method, however for the dimensioning of the Torococha bridge it is recommended to use flows generated from the Clark unit hydrograph, since in other investigations carried out according to antecedents, the results of said method were efficiently adjusted to the maximum flow rates recorded hydrometrically.

**Keywords:** hydrological methods, maximum floods, surface runoff, maximum rainfall in 24 hours.

## I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo a estudios realizados por la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), se conoce que la mayoría de los puentes que han colapsado en norteamérica y el resto del planeta, fueron a raíz de la socavación por presencia de máximas avenidas Rocha (2013).

Según las investigaciones de Smith (1976), realizados a 143 puentes, afirma que casi la mitad de las fallas fueron a causa de las grandes descargas, asimismo Wardhana & Hadipriono (2003) estudiaron 500 fallas suscitadas entre 1989 y 2000 en puentes de norteamérica, donde mostraron que el 53 % se presentó a causa de las avenidas y socavación.

En nuestro país estos eventos extremos máximos se presentaron en los fenómenos de El Niño, ocurridos en los años 1983 y 1998 respectivamente; en donde causaron daños considerables a la infraestructura hidráulica, es así que, en el año 1983, 55 puentes fueron afectados o destruidos, en el año 1998 existió 58 puentes arruinados Colegio de ingenieros del Perú (1998).

La experiencia mundial y nacional indican que la acción de las máximas avenidas es el origen fundamental de las fallas que acontecen en los puentes.

En consecuencia, el análisis de las máximas avenidas es primordial para el planteamiento y detalle de los puentes y por consiguiente la prevención de fallas de los mismos.

Las máximas avenidas son acontecimientos producidos por el aspecto eventual de las descargas de los cursos de agua, es decir, que cada crecida va agrupada a una posibilidad de suceso y son muy variables en el tiempo.

El sistema hidrológico del río Torococha en la coyuntura actual no cuenta con investigaciones referente a aspectos hidrológicos e hidráulicos, por otro lado, no se cuenta con información hidrométrica, en tal sentido, dado que no se tiene medición de caudales en el área de estudio, estas serán estimadas a partir de métodos hidrológicos lluvia-escorrentía-caudal.



*Figura 1* Vista satelital del punto de interés.



*Figura 2* Punto de interés, se aprecia relleno y estrechamiento en el cauce por el pontón.

En nuestro territorio peruano y a nivel mundial se presentaron máximas avenidas en los últimos cinco siglos, los cuales fueron muy destructivos, especialmente en materia de puentes.

En lo que respecta a la variable **métodos hidrológicos** se tienen: el hidrograma unitario de Clark, hidrograma unitario triangular SCS, hidrograma unitario de Snyder, estos métodos son los más empleados para estimar máximas avenidas de diseño en cuencas, se basan en que la cuenca actúa como un operador que transforma la precipitación en escorrentía y finalmente a caudal.

En cuanto a la variable **máximas avenidas** de diseño se ha empleado el método lluvia – escurrimiento – caudal, en vista de que en el área de estudio no existen mediciones hidrométricas, para lo cual se analizaron la precipitación, los métodos empleados y se obtuvieron los hidrogramas de crecidas para los distintos tiempos de retorno.

Para la generación de máximas avenidas de diseño es necesario enunciar el problema, fundamentando como **problema general**: ¿Cuánto es la máxima avenida de diseño, empleando métodos hidrológicos en la sub cuenca del río Torococha?, como problemas específicos; la **primera** ¿Cuánto es la máxima avenida de diseño, empleando el método del hidrograma unitario de Clark en la sub cuenca del río Torococha?; la **segunda** ¿Cuánto es la máxima avenida de diseño, empleando el método del hidrograma unitario triangular SCS en la sub cuenca del río Torococha?; y la **tercera** ¿Cuánto es la máxima avenida de diseño, utilizando el método del hidrograma unitario de Snyder en la sub cuenca del río Torococha?.

Prosiguiendo el orden del reciente modelo de tesis se tiene la justificación del problema; a partir del enfoque **teórico** es de que en la tesis se consigna la teoría de transformación lluvia-escorrentía-caudal, tal conjetura o teoría permite conocer la relación existente entre la respuesta hidrológica de la hoya hidrográfica y los parámetros morfométricos y físicos de la misma. Desde la perspectiva **práctica** los resultados de la investigación facilitarán en brindar datos para probabilidades de ocurrencias necesarias para el diseño del puente Torococha. posteriormente, en lo **metodológico**, en la presente tesis se recurre a la variable independiente “métodos hidrológicos” y su influencia en la variable dependiente “máximas avenidas”.

La investigación fijó como **objetivo general**: Generar máximas avenidas de diseño empleando métodos hidrológicos en la sub cuenca del río Torococha, como **objetivos específicos**: la **primera** Determinar la máxima avenida de diseño, empleando el método del hidrograma unitario de Clark en la sub cuenca del río Torococha; la **segunda** Calcular la máxima avenida de diseño, aplicando el método del hidrograma unitario triangular SCS en la sub cuenca del río Torococha; y la **tercera** Estimar la máxima avenida de diseño, utilizando el método del hidrograma unitario de Snyder en la sub cuenca del río Torococha.

Proyectado los problemas y precisado los objetivos se enuncia la hipótesis, asumiendo como **hipótesis general**: Se generan máximas avenidas de diseño, a partir de métodos hidrológicos en la sub cuenca del río Torococha; las **hipótesis específicas**: la **primera** Se determina la máxima avenida de diseño, empleando el método del hidrograma unitario de Clark en la sub cuenca del río Torococha; la **segunda** Se calcula la máxima avenida de diseño, aplicando el método del hidrograma unitario triangular SCS en la sub cuenca del río Torococha, la **tercera** Se puede estimar la máxima avenida de diseño, utilizando el método del hidrograma unitario de Snyder en la sub cuenca del río Torococha.

## II. MARCO TEÓRICO

En el Perú se realizaron estudios de acontecimientos hidrológicos intensos y sus efectos. En seguida, se describen cinco de estos estudios ejecutados en el medio nacional.

Avellaneda y Montalvo (2019) en el trabajo de tesis de grado titulado “Análisis comparativo de los métodos Racional modificado Témez, Hidrogramas unitarios SCS, Clark y Snyder en la obtención de caudales máximos para las subcuencas Cañad y Alto Chancay Lambayeque – Cuenca Chancay Lambayeque”, fijó como **objetivos** realizar un análisis comparativo de cuatro métodos, para obtener caudales máximos, para las sub cuencas Cañad y Alto Chancay Lambayeque, para obtener los hidrogramas unitarios emplearon métodos hidrológicos calculados a partir del software HEC HMS, por otro lado aplicando **métodos** estadísticos con los datos registrados en la estación hidrométrica Cirato se calcularon caudales máximos, los cuales sirvieron de base para la comparación de los resultados, finalmente fija como **conclusiones** que, los métodos del hidrograma unitario SCS y Racional modificado Témez, sobreestimaron los caudales, el método de Snyder es el que genero caudales intermedios en comparación al resto de métodos, y el método de Clark, genero menores caudales, pero es el método que mejor se ajusta en periodos de retorno mayores.

Diaz (2019) en la tesis de grado “Modelamiento Hidrológico e Hidráulico del Rio San Ramon para el Diseño del Puente Evitamiento, Provincia de Satipo, Junín”, fijo como **objetivos** determinar el caudal de diseño, mediante **métodos** de conversión de lluvias a escurrimiento superficial, los **resultados** obtenidos de creciente máxima para el diseño es de 389 m<sup>3</sup>/s, 487.50 m<sup>3</sup>/s para tiempos de retorno de 175 y 500 años correspondientemente, por otro lado los parámetros hidráulicos estimados son: ancho definido del rio 75 m, galibo 11.00 m, el calado máximo 2.41 m, y una socavación total de 3.28 m.

Portuguéz (2017) en su tesis de maestria titulado “Aplicación de la geoestadística a modelos hidrológicos en la cuenca del rio Cañete” fijó como **objetivos** determinar el escurrimiento directo para varios tiempos de retorno, empleando modelos hidrológicos, para tal efecto empleo el **método** de transformación lluvia en esorrentía, el **resultado** de la simulación hidrológica obtuvo la esorrentía directa, además **concluye** que la simulación con el



hidrograma unitario de Clark, obtiene valores apropiados, además obtienen mínimos errores en cuanto a porcentajes, por lo que indica que es el más eficiente y que sus resultados son confiables en comparación a los caudales registrados hidrométricamente.

Autoridad Administrativa del Agua (2017) los **objetivos** del estudio fueron: delimitar el ancho de la faja marginal de las quebradas Puruchaca, Macahuasi, Colcaqui, Sahuanay, Ullpuhuayco y Ñacchero afluentes del río Mariño, en una longitud de 16.96 Km, correspondiente al sector urbano de la ciudad de Abancay, en donde generaron caudales de crecidas máximas de los eventos hidrológicos y su periodicidad, para un tiempo de retorno de 100 años, para tal efecto emplearon **métodos** estadísticos, cuyos resultados han sido comparados con el modelo hidrológico HEC HMS y el modelo de simulación hidráulica IBER, los **resultados** de caudales que obtuvieron son: quebrada Puruchaca 33.95 m<sup>3</sup>/s, quebrada Marcahuasi 7.67 m<sup>3</sup>/s, quebrada Colcaqui 11.95 m<sup>3</sup>/s, quebrada Sahuanay 8.81 m<sup>3</sup>/s, quebrada Ullpuhuaycco 3.20 m<sup>3</sup>/s, quebrada Ñacchero 4.94 m<sup>3</sup>/s, el presente estudio. **Concluye** que con el presente estudio se logrará conservar y preservar los recursos hídricos y sus bienes asociados, así mismo prevenir el desborde de las quebradas que pudieran afectar a varias viviendas aledañas al cauce.

Ayala (2012) establece el cálculo de las avenidas máximas sobre la cuenca Ichu, en el artículo "Hidrología determinística para la estimación de avenidas máximas en la cuenca del Río Ichu", cuyo **objetivo** es calcular el caudal de la máxima crecida extraordinaria (NAME) para 50, 100, 200 y 500 años de periodos de retorno, la **metodología** es mediante el modelo determinístico HEC - 1, transformación lluvia - escorrentía, que de acuerdo a sus características geomorfológicas de la cuenca permitieron calcular los caudales máximos, cuyos **resultados** obtenidos fueron; 280 m<sup>3</sup>/s, 355.70 m<sup>3</sup>/s, 435.70 m<sup>3</sup>/s y 553.80 m<sup>3</sup>/s correspondientemente. **Concluye** que los caudales de máximas avenidas obtenidos en el artículo se emplearan para el proyecto de un puente vehicular situado en la comunidad de Pucarumi.

En las actividades precedentes como referencia internacional se tienen:

Bermeo et al (2018) trabajo realizado para ostentar el grado de especialista en Recursos Hídricos, en el trabajo de grado titulado "Estimación de los Caudales

Máximos y Caracterización Morfométrica de la Subcuenca del Cauce en el Sector Hidrodependiente del Municipio de San Francisco – Cundimarca”, fijó como **objetivo**: calcular caudales máximos empleando modelización hidrológica con la herramienta computacional HEC HMS e instrumento SIG, de la subcuenca San Francisco, Cundimarca, para lo cual se emplearon **métodos** de los hidrogramas sintéticos de Clark, Snyder y SCS fija como **conclusiones** que los métodos empleados para la obtención de caudales máximos demuestran que no existen variaciones significativas de los resultados.

Preciado (2018) para optar el grado de maestro en ingeniería en la Universidad Autónoma de Chihuahua, en la tesis “Metodología para el Pronóstico del Caudal en Cuencas no Aforadas”, estableció como **objetivo** desarrollar una metodología para el pronóstico del caudal en cuencas no aforadas, empleó la **metodología** de elaboración de hietogramas de diseño en base a las relaciones IDF (intensidad, duración y frecuencia) y procedimientos propuestos por la SCS para determinar la lluvia en exceso e hidrogramas de diseño, además propone el método de Muskingum para el tránsito de hidrogramas, como **resultado** se obtiene un modelo hidrológico que nos permite simular un sistema hidrológico y obtener hidrogramas de diseño, **concluye** que mediante la metodología propuesta es posible realizar un modelo hidrológico para el pronóstico de crecientes en cuencas no aforadas considerando distintas condiciones del suelo.

Arteaga (2017) para ostentar el título de magister en recursos hídricos, en el proyecto “Evaluación del Modelo Hidrológico HEC – HMS para la Predicción Hidrológica y Crecidas, en la Cuenca Baja del Rio Cañar”, fijó como **objetivos** calibrar el modelo Hidrológico HEC HMS, para su apreciación en la predicción de avenidas del rio Cañar, empleó los **métodos** hidrogramas sintéticos SCS, Clark y Snyder para la estimación de la lluvia - escurrimiento, y Muskingum para el tránsito de avenidas. Obtuvo como **resultados** que el 50 % de los eventos de máximas crecidas observados fueron generados satisfactoriamente por el modelo HEC HMS en la cuenca Cañar, **Concluye** que el método que mejor se ajusta al caudal generado con datos hidrométrico fue el hidrograma sintético de Clark.

Duque et al (2019) en el artículo “Evaluación del Sistema de Modelamiento Hidrológico HEC-HMS para Simulación Hidrológica de una Microcuenca Andina Tropical”, establecieron como **objetivos** la simulación del procedimiento hidrológico

de la microcuenca Chaquilcay situado en los andes Ecuatorianos, la **metodología** empleada para la estimación de sus caudales, procedieron a: 1) caracterizar las abstracciones iniciales con el hidrograma SCS, obtuvieron el CN para la zona alta y zona baja de la hoya, 2) transformación de la lluvia efectiva en caudal, 3) tránsito de avenidas con el método de Muskingum Cunge. Logran obtener como **resultados** caudales pico de 1.7 m<sup>3</sup>/s, 1.8 m<sup>3</sup>/s y 1.9 m<sup>3</sup>/s para (T=25, T=50 y T=100 años) correspondientemente, **concluyen** que, la información obtenida puede ser utilizada para hoyas en la zona de estudio.

García & Conesa (2011) en el artículo “Estimación de Caudales de Avenida y Delimitación de Áreas Inundables Mediante Métodos Hidrometeorológicos e hidráulicos y Técnicas SIG, estudio Aplicado al Litoral Sur de la Región Murcia”, fijaron como **objetivos** estimar caudales de avenidas y delimitación de áreas de inundación mediante el uso variado de datos de lluvias, patrones hidrológicos, hidráulicos y herramientas SIG, la **metodología** que emplearon fueron métodos de conversión precipitación - escurrimiento superficial. En el estudio han logrado estimar y cuantificar satisfactoriamente los parámetros hidrológicos necesarios para determinar las crecidas y la delimitación de áreas inundables. **Concluyeron** que, la metodología propuesta es adecuado para el proceso de caracterización y simulación hidrológica en cuencas pequeñas como es el caso de estudio, los resultados se encuentran altamente condicionadas por la escala de tormenta analizada, calidad de datos pluviométricos y la calidad de resolución de los modelos de elevación digital.

Referente a las teorías concernientes a la temática se revisaron concepciones pertinentes a las variables y sus correspondientes dimensiones.

Respecto a la variable **máximas avenidas**, según Rocha (2013) indica que una crecida es fruto de la conjunción de algunas situaciones hidrometeorológicas y no se puede hacer ninguna acción para impedir su ocurrencia.

Similarmente, Monsalve (1999), define la **maxima avenida** o crecida como un “fenomeno de ocurrencia de caudales relativamente grande” (p.225)

Esta variable a su vez estructurada mediante sus dimensiones, como dimension 1, se tiene la **cuenca** de acuerdo a Aparicio (1999) define como un espacio geografico en donde las particulas de agua precipitan sobre ella y yacen

a ser desaguadas por medio de curso de agua hacia un mismo lugar de desembocadura.



Figura 3 Esquema donde se muestran las partes de una cuenca hidrográfica.

Según Gutiérrez (2014) define la **precipitación** como fragmentos de agua, con tamaños mayores a 0.5 mm o de partículas de gotas menores, pero bastante esparcidas.

Finalmente se tiene la **respuesta hidrológica** definido por Cabrera (2006) indica que las unidades de respuesta hidrológica son espacios de una hoya de similares características en expresiones de resultado hidrológico y particularidades geográficas y meteorológicas.

En cuanto a la teoría relacionada a los métodos que se emplearon para la estimación de máximas avenidas se tienen **métodos hidrológicos**:

Para Campos (1982) los métodos hidrológicos tienen el propósito de reproducir el proceso de formación de la crecida, es decir deduce la lluvia de duración y tiempo de retorno definido intrínsecamente factible y se calcula la escorrentía en un sitio del afluente estudiado hasta trazar el probable hidrograma de crecida.

La variable métodos hidrológicos está estructurada mediante sus dimensiones que en este caso resultan ser los tipos y parámetros; como dimensión 1, se tiene el **método del hidrograma unitario de Clark**, dicho método toma en consideración el tránsito de avenidas por medio de una hoya empleando las curvas isócronas. Las curvas articulan lugares de la hoya que presentan similar periodo de desagüe (CAHUANA, y otros, 2009).

$$q = \frac{2.78 * A}{\Delta t} \quad (1)$$

Donde:

q : Caudal, en (m<sup>3</sup>/s.cm)

A : Superficie de la hoya, en (km<sup>2</sup>)

Δt : Intervalo de tiempo, en (horas)

Clark indica que este hidrograma sea transitado por alguna metodología de acumulación, recomienda que el hidrograma sea transitado de acuerdo a alguna metodología de almacenamiento.

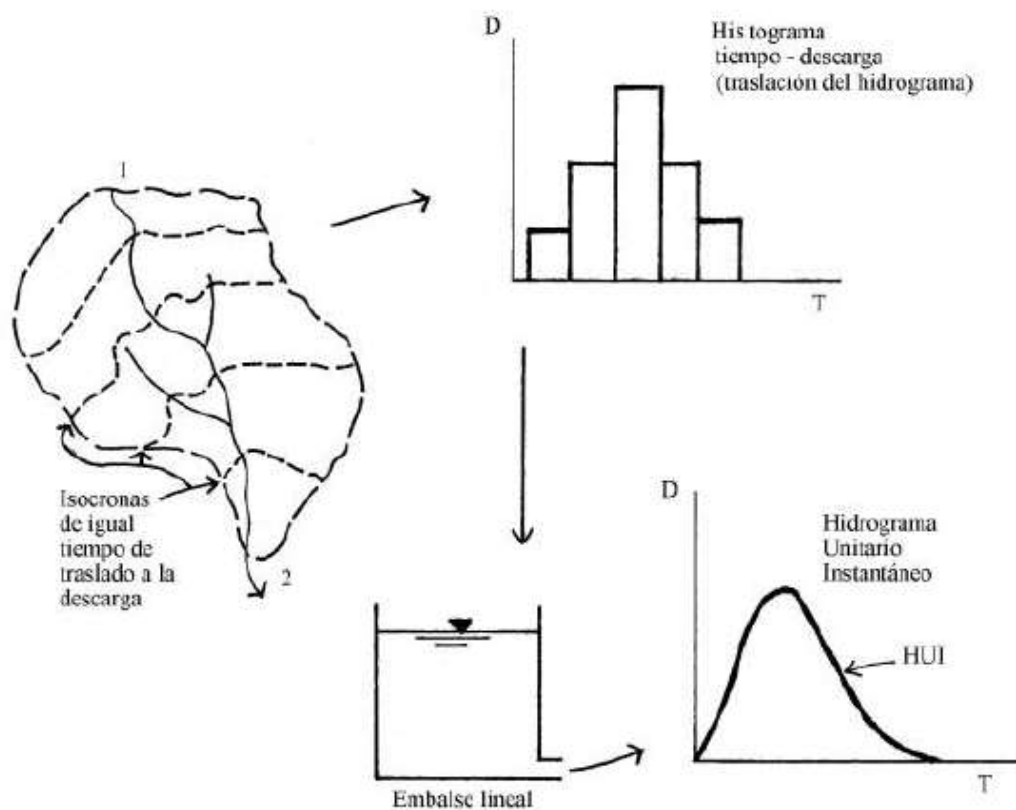


Figura 4 Modelo del hidrograma unitario de Clark.

En seguida se considera la dimensión 2, **método del hidrograma unitario triangular de la SCS**, Aparicio (1999) indican que esta metodología fue inicialmente investigada por Mockus y a continuación adoptado por el servicio de conservación de suelo (SCS). Suministra parámetros principales del hidrograma, como: caudal Pico ( $Q_p$ ); tiempo base ( $t_b$ ) y tiempo en el que se produce el pico ( $t_p$ ).

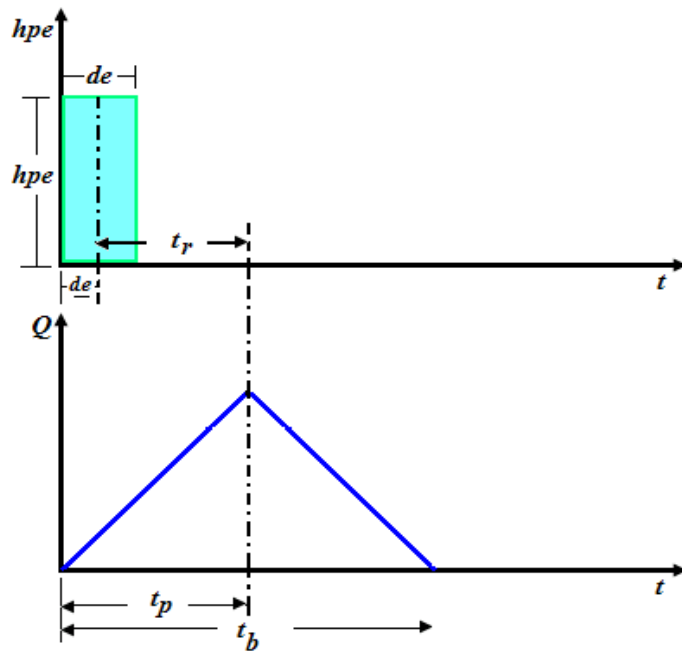


Figura 5 Hidrograma Unitario Sintético triangular.

De la comparación de diversos estudios, Mockus culminó que el tiempo base y el tiempo pico se determinan según las siguientes expresiones:

$$t_b = 2.67t_p \quad (2)$$

De los cuales  $Q_p$  es:

$$Q_p = 0.208 \frac{A * P_e}{t_p} \quad (3)$$

Donde:

- $Q_p$  : Caudal máximo, en ( $m^3/s$ )
- $A$  : Superficie de hoya, en ( $km^2$ )
- $P_e$  : Altura de lluvias efectivas, en (mm)
- $t_p$  : Duración máxima, en (horas)
- $t_b$  : Duración base, en (horas)

El tiempo pico se expresa como:

$$t_p = \frac{t_b}{2} + d_e \quad (4)$$

Donde:

- $t_p$  : Duración máxima, en (horas)
- $t_b$  : Duración base, en (horas)
- $d_e$  : Duración en exceso, en (horas)

La duración en exceso,  $d_e$ , se puede estimar mediante las siguientes expresiones:

Para cuencas grandes:

$$d_e = 2\sqrt{t_c} \quad (5)$$

Para cuencas pequeñas:

$$d_e = t_c \quad (6)$$

Donde:

$d_e$  : Duración en exceso, en (horas)

$t_c$  : Tiempo de concentración, en (horas)

El tiempo de retraso,  $t_r$ , se puede calcular empleando las ecuaciones siguientes:

$$t_r = 0.6t_c \quad (7)$$

$$t_r = 0.005 \left( \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.64} \quad (8)$$

Donde:

$t_r$  : Tiempo de retraso, en (horas)

$t_c$  : Tiempo de concentración, en (horas)

$L$  : Longitud del río principal, en (m)

$S$  : Pendiente del río, en (%)

La lluvia efectiva se determina aplicando las siguientes ecuaciones:

$$P = P_{24h} \left( \frac{D}{1440} \right)^{0.25} \quad (9)$$

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P + 0.8S} = \frac{(P - 0.20S)^2}{P + 0.8S} \quad (10)$$

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad (11)$$

Donde:

$P_{24h}$  : Precipitación máxima en 24 horas, en (mm)

$D$  : Duración, en (minutos)

$P_e$  : Precipitación efectiva, en (pulg)

$S$  : Abstracción inicial (adimensional)

$CN$  : Numero de curva (adimensional)

Finalmente se tiene la dimensión 3, que corresponde al **método del hidrograma unitario de Snyder**, Chow, et al (1994) manifiesta que, Snyder encontró en el año 1938 relaciones sintéticas, aplicados en los montes Apalaches, para ciertas particularidades del hidrograma estándar.

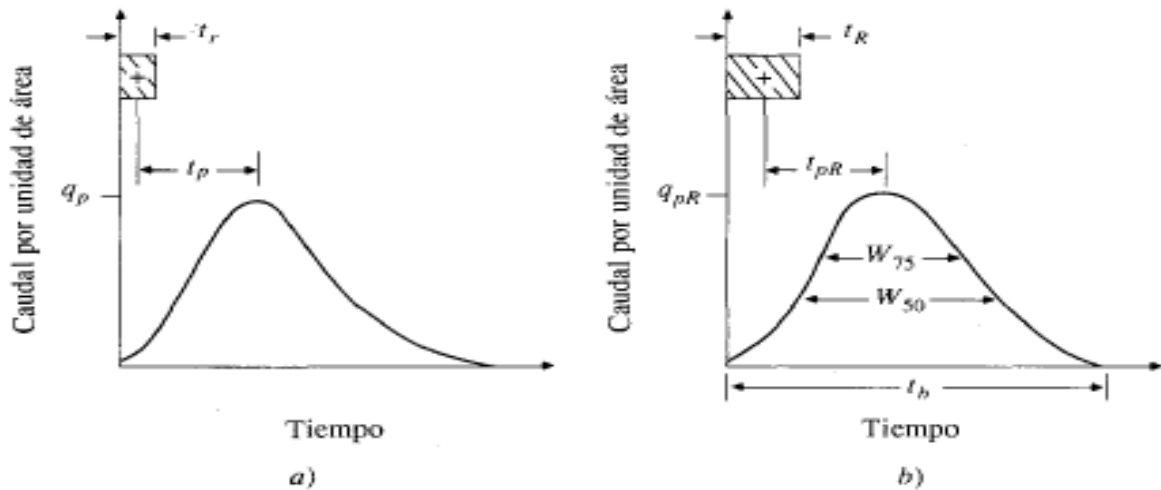


Figura 6 Hidrograma unitario de Snyder. a) hidrograma unitario estándar ( $t_p=5.5t_r$ ). b) hidrograma unitario requerido ( $t_{pr} \neq 5.5t_r$ ).

Snyder define que el hidrograma unitario estándar como: un hidrograma cuyo tiempo de lluvia  $t_r$  está conexas con el tiempo de retardo  $t_p$  por:

$$t_p = 5.5 * t_r \quad (12)$$

$$t_p = C_1 * C_t * (L * L_c)^{0.3} \quad (13)$$

Donde:

$t_p$  : Tiempo de retraso de la cuenca en horas

$t_r$  : Duración de la lluvia a intensidad constante.

$L$  : longitud de la corriente principal desde la salida hasta la divisoria de aguas (millas o Km)

$L_c$  : Longitud a lo largo del canal principal desde la salida hasta el punto más cercano al centroide de la cuenca (millas).

$C_t$  : Coeficiente que varía entre 1.8 a 2.2 en los montes Apalaches. Por lo tanto, es un coeficiente basado en instrumentación.

$C_1$  : 0.75 (1 para el sistema ingles)

El caudal pico por unidad de área de drenaje en  $m^3/s \cdot km^2$  del hidrograma unitario estándar es:



$$q_p = \frac{2.75 * C_p}{t_p} \quad (14)$$

Si  $t_{pR} = 5.5 * t_r$ , entonces se comporta como un hidrograma unitario estándar.

Pero si resulta muy diferente, el retardo de la cuenca estándar es:

$$t_p = t_{pR} + \frac{t_r - t_R}{4} \quad (15)$$

La relación del caudal pico  $q_p$  entre caudal pico por unidad de área de drenaje  $q_{pR}$  del hidrograma unitario requerido es:

$$q_{pR} = \frac{q_p * t_p}{t_{pR}} \quad (16)$$

Por otro lado, para generar caudales de crecida o máximas avenidas, se ha empleado el **tránsito de hidrograma** de salida mediante afluentes; Barrientos (2020), menciona que el tránsito de hidrogramas es un método hidrológico empleado para estimar la acumulación en un cauce sobre la forma y corriente de una onda de avenida.

Cuando el cauce principal ocupa una superficie apreciable, tiene capacidad para almacenar agua y donde la pendiente es pequeña, entonces se debe tomar en cuenta que cambia la forma del hidrograma de la avenida o caudal máximo, según éste se desplaza hacia aguas abajo.

Entre los métodos hidrológicos, probablemente el más empleado es el de Muskingum.

El almacenamiento (S) en una determinada longitud del río se pueden bifurcar.

El estancamiento en prisma, yacería igual al caudal de salida (Q) y el encharcamiento en cuña, que sería función de la diferencia entre el caudal de ingreso y el de desembocadura (I-Q), sabiendo que cuanto mayor sea la variación, más cargada será la cuña:

$$S_{prisma} = KQ \quad (17)$$

$$S_{cuña} = KX(I - Q) \quad (18)$$

Sumando las dos expresiones anteriores, se obtiene:

$$S_t = KQ_t + KX(I_t - Q_t) = K(XI_t + (1 + X)Q_t) \quad (19)$$

Donde:

S = Estancamiento en un tramo del río (m<sup>3</sup>)

I = Caudal de ingreso en un tramo del río (m<sup>3</sup>/s)

Q = Caudal de desembocadura en ese tramo (m<sup>3</sup>/s)

K = Tiempo de tránsito de la onda de avenida a través del tramo (h)

X = Factor de ponderación ( $0 \leq X \leq 0.5$ ) en función de la forma de almacenamiento en cuña.

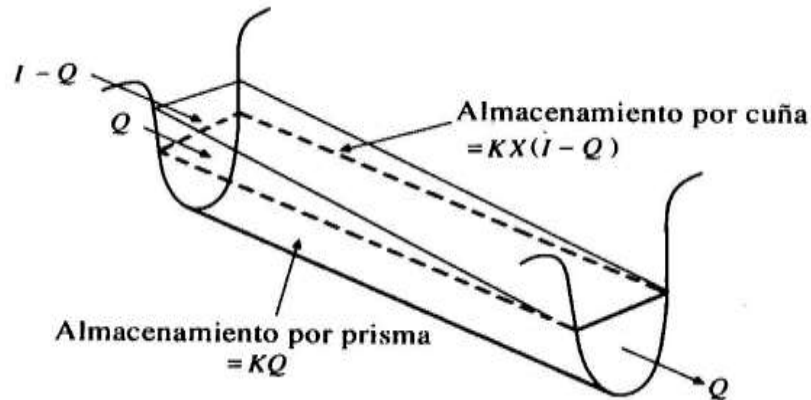


Figura 7 Almacenamientos por prisma y por cuña en un tramo de cauce.

Existen métodos para obtener los parámetros K y X en cauces cuyas avenidas han sido aforadas en los extremos del tramo de interés, sin embargo, en la mayoría de los casos no se cuenta con los datos de aforo por lo cual es necesario emplear métodos simplificados para estimar dichos parámetros.

Para el tema particular de la tesis, se aplicó el método del Instituto en Dinámica Fluvial e Ingeniería Hidrológica, Universidad Politécnica de Cataluña, España, (FLUMEN, 2004 pág. 19).

$$K = 0.18 \left( \frac{\Delta x}{S^{0.25}} \right)^{0.76} \quad (20)$$

Dónde:

$\Delta x$  = Distancia del río en km.

S = Pendiente máxima de la subcuenca en m/m.

Otra opción sería:

$$K = 0.6 * T_C \quad (21)$$

Dónde:

$T_c$  = Tiempo de concentración en horas.

El parámetro X, en España utilizan valores de 0.2 para inclinación o pendientes llanas y 0.35 para fuertes inclinaciones.

Los parámetros de K y X seleccionados deben cumplir la condición:

$$\Delta_t > 2 * K * X \quad (22)$$

Si no se ajusta a esta limitación se busca entonces el número de subtramos N.

$$N = \frac{2 * K * X}{\Delta_t} \quad (23)$$

Donde  $\Delta_t$  es el aumento de la duración que se utilizó para determinar los resultados.

Por otro lado, para tomar el **periodo de retorno** a emplear en el diseño de un proyecto hidráulico como es el caso de un puente, es oportuno contemplar la dependencia que existe entre la probabilidad de excedencia de un suceso, la vida útil de la infraestructura y el riesgo admisible (MTC, 2012 pág. 18).

El riesgo admisible en función del periodo de retorno y vida útil esta dado por:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n \quad (24)$$

Donde:

R = Riesgo admisible en %

T = Tiempo de retorno en años

n = Vida útil de la obra hidráulica en años

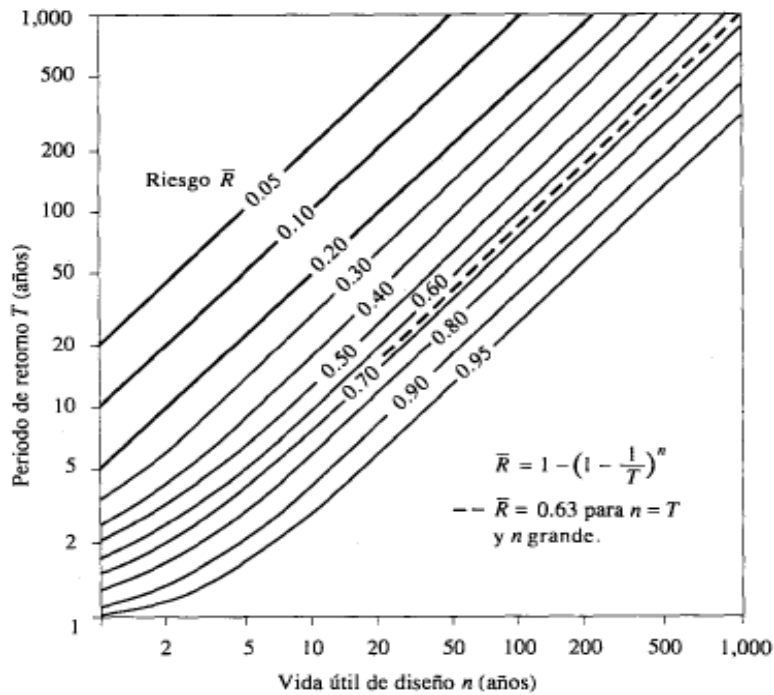


Figura 8 Riesgo de por lo menos una excedencia de diseño de vida útil.

Asimismo, en la siguiente tabla se consignan valores del riesgo admisible para proyectos de drenaje.

Tabla 1

Valores extremos de riesgo admisible para proyectos de drenaje.

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

Fuente: MTC (2012)

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y Diseño de Investigación

##### 3.1.1. Método: Científico

El método científico forma parte de una secuencia de pasos, métodos, herramientas, actos, tácticas para solucionar problemas de investigación, así como para comprobar la hipótesis planteada Carrasco (2006).

Se indica que la tesis de investigación es el método científico, ya que se realiza un conjunto de pasos ordenados, que empieza con la observación directa verificadas en la zona de estudio; marcas de nivel de avenidas máximas de gran importancia, evidenciar el comportamiento hidráulico de las infraestructuras presentes e identificación del punto de interés, enseguida se realiza el enunciado del problema, la postulación de las hipótesis de si se determina, calcula o estima las máximas avenidas mediante métodos hidrológicos y concluyendo con los resultados.

De acuerdo a estos argumentos, en esta investigación se aplicó el método ***científico***.

##### 3.1.2. Tipo: Aplicada

La investigación aplicada persigue solucionar inconvenientes prácticos, con un margen de generalidad definida. asimismo, es insuficiente el aporte al conocimiento científico desde una perspectiva teórica (MARTINEZ, 2012).

Conforme a lo anterior, al calcular, determinar o estimar la máxima avenida de diseño, se buscará la generación de conocimientos con aplicación a problemas reales el cual es la crecida o máxima avenida que se puede presentar en el río Torococha, cuyo propósito es conocer los caudales máximos de diseño para el dimensionamiento adecuado del puente a proyectarse en la Av. Circunvalación II de la Ciudad de Juliaca.

En base a la proposición evidenciada, esta investigación se compone del tipo ***aplicada***.

### **3.1.3. Nivel:** Explicativo

El nivel explicativo está orientado a contestar el principio de los acontecimientos y sucesos físicos o sociales, es decir su utilidad se ajusta en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué circunstancias se presenta o por qué se relacionan dos o más variables Hernandez, et al (2014).

Referente a la tesis de investigación, aparte de detallar las particularidades de las variables de investigación, se buscará calcular, determinar y estimar la máxima avenida de diseño empleando tres métodos.

De acuerdo a este análisis y argumentación la tesis corresponde al nivel **explicativo**.

### **3.1.4. Diseño:** No experimental

De acuerdo a Flores (2017) la investigación no experimental es donde no existe maniobra de variables independientes, es decir se fundamenta en variables que ya acontecieron en el entorno sin la participación clara del investigador.

Según la descripción anterior, el diseño de la tesis corresponde a no experimental de corte transeccional, pues no se manipulará intencionalmente las variables y la toma de datos se realizará en un solo momento.

Conforme a este estudio, el diseño empleado en la tesis fue diseño **no experimental**.

## **3.2. Variable y Operacionalización**

### **3.2.1. Variable 1:** Métodos hidrológicos

#### **Definición conceptual:**

García (1989) señala que los “métodos hidrológicos intentan establecer una relación entre el volumen de precipitación y el volumen de escorrentía. La cuenca actuaría como un operador que transforma un input, precipitación, en un output, escorrentía” (p.29).

#### **Definición operacional:**

Los métodos hidrológicos aplicados para la generación de máximas avenidas se operacionalizan mediante la aplicación del método del hidrograma unitario de Clark, hidrograma unitario SCS y el hidrograma unitario de Snyder, dichos métodos tienen la virtud de acceder aceptablemente el acontecimiento, en

base a la determinación de diferentes medidas; precipitaciones máximas y las características geomorfológicas de la hoya hidrográfica.

### **3.2.2. Variable 2: Máximas avenidas**

#### **Definición conceptual:**

De acuerdo a Rocha (2013) indica que las avenidas son “fenómenos naturales que suelen causar grandes daños en todo el mundo”.

#### **Definición operacional:**

Las máximas avenidas de diseño se operacionalizan mediante el empleo de la técnica de transformación de lluvia – escurrimiento - caudal, para lo cual se analizaron la cuenca, la precipitación máxima en 24 horas y finalmente la respuesta hidrológica de la cuenca.

### **3.2.3. Operacionalización de Variables**

La operacionalización de variables radica en establecer el procedimiento mediante el cual las variables fueron estimados o desarrollados.

Ríos (2017) afirma que el procedimiento de operacionalizar variables, “consiste en ubicar las variables de estudio en un plano de entendimiento concreto y preciso para su estudio significativo y real” (p.75).

Tabla 2  
Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	INSTRUMENTO	ESCALA
V1: Métodos Hidrológicos	Para Campos (1982) los métodos hidrológicos tienen el propósito de reproducir el proceso de formación de la crecida, es decir deduce la lluvia de duración y tiempo de retorno definido intrínsecamente factible y se calcula la escorrentía en un sitio del afluente estudiado hasta trazar el probable hidrograma de crecida	Los métodos hidrológicos aplicados para la generación de máximas avenidas se operacionalizan mediante la aplicación del método del hidrograma unitario de Clark, hidrograma unitario de Snyder.	D1: Método del Hidrograma Unitario de Clark	I1: Tiempo de concentración I2: Coeficiente de almacenamiento I3: Velocidad de propagación	Ficha de recopilación de información.	Razón
			D2: Método del Hidrograma Unitario Triangular de la SCS	I1: tiempo de concentración I2: Tiempo base I3: Tiempo pico		Razón
			D3: Método del Hidrograma Unitario de Snyder	I1: Tiempo de retardo I2: Coeficiente pico de la cuenca I3: Flujo base		Razón
V2: Máxima avenida	Rocha (2013), indica que las avenidas son fenómenos naturales que suelen causar grandes daños en todo el mundo.	Las máximas avenidas de diseño se operacionalizan mediante el empleo de la técnica de transformación de lluvia – escurrimiento - caudal, para lo cual se analizaron la cuenca, la precipitación máxima en 24 horas y finalmente la respuesta hidrológica de la cuenca.	D1: Cuenca	I1: Características morfométricas I2: Características físicas I3: Red de drenaje	Ficha de recopilación de información.	Razón
			D2: Precipitación	I1: Intensidad I2: Duración I3: Frecuencia		Razón/intervalo
			D3: Respuesta hidrológica de la cuenca	I1: Parámetros geomorfológicos I2: Parámetros topológicos I3: Precipitaciones		Razón

Fuente: Elaboración propia



### **3.3. Población, Muestra, Muestreo y Unidad de Análisis**

#### **3.3.1. Población**

Para Tamayo (2003) la población es un “conjunto o la totalidad de un grupo de elementos, casos u objetos que se quiere investigar” (p.176).

La población de esta investigación estará conformada por la ***cuenca del río Coata***.

#### **3.3.2. Muestra**

Según Cruz et al (2014) la muestra es una disgregación de los miembros de una población.

La muestra elegida para esta tesis es la ***sub cuenca del río Torococha***.

#### **3.3.3. Muestreo**

De acuerdo a Ñaupas et al (2013) afirma que el tipo de **muestreo no probabilísticos** es cuando no se puede conocer el nivel de certeza de los resultados de la investigación, ya que este tipo de muestreo no emplea leyes del azar mucho menos el cálculo de probabilidades, por lo cual las muestras obtenidas son sesgadas.

De acuerdo a la clasificación, la investigación ha empleado el ***muestreo no probabilístico intencional***.

#### **3.3.4. Unidad de análisis**

Fuentes et al (2020) sostiene que “la unidad de análisis representa a los sujetos o al objeto concreto en quienes será aplicado el estudio: pueden ser personas, organizaciones y/o naciones” (p.38).

De lo anterior, la unidad de análisis de la investigación es el ***río Torococha***.

### **3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

#### **3.4.1. Técnicas: observación directa**

La observación, es un procedimiento estricto que nos facilita saber de forma clara la finalidad del estudio, enseguida proceder a detallar y examinar acontecimiento sobre el escenario estudiado (BERNAL , 2010 pág. 257).

La técnica empleada para esta tesis es es la ***observación directa***.

### 3.4.2. Instrumentos:

Para Carrasco (2006) afirma que se tiene la ficha de observación, de manipulación sencilla, pero de mucha ventaja, el cual se utiliza para recopilar datos que se estiman como resultado de la relación directa entre el observador y la situación contemplada (p.313).

En la presente tesis se ha utilizado como instrumento la **ficha de recolección de datos**.

### 3.4.3. Validez:

Como indica Hernandez et al (2014), la validez de expertos es el valor en que una herramienta evalúa la variable en cuestión, conforme a expertos en el tema (p.204).

Tabla 3  
*Valores o rango de interpretación de validez.*

Rango	Interpretación
0.53 a menos	Validez nula
0.54 a 0.59	Validez baja
0.60 a 0.65	Valida
0.66 a 0.71	Muy Valida
0.71 a 0.99	Excelente validez
1.00	Validez perfecta

Fuente: Oseda et al (2011)

Tabla 4  
*Validez de contenido del instrumento de las variables: V1 métodos hidrológicos y V2 máximas avenidas.*

N°	Grado académico	Nombres y Apellidos	CIP.	Validez
1	Dr.	German Belizario Quispe	80986	0.80
2	Ing.	Federico D. Condori Cayo	117989	0.77
3	Ing.	Hugo Tarqui Cruz	162740	0.84

Fuente: Elaboración Propia.

La validez promedio es 0.80, de acuerdo a la tabla 3, rango de interpretación de validez se tiene excelente validez.

#### **3.4.4. Confiabilidad:**

Hernández (2014) manifiesta que la confiabilidad de un instrumento de medición es el grado en que su aplicación sucesiva a un mismo individuo u objeto produce resultados similares (p.200).

Tabla 5

*Interpretación de la confiabilidad según rango y magnitud*

<b>Rango de confiabilidad</b>	<b>Interpretación</b>
0.81 – 1.00	Muy alta
0.61 – 0.80	Alta
0.41 – 0.60	Moderada
0.21 – 0.40	Baja
0.001 – 0.20	Muy baja

Fuente: Lao & Takakuwa (2017)

### **3.5. Procedimientos**

#### **3.5.1. Estudios previos.**

##### **3.5.1.1. Ubicación**

El área de estudio políticamente se ubicada en el distrito de Juliaca, provincia de San Román, departamento y región de Puno, esta región se encuentra en la parte sur del territorio nacional.

Geográficamente el área de interés, está comprendida entre las siguientes coordenadas: Latitud Sur: 13° 22' 44.5" a 13° 26' 39" y Longitud Oeste: 71° 58' 06.6" a 72° 03' 55.6", con una variación altitudinal de 3824 m.s.n.m. en la zona del Aeropuerto y a 4139 m.s.n.m. en la cima del cerro Monos.

La zona de interés hidrográficamente es parte conformante de la cuenca Coata, perteneciente al Sistema Hidrográfico del Titicaca.

##### **3.5.1.2. Data histórica hidrológica**

Se solicitó al SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología) la data histórica de precipitación máxima en 24 horas de las estaciones pluviométricas: Juliaca, Cabanillas, Lampa, Mañazo, Pucara, Capachica, Puno y Taraco.

Tabla 6  
Estaciones pluviométricas consideradas

Estación	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Período de registros	Tipo de Registro
Juliaca	15°28'28"	70°10'10"	3820	1961 - 1995, 2001 - 2019	Precipitación máxima en 24 horas
Cabanillas	15°10'10.5"	69°58'11.6"	3920	1964 - 1979, 1985 - 2016	Precipitación máxima en 24 horas
Lampa	15°40'24.4"	70°22'19.6"	3892	1963 - 2019	Precipitación máxima en 24 horas
Capachica	15°36'22.9"	69°49'55.7"	3828	1960 - 1978, 1985 - 2019	Precipitación máxima en 24 horas
Mañazo	14°48'02"	70°03'59.7"	3910	1960 - 1977, 1994 - 2019	Precipitación máxima en 24 horas
Pucara	15°02'.44.4"	70°21'59.9"	3877	1965 - 2019	Precipitación máxima en 24 horas
Puno	15°49'34.5"	70°00'43.5"	3812	1966 - 2003, 2007 - 2019	Precipitación máxima en 24 horas
Taraco	15°10'.10.5"	69°58'11.6"	3849	1964 - 2014, 2017 - 2019	Precipitación máxima en 24 horas

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.1.3. Recopilación de mapas cartográficos e imágenes satelitales

Los mapas cartográficos necesarios para el procesamiento de información fueron:

- Carta Nacional 1/100,000; Instituto Geográfico Nacional. Hojas de restitución 31 – v Juliaca; 32 – v Puno, zona 19 L.
- Imágenes ASTER GDEM (Aster Global Digital Elevation Model), con resolución espacial de 30 metros y hace referencia al geoido WGS84/EGM96, formato GeoTIFF (MINAM).
- Mapa temático de cobertura vegetal y uso, formato digital shapefile, fuente ministerio del ambiente (MINAM), a una escala de 1/100 000.
- Mapa temático de suelo, formato digital shapefile, fuente FAO y UNESCO a una escala de 1:5 000 000.

### 3.5.2. Procesamiento de la información

#### 3.5.2.1. Caracterización geomorfológica de la sub cuenca Torococha

Los parámetros geomorfológicos de las subcuencas se obtuvieron mediante modelos digitales de elevación (DEM), calculados empleando la herramienta computacional ArcGIS 10.4.1. y su extensión HEC - GeoHMS.

El resumen de los parámetros geomorfológicos obtenidos para la Subcuenca Torococha, se muestran en la Tabla 7 y su desarrollo se encuentra en el Anexo 3.1.

Tabla 7

*Parámetros geomorfológicos de las microcuencas W40, W50 y W60.*

<b>Parámetros Geomorfológicos de las Microcuencas</b>				
<b>Parámetro</b>	<b>W40</b>	<b>W50</b>	<b>W60</b>	<b>Unidad</b>
Área	31.32	11.12	18.33	Km <sup>2</sup>
Perímetro	41.14	27.98	24.38	Km
Longitud de máximo recorrido	13.65	8.26	9.78	Km
Índice de Gravelius	2.06	2.35	1.59	
Factor de forma	0.17	0.16	0.19	
Pendiente de laderas de la cuenca	3 %	8 %	13 %	%
Altitud media de la cuenca	3843	3871	3891	msnm
Ancho promedio	2.29	1.35	1.87	Km
Coeficiente de masividad	0.12	0.35	0.21	
Coeficiente orográfico	0.47	1.35	0.83	
Rectángulo equivalente	1.66	0.85	1.76	Km
	18.91	13.14	10.43	Km
Relación de confluencias	1.38	2.00	1.50	
Relación de longitudes	0.481	0.224	0.552	
Densidad de drenaje	0.615	0.571	0.592	Km / Km <sup>2</sup>
Frecuencia de ríos	0.607	0.540	0.546	
Cota máxima	3977	3841	3983	msnm
Cota mínima	3821	3828	3828	msnm
Pendiente del cauce principal	1.14	0.16	1.59	%
Pendiente del cauce principal	0.0114	0.0016	0.0159	m/m
Tiempo de concentración (Témez)	5.11	5.09	3.73	Horas
Tiempo de concentración (Bransby-Williams)	5.70	5.68	4.03	Horas
Tiempo de concentración (Clark)	5.73	5.61	4.04	Horas
Promedio Geométrico del Tc	5.51	5.46	3.94	Horas

Fuente: Elaboración propia

### **3.5.2.2. Prueba de datos dudosos**

Se realizó este análisis con el propósito de identificar valores de precipitación máxima en 24 horas, que se alejen demasiado de la tendencia general del registro histórico de cada estación pluviométrica considerada.

Esta prueba se realizó para cada una de las Estaciones pluviométricas en consideración, del análisis resulta que las estaciones Juliaca, Cabanillas, Lampa, Capachica, Mañazo, y Taraco, no presentan anomalías en su registro histórico, es decir, estos datos están entre los rangos permisibles tanto superiores como inferiores estimados.

Tabla 8  
*Análisis de datos dudosos para las 8 estaciones pluviométricas.*

Estación	Registro Histórico		Pruebas de Datos Dudosos		Evaluación
	Prec. Max. (mm)	Prec. Min. (mm)	Prec. Max. Perm. (mm)	Prec. Min. Perm. (mm)	
Juliaca	63.30	19.40	74.62	14.32	los datos cumplen
Cabanillas	67.80	15.50	77.70	14.60	los datos cumplen
Lampa	64.00	20.50	68.60	17.30	los datos cumplen
Capachica	63.20	20.80	68.60	16.00	los datos cumplen
Mañazo	57.40	19.80	70.40	15.90	los datos cumplen
Pucará	76.40	20.40	76.70	15.80	No cumple el dato del año 1969
Puno	71.60	23.60	72.70	18.10	No cumple el dato del año 2010
Taraco	68.80	20.00	81.70	13.30	los datos cumplen

Fuente: Elaboración propia.

De la evaluación realizada se pudo identificar qué; el dato de precipitación máxima en 24 horas de la estación Pucará del año 1969 y estación Puno del año 2010 no cumplen con el rango permisible, por lo que se tuvo que descartar dichos datos atípicos.

### 3.5.2.3. Cálculo de las precipitaciones máximas.

Para la determinación de las precipitaciones máximas, se utilizaron las distribuciones teóricas: Normal, Log-Normal, Pearson tipo III, Log-Pearson tipo III, y Gumbel; de los cuales se seleccionó la distribución con excelente ajuste en cada estación, y a partir de estas se realizaron las representaciones de precipitaciones máximas para distintos tiempos de retorno (2, 5, 10, 20, 25, 50, 100, 140, 500 y 1000 años); los resultados se consignan en la Tabla 9.

Tabla 9  
Precipitaciones máximas anuales en 24 horas.

Estación	Distribución de Mayor Ajuste	Periodos de Retorno (Años)									
		2	5	10	20	25	50	100	140	500	1000
Juliaca	Distribución Log Pearson Tipo III	36.35	47.08	54.40	61.59	63.92	71.23	78.73	82.45	97.18	105.68
Cabanillas	Distribución Gumbel	37.83	48.76	55.99	62.93	65.13	71.91	78.64	81.90	94.19	100.88
Lampa	Distribución Pearson Tipo III	38.69	47.94	53.64	58.81	60.40	65.15	69.69	71.84	79.67	83.79
Capachica	Distribución Log Pearson Tipo III	36.06	45.60	52.34	59.14	61.36	68.46	75.88	79.62	94.72	103.66
Mañazo	Distribución Gumbel	37.41	47.15	53.60	59.78	61.74	67.79	73.78	76.69	87.64	93.60
Pucara	Distribución Log Pearson Tipo III	38.32	49.35	57.22	65.21	67.84	76.25	85.10	89.58	107.78	118.62
Puno	Distribución Gumbel	40.40	50.60	57.35	63.83	65.89	72.22	78.50	81.54	93.02	99.26
Taraco	Distribución Log Pearson Tipo III	36.11	48.29	57.21	66.41	69.48	79.37	89.94	95.34	117.62	131.12

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.2.4. División del área de estudio

A fin de obtener resultados adecuados y óptimos, la sub cuenca del río Torococha se ha dividido en tres microcuencas denominados W40, W50 y W60.

La discretización de las microcuencas o unidades hidrológicas se muestran a continuación:

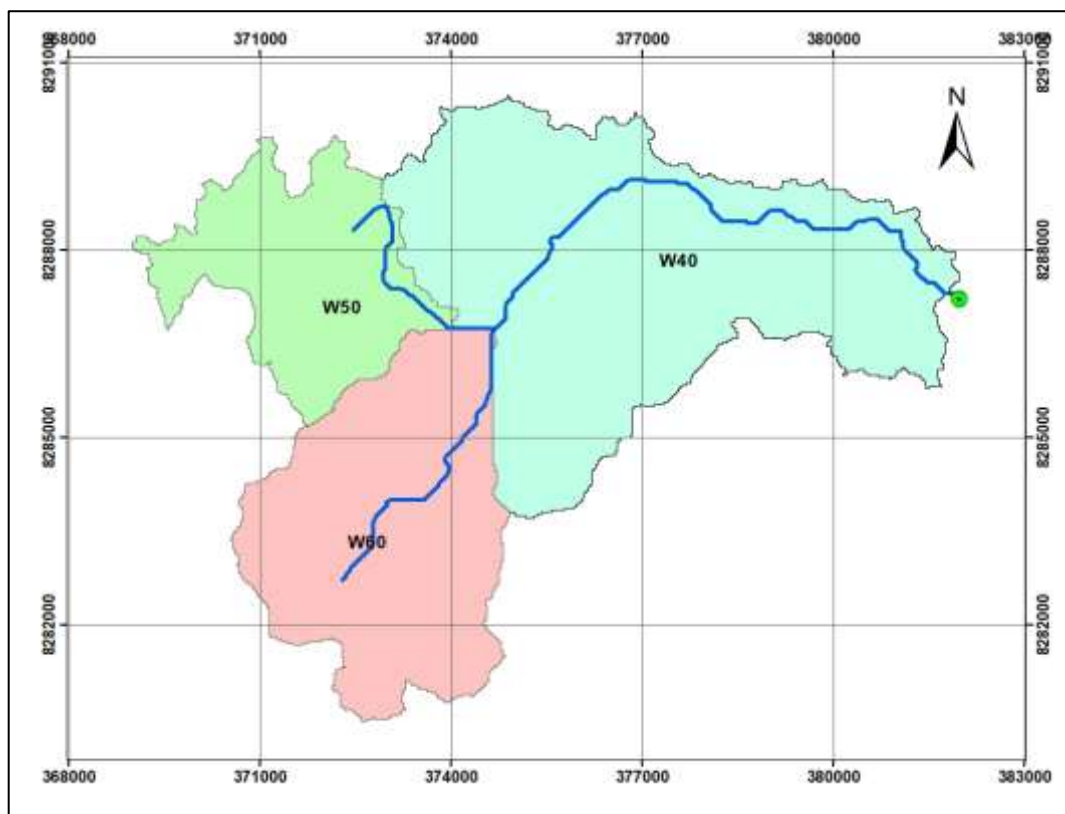


Figura 9 Discretización de la sub cuenca del río Torococha en microcuencas W40, W50 y W60.

En la Tabla 10, se aprecia el resumen de área y perímetro de las microcuencas, los cuales conforman la sub cuenca del río Torococha.

Tabla 10

*Nomenclatura, área y perímetro de las microcuencas.*

Nombre	Área (Km <sup>2</sup> )	Perímetro (Km)
W40	31.32	41.14
W50	11.12	27.98
W60	18.33	24.38

Fuente: Elaboración propia.



### 3.5.2.5. Elección de los periodos de retorno (T).

Según el manual del MTC (2012) para la obtención de la longitud del puente, el galibo y el NAME, se tiene que al reemplazar los datos de riesgo admisible 25 % y vida útil de 40 años en la ecuación (24) se obtuvo  $T = 140$  años.

Por otro lado, según MTC (2012) también sugiere emplear un tiempo de retorno de 500 años para determinar la socavación en puentes.

### 3.5.2.6. Curva de intensidad, duración y frecuencia – hietogramas.

Con los valores anuales de lluvias máximas en 24 horas, se determinó las curvas IDF, por regresiones matemáticas para distintos tiempos de retorno, empleando el método Dick y Peschke.

Tabla 11

*Precipitaciones máximas para distintos tiempos de retorno, estación Juliaca (mm)*

T años	Prec. Máx. 24 horas	Duración (minutos)					
		5	10	15	20	30	60
500	97.18	23.59	28.05	31.05	33.36	36.92	43.91
100	78.73	19.11	22.73	25.15	27.03	29.91	35.57
50	71.23	17.29	20.56	22.76	24.45	27.06	32.18
25	63.92	15.52	18.45	20.42	21.94	24.28	28.88
20	61.59	14.95	17.78	19.68	21.14	23.40	27.83
10	54.40	13.21	15.70	17.38	18.68	20.67	24.58
5	47.08	11.43	13.59	15.04	16.16	17.89	21.27
2	36.35	8.82	10.49	11.61	12.48	13.81	16.42

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12

*Intensidades máximas para distintos tiempos de retorno, estación Juliaca (mm/h)*

T años	Prec. Máx. 24 horas	Duración (minutos)					
		5	10	15	20	30	60
500	97.18	283.10	168.30	124.20	100.10	73.80	43.90
100	78.73	229.30	136.40	100.60	81.10	59.80	35.60
50	71.23	207.50	123.40	91.00	73.40	54.10	32.20
25	63.92	186.20	110.70	81.70	65.80	48.60	28.90
20	61.59	179.40	106.70	78.70	63.40	46.80	27.80
10	54.40	158.50	94.20	69.50	56.00	41.30	24.60
5	47.08	137.10	81.50	60.20	48.50	35.80	21.30
2	36.35	105.90	63.00	46.50	37.40	27.60	16.40

Fuente: Elaboración propia

La ecuación para generar la curva intensidad, duración y frecuencia IDF.

$$I = \frac{10^{2.54} * T^{0.17}}{t^{0.75}}$$

Tabla 13

Intensidades de diseño para duraciones inferiores a 24 horas, estación Juliaca.

Duración		Período de Retorno (años)									
h	min	2	5	10	20	30	35	50	140	200	500
0.17	10.00	68.81	80.67	90.98	102.61	110.09	113.07	120.29	143.83	153.01	179.39
0.33	20.00	40.91	47.97	54.10	61.01	65.46	67.24	71.53	85.52	90.98	106.67
0.50	30.00	30.19	35.39	39.91	45.01	48.30	49.61	52.77	63.10	67.13	78.70
0.67	40.00	24.33	28.52	32.17	36.28	38.92	39.98	42.53	50.85	54.10	63.43
0.83	50.00	20.58	24.13	27.21	30.69	32.93	33.82	35.98	43.02	45.76	53.65
1.00	60.00	17.95	21.04	23.73	26.77	28.72	29.50	31.38	37.52	39.92	46.80
1.50	90.00	13.24	15.53	17.51	19.75	21.19	21.76	23.15	27.68	29.45	34.53
2.00	120.00	10.67	12.51	14.11	15.92	17.08	17.54	18.66	22.31	23.73	27.83

Fuente: Elaboración propia.

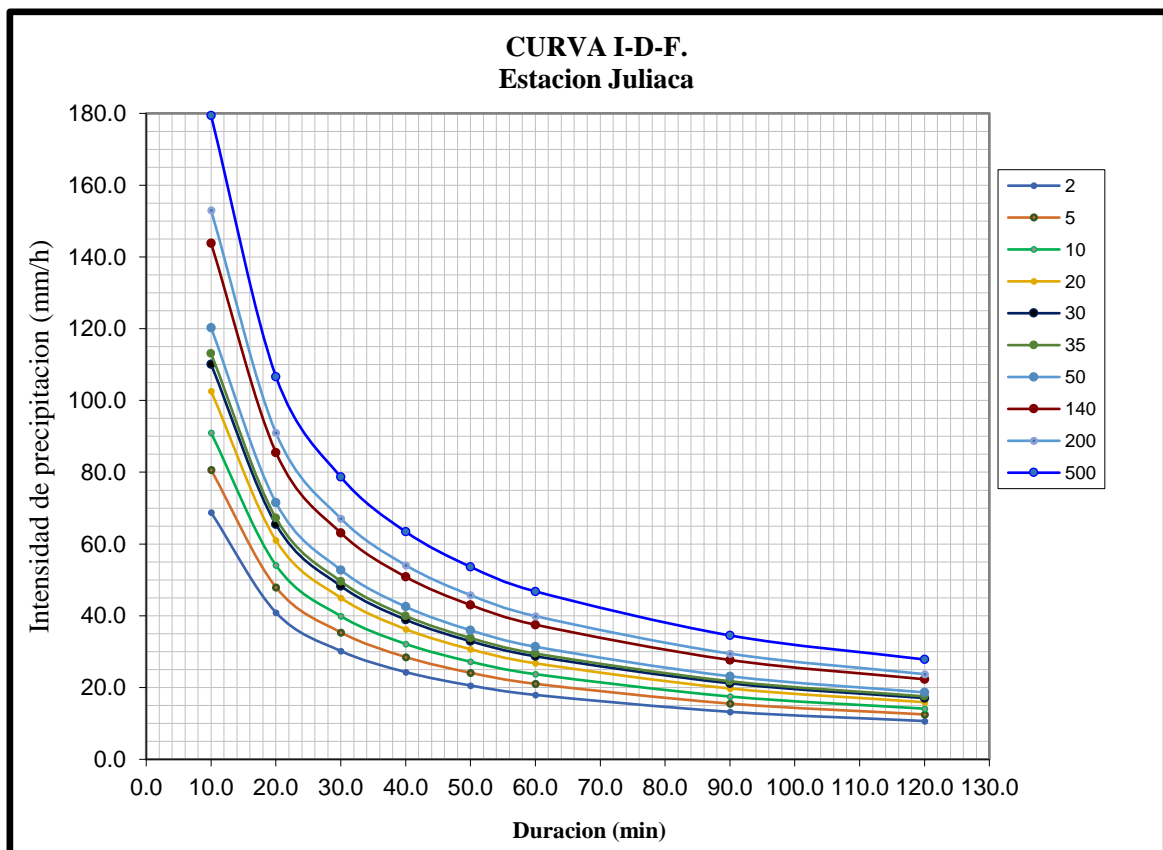


Figura 10 Curvas I.D.F para la estación Juliaca.

Una vez obtenidos las intensidades de diseño mediante la ecuación IDF se han definido los hietogramas de diseño para tiempos de retorno de 140 años y 500 años respectivamente, para tal efecto se ha empleado el método de bloque alterno.

Tabla 14

Valores del hietograma de diseño  $T=140$  años, estación Juliaca.

Duración min	Intensidad mm/h	Profundidad Acumulada mm	Profundidad Incremental mm	Tiempo min	Precipitación mm
20	85.5	28.5	28.5	0-30	0.91
40	50.9	33.9	5.4	20-40	1.01
60	37.5	37.5	3.6	40-60	1.14
80	30.2	40.3	2.8	60-80	1.32
100	25.6	42.6	2.3	80-100	1.57
120	22.3	44.6	2.0	100-120	1.99
140	19.9	46.4	1.8	120-140	2.80
160	18.0	47.9	1.6	140-160	5.39
180	16.5	49.4	1.4	160-180	28.51
200	15.2	50.7	1.3	180-200	3.62
220	14.2	51.9	1.2	200-220	2.31
240	13.3	53.1	1.1	220-240	1.75
260	12.5	54.1	1.1	240-260	1.43
280	11.8	55.1	1.0	260-280	1.22
300	11.2	56.1	1.0	280-300	1.07
320	10.7	57.0	0.9	300-320	0.96
340	10.2	57.9	0.9	320-340	0.91
360	9.8	58.7	0.8	340-360	0.87

Fuente: Elaboración propia.

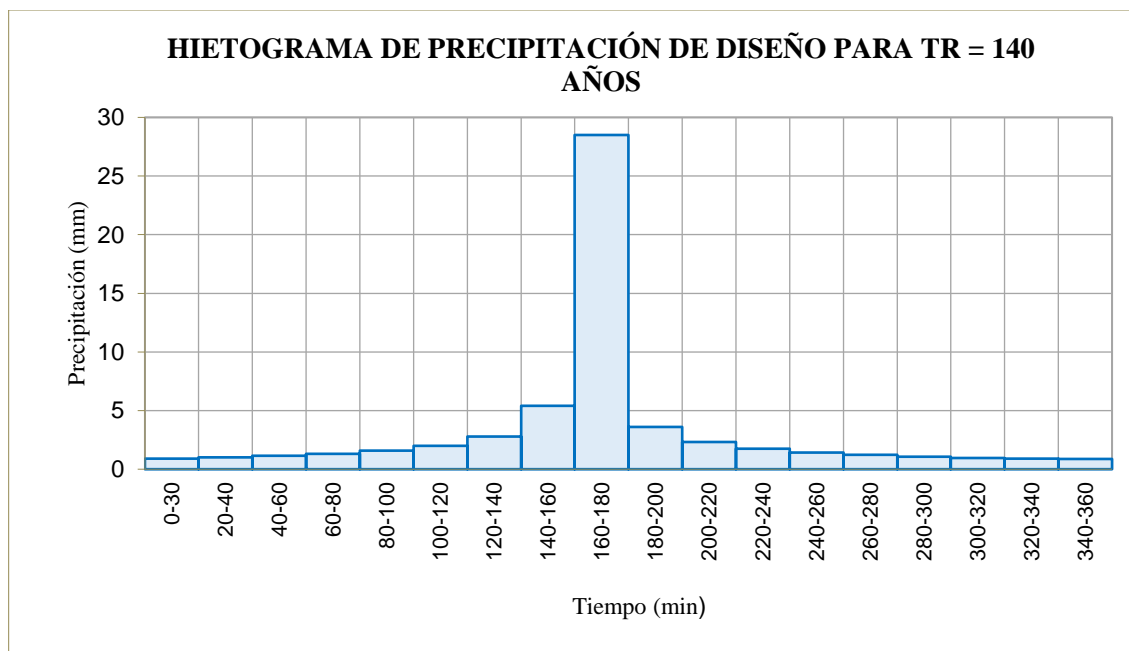


Figura 11 Hietograma de tormenta de diseño para  $T=140$  años.

Tabla 15

Valores de hietograma de diseño  $T=500$  años, estación Juliaca

Duración	Intensidad	Profundidad Acumulada	Profundidad Incremental	Tiempo	Precipitación
min	mm/h	mm	mm	min	mm
20	106.7	35.6	35.6	0-30	1.14
40	63.4	42.3	6.7	20-40	1.26
60	46.8	46.8	4.5	40-60	1.42
80	37.7	50.3	3.5	60-80	1.64
100	31.9	53.2	2.9	80-100	1.96
120	27.8	55.7	2.5	100-120	2.48
140	24.8	57.8	2.2	120-140	3.49
160	22.4	59.8	2.0	140-160	6.73
180	20.5	61.6	1.8	160-180	35.56
200	19.0	63.2	1.6	180-200	4.51
220	17.7	64.8	1.5	200-220	2.89
240	16.5	66.2	1.4	220-240	2.19
260	15.6	67.5	1.3	240-260	1.79
280	14.7	68.8	1.3	260-280	1.52
300	14.0	70.0	1.2	280-300	1.34
320	13.3	71.1	1.1	300-320	1.20
340	12.7	72.2	1.1	320-340	1.14
360	12.2	73.2	1.0	340-360	1.09

Fuente: Elaboración propia

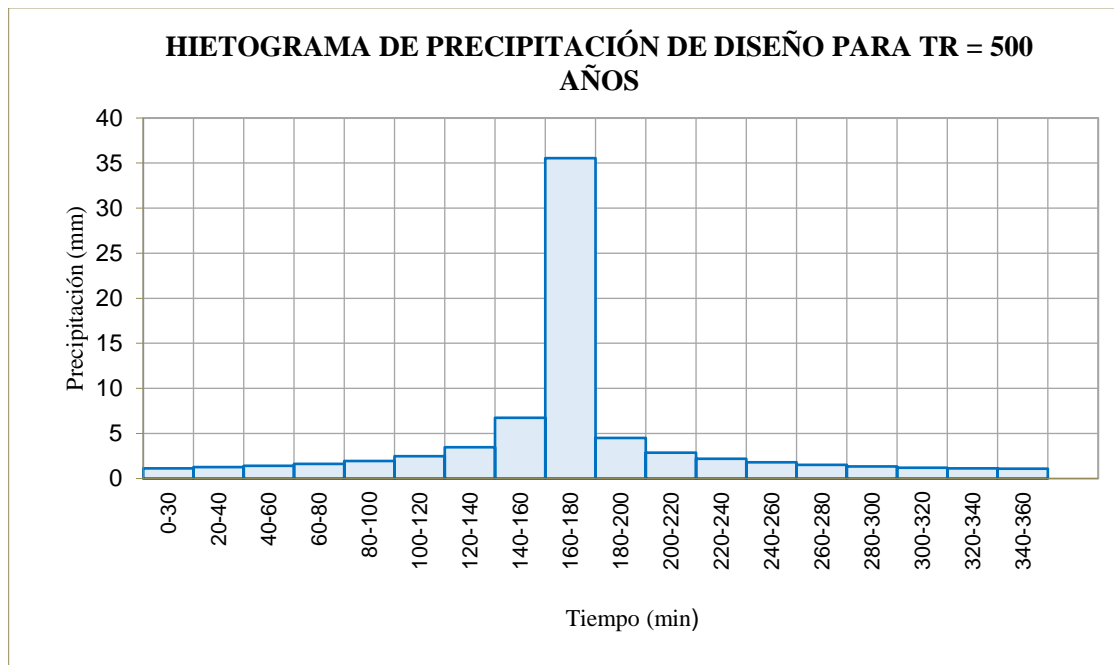


Figura 12 Hietograma de tormenta de diseño para  $T=500$  años.

### 3.5.2.7. Numero de curva.

Los números de curva (CN), se obtuvieron en base a la información de mapas de uso de suelo, mapa de cobertura vegetal y modelo de elevación digital DEM, información que fue aplicada al área de interés, obteniendo los datos de números de curva lo cual se verifica en la siguiente figura:

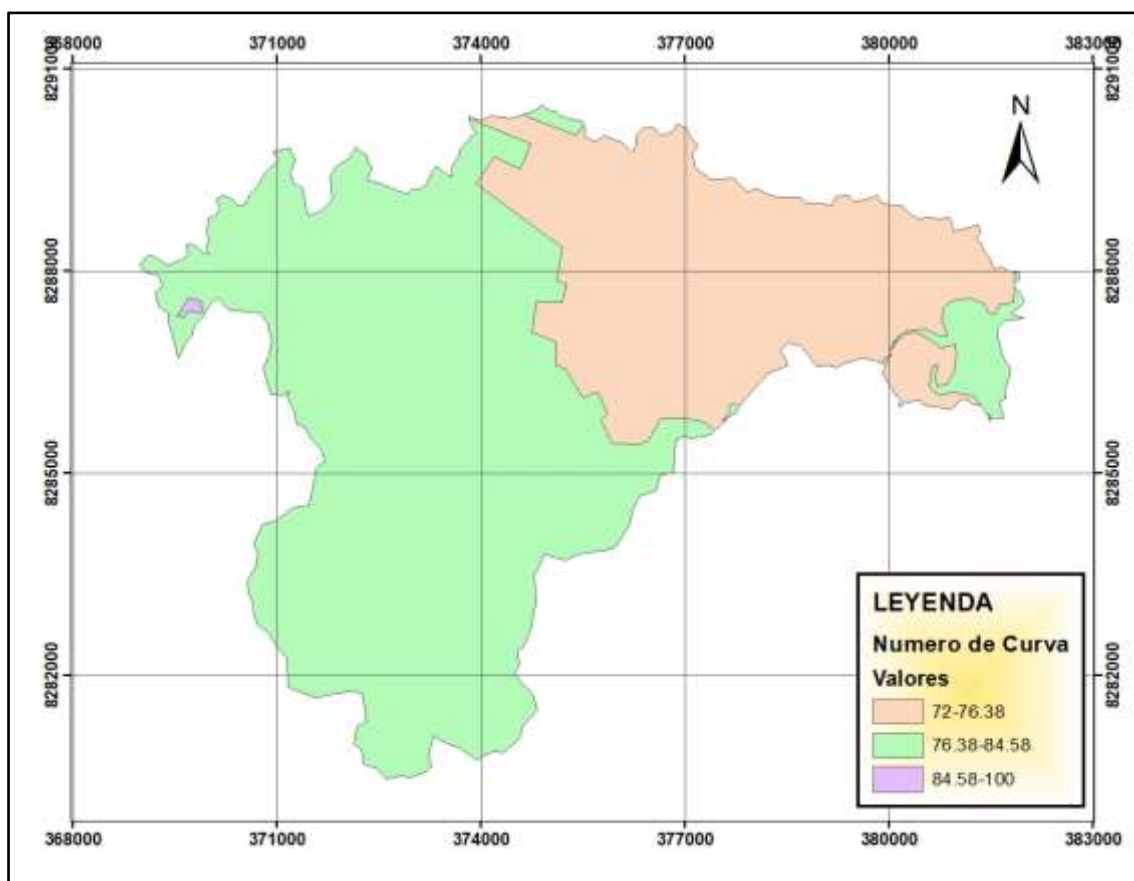


Figura 13 Mapa números de curva CN, sub cuenca Río Torococha Juliaca.

Los datos ponderados de números de curva se aprecian en las siguientes tablas:

Tabla 16

Número de curva CN para la microcuenca W40.

Área	Rango	CN medio	Área x CN
20.92	72 - 76.38	74.19	1552.05
10.40	76.38 - 84.58	80.48	836.99
31.32			2389.05
CN promedio	W40		76.28

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17  
*Número de curva CN para la microcuenca W50.*

Área	Rango	CN medio	Área x CN
11.06	76.38 - 84.58	80.48	890.11
0.06	84.58 - 100	92.29	5.26
11.12			895.37
CN promedio	W50		80.54

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18  
*Número de curva CN para la microcuenca W60.*

Área	Rango	CN medio	Área x CN
18.33	76.38 - 84.58	80.48	1475.20
18.33			1475.20
CN promedio	W60		80.48

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5.2.8. Parámetros de los métodos empleados, H.U. Clark, H.U. SCS, H.U. Snyder.

El desarrollo de los métodos de hidrograma unitario se realiza empleando la herramienta computacional HEC HMS, para tal efecto fue necesario determinar los parámetros que cada método exige para su ejecución y funcionamiento, el resumen de los resultados de dichos parámetros se consigna a continuación:

Tabla 19  
*Parámetros del hidrograma unitario de Clark, tiempo de concentración y coeficiente de almacenamiento.*

Nombre	Área (Km <sup>2</sup> )	L (Km)	S (m/m)	Tc (h)	Coeficiente de almacenamiento (h)
W40	31.32	13.65	0.0114	5.73	4.59
W50	11.12	8.26	0.0016	5.61	4.49
W60	18.33	9.78	0.0159	4.04	3.23

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20

*Parámetros del hidrograma unitario del SCS, tiempo de retardo.*

Nombre	Área (Km <sup>2</sup> )	L (Km)	S (m/m)	S (%)	Temez tc (h)	Bransby-Williams tc (h)	Clark tc (h)	Promedio (h)	T. Lag (min)
W40	31.32	13.65	0.0114	1.14	5.11	5.70	5.73	5.51	198.54
W50	11.12	8.26	0.0016	0.16	5.09	5.68	5.61	5.46	196.56
W60	18.33	9.78	0.0159	1.59	3.73	4.03	4.04	3.94	141.69

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21

*Parámetros del hidrograma unitario de Snyder, tiempo de retardo de la cuenca y coeficiente pico de la cuenca.*

Nombre	Área (Km <sup>2</sup> )	L (Km)	Lc (km)	Ct	Tp (h)	S (%)	Cp
W40	31.32	13.65	11.81	1.609	5.54	1.14	0.60
W50	11.12	8.26	4.72	2.344	5.28	0.16	0.60
W60	18.33	9.78	4.36	1.512	3.50	1.59	0.60

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.2.9. Modelización hidrológica

La modelización hidrológica reside en la obtención de la máxima avenida para el periodo de retorno elegido, en este caso utilizaremos tiempos de retorno de 140 años y 500 años, dichos resultados se utilizarán en el diseño del puente Torococha.

Se hizo la modelización hidrológica mediante la herramienta computacional HEC-HMS y la extensión HEC GeoHMS, para esto se emplearon métodos de pérdida y transformación lluvia - escurrimiento, para lo cual se utilizaron tres métodos: hidrograma unitario de Clark, hidrograma unitario SCS e hidrograma unitario de Snyder.

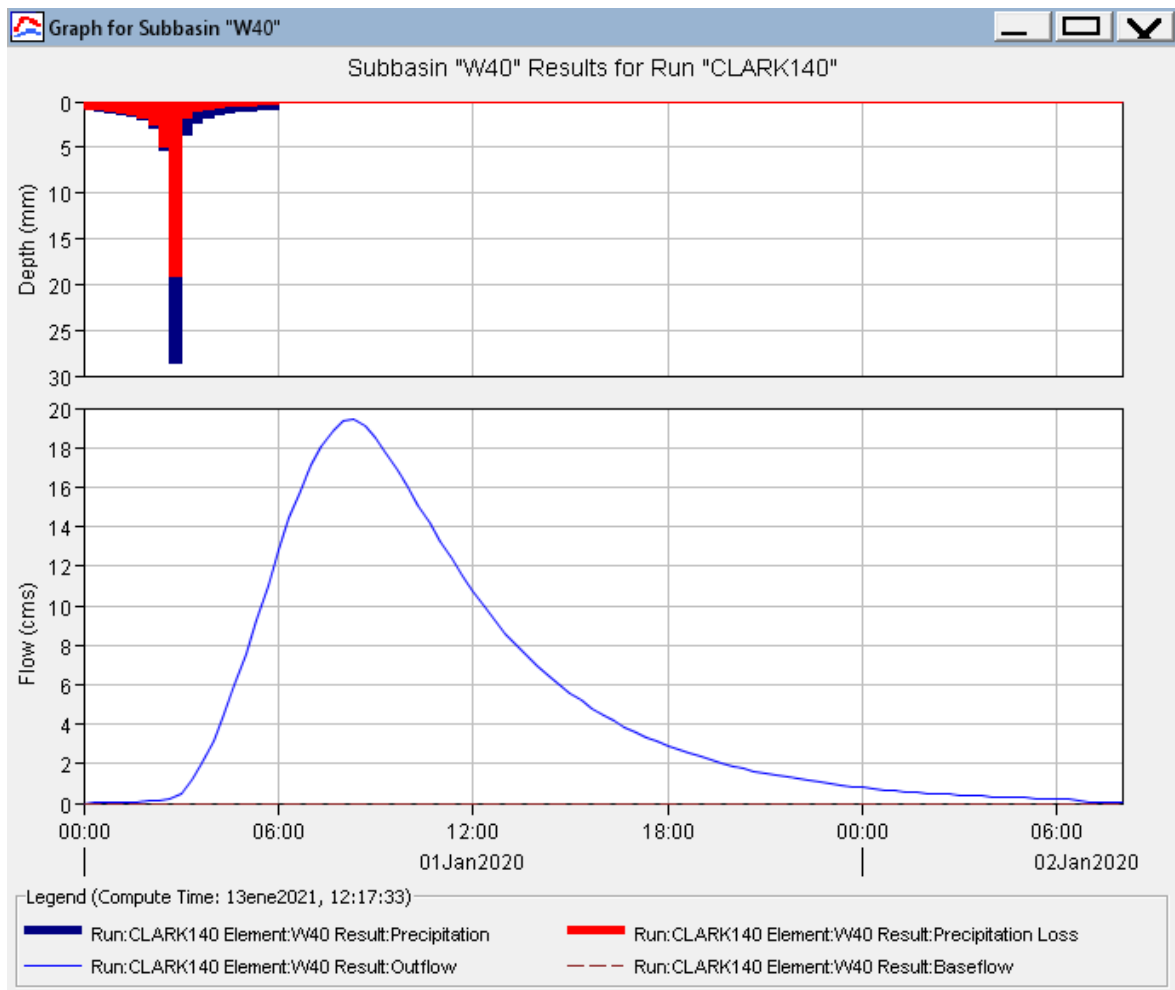


Figura 14 Hidrograma unitario determinado con el método de Clark T=140 años, microcuenca W40.

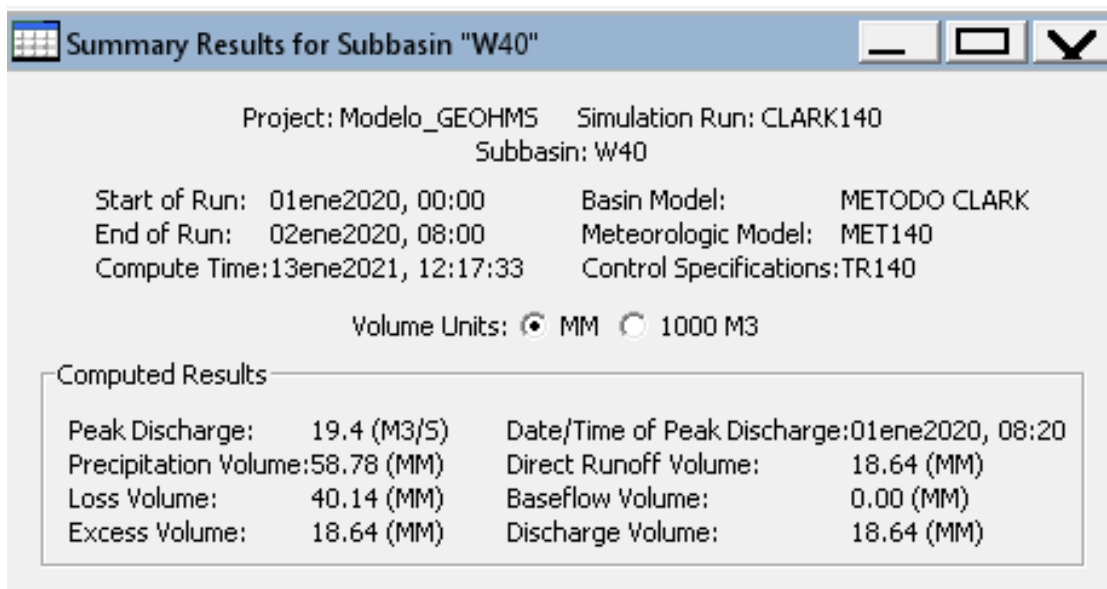


Figura 15 Resumen de la simulación método de Clark T=140 años, microcuenca W40.



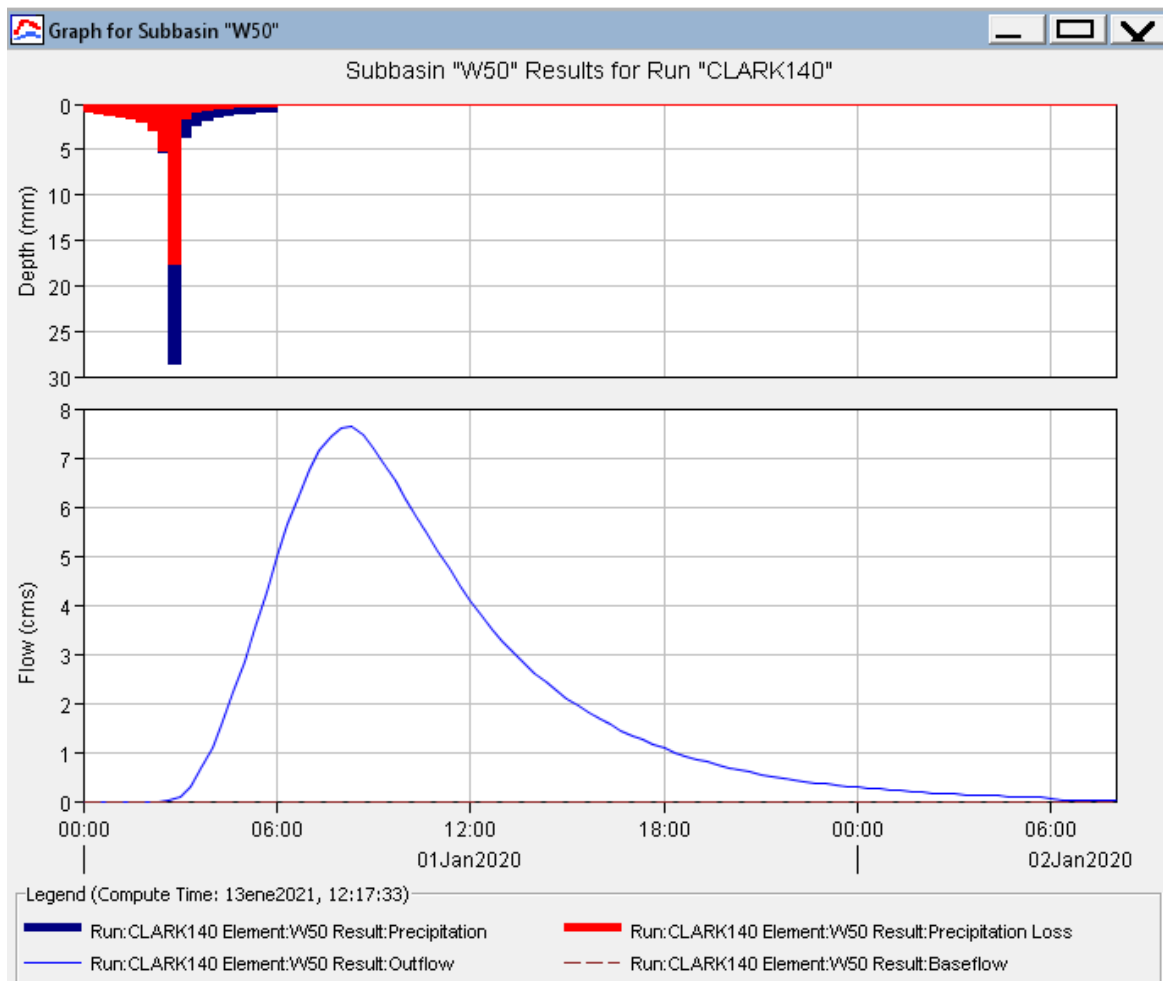


Figura 16 Hidrograma unitario determinado con el método de Clark T=140 años, microcuenca W50.

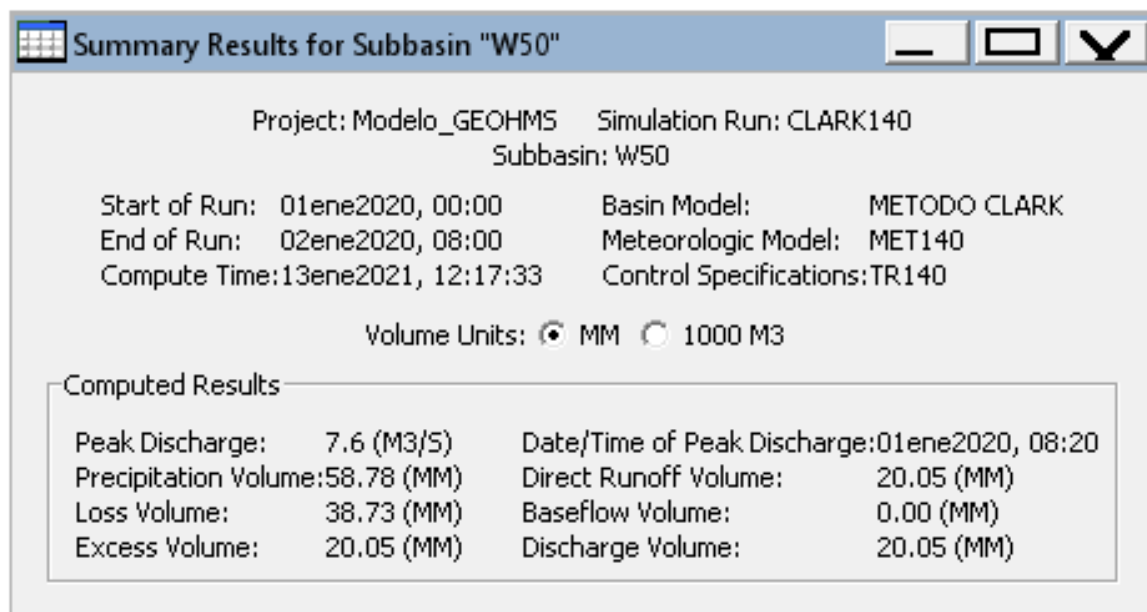


Figura 17 Resumen de la simulación método de Clark T=140 años, microcuenca W50.

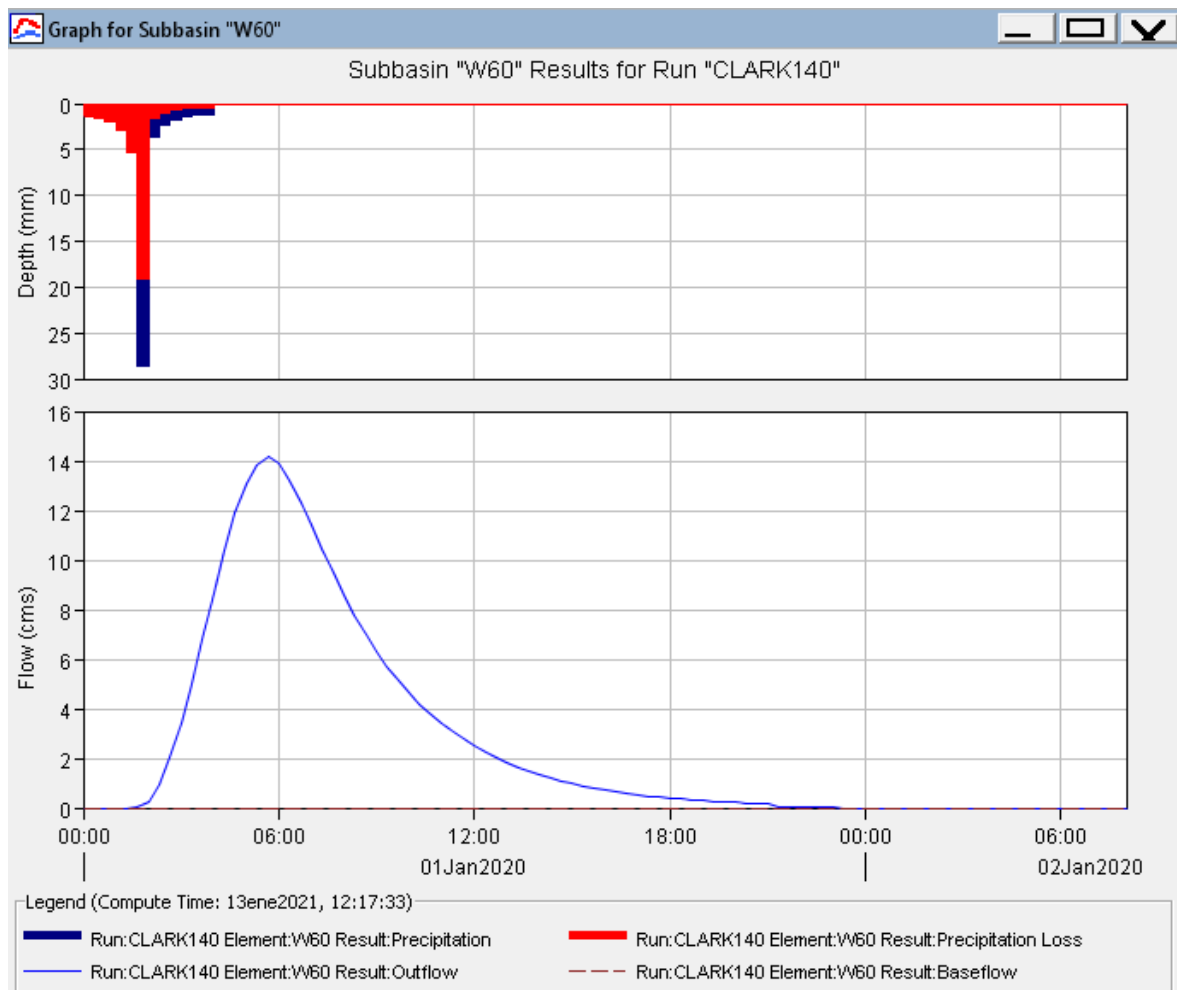


Figura 18 Hidrograma unitario determinado con el método de Clark T=140 años, microcuenca W60.

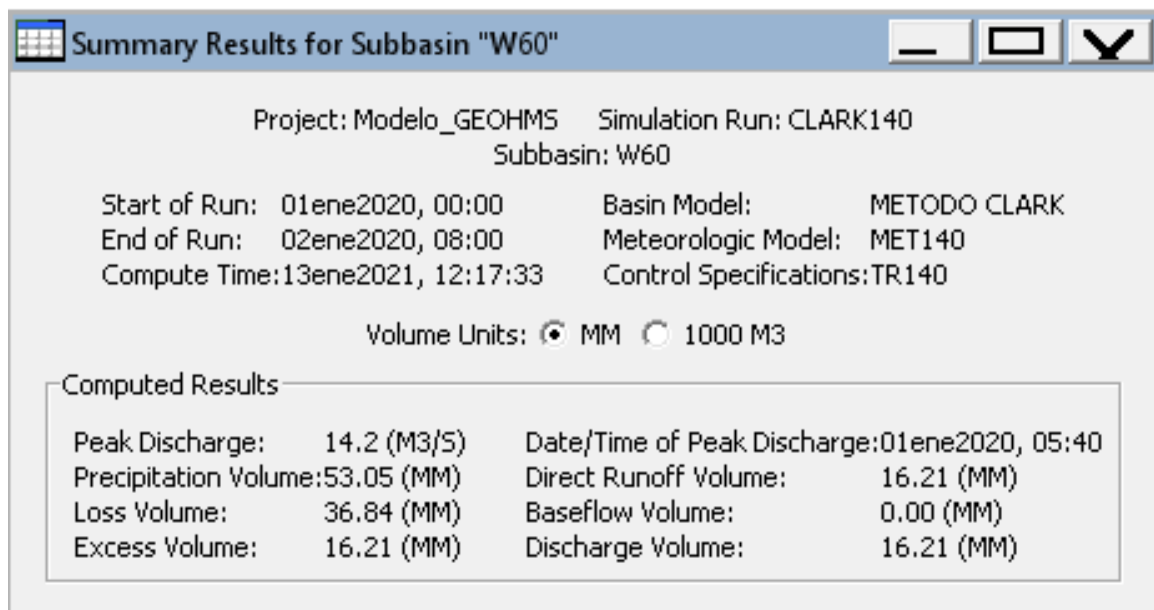


Figura 19 Resumen de la simulación método de Clark T=140 años, microcuenca W60.

La simulación y los hidrogramas unitarios de Clark, para un tiempo de retorno de T=500 años, para las microcuencas W40, W50 y W60, así como la simulación e hidrogramas unitarios SCS y Snyder, para periodos de retorno T=140 años y T=500 años respectivamente, se muestran en el Anexo 3.4.

### 3.5.2.10. Tránsito de hidrogramas

Para la determinación de los parámetros K y X necesarios para el tránsito de hidrogramas se consideraron el método propuesto por el Instituto Flumen de España, cuyos valores obtenidos se consignan a continuación.

Tabla 22

*Valores de K y X, método Instituto Flumen, España.*

Nombre	Área (Km <sup>2</sup> )	L (Km)	S (m/m)	Tc	K (h)	K (h)	Promedio K (h)	X
W40	31.32	13.65	0.0114	5.51	3.068	3.31	3.19	0.20
W50	11.12	8.26	0.0016	5.46	3.053	3.28	3.16	0.20
W60	18.33	9.78	0.0159	3.94	2.238	2.36	2.30	0.20

Fuente: Elaboración propia

## 3.6. Métodos de Análisis de Datos

### 3.6.1. Determinación de la máxima avenida de diseño, empleando el método del hidrograma unitario de Clark.

#### 1. Caracterización geomorfológica de la subcuenca del río Torococha.

Los parámetros geomorfológicos de las subcuencas en estudio, se obtuvieron a partir del modelo de elevación digital (DEM), para tal efecto se ha utilizado la herramienta ArcGIS 10.4.1.

#### 2. Pruebas o análisis de datos dudosos.

Se realizó este análisis con la finalidad de identificar valores de precipitación máxima en 24 horas, que se alejen demasiado de la tendencia general del registro histórico de la estación, para lo cual se empleó el método Water Resources Council.

#### 3. Análisis de precipitaciones extremas.

Para el análisis de precipitación extrema, en las estaciones de Juliaca, Cabanillas, Lampa, Capachica, Mañazo, Pucara, Puno y

Taraco se consideraron 05 distribuciones teóricas: Normal, Log Normal, Gumbel, Pearson III y Log Pearson III.

4. Ajuste de función de distribución de probabilidad.

Los registros de precipitación máxima en 24 horas, de las ocho estaciones, fueron estimados a partir del modelo Smirnov – Kolmogorov, a fin de comprobar las distribuciones teóricas a las que se ajustan sus registros.

5. Curva de intensidad duración y frecuencia

Las estaciones pluviométricas de la zona, no tienen registros de pluviógrafos que ayuden a obtener intensidades máximas, no obstante, pueden estimarse con datos de precipitaciones máximas en 24 horas, utilizando la metodología de Dick Peschke.

6. Numero de curva (CN).

El número de curva CN, se realiza mediante el método propuesto por la Autoridad Nacional de Agua, donde emplea modelo de elevación digital, mapa de uso de suelo y mapa de cobertura vegetal.

7. Parámetros del método del hidrograma unitario de Clark

- Tiempo de concentración de la cuenca.
- Coeficiente de almacenamiento de la cuenca

8. Modelización hidrológica.

Para generar máximas avenidas se ha empleado el sistema de modelado hidrológico (HEC HMS), cuyo modelo es lineal y semidistribuido, el cual ha permitido simular acontecimientos de crecidas asociado a un modelo de tormenta de diseño para un cierto tiempo de retorno.

9. Tránsito de avenidas

El método utilizado es el de Muskingum, el cual al ser incorporado en la herramienta HEC-HMS, solicita información de: coeficiente de proporcionalidad (K) y el factor de ponderación (X).

**3.6.2. Cálculo de la máxima avenida de diseño, aplicando el método del hidrograma unitario triangular SCS.**

1. Caracterización geomorfológica de la subcuenca del río Torococha.
2. Pruebas o análisis de datos dudosos.

3. Análisis de precipitaciones extremas.
4. Ajuste de función de distribución de probabilidad.
5. Curva de intensidad duración y frecuencia
6. Numero de curva (CN).
7. Parámetros del hidrograma unitario triangular SCS.
  - Tiempo de retardo de la cuenca
8. Modelización hidrológica.
9. Tránsito de avenidas

### **3.6.3. Estimación de la máxima avenida de diseño, utilizando el método del hidrograma unitario de Snyder.**

1. Caracterización geomorfológica de la subcuenca del rio Torococha.
2. Pruebas o análisis de datos dudosos.
3. Análisis de precipitaciones extremas.
4. Ajuste de función de distribución de probabilidad.
5. Curva de intensidad duración y frecuencia
6. Numero de curva (CN).
7. Parámetros del método del hidrograma unitario de Snyder.
  - Tiempo de retardo de la cuenca
  - Coeficiente pico de la cuenca
8. Modelización hidrológica.
9. Tránsito de avenidas

### **3.6.4. Generación de máximas avenidas de diseño empleando métodos hidrológicos.**

1. Selección de la máxima avenida de diseño generado mediante métodos hidrológicos.

## **3.7. Aspectos Éticos**

Se consideró la autenticidad de los resultados, el compromiso social, el cuidar la identidad de las personas que colaboraron en el estudio, el respeto a la propiedad pensadora y por el ecosistema.

Los criterios éticos que se tomaron en cuenta son: privacidad, integridad, peculiaridad y el consentimiento informado de los individuos participes en la información.

#### IV. RESULTADOS

En el capítulo anterior se examinó la información obtenida durante el estudio, de tal forma que nos permitió obtener los parámetros necesarios para el cálculo de máximas avenidas mediante los métodos hidrológicos. Los procedimientos para la obtención de los resultados con los métodos estudiados se efectuaron mediante herramientas básicas de modelización hidrológica.

Para concluir con los propósitos de la presente tesis de investigación, se realiza la modelización Hidrológica con la herramienta HEC-HMS; a partir de este software se desarrollaron los métodos de Hidrogramas Unitarios SCS, Clark y Snyder.

Los resultados que a continuación se presentan están en el orden de los objetivos (específicos y general).

##### 4.1. Determinación de la máxima avenida de diseño, empleando el método del hidrograma unitario de Clark.

En la Figura 20, Figura 21, Tabla 23 y Tabla 24 se muestran los caudales máximos determinados por el método del hidrograma unitario de Clark, para los tiempos de retorno de 140 y 500 años respectivamente.

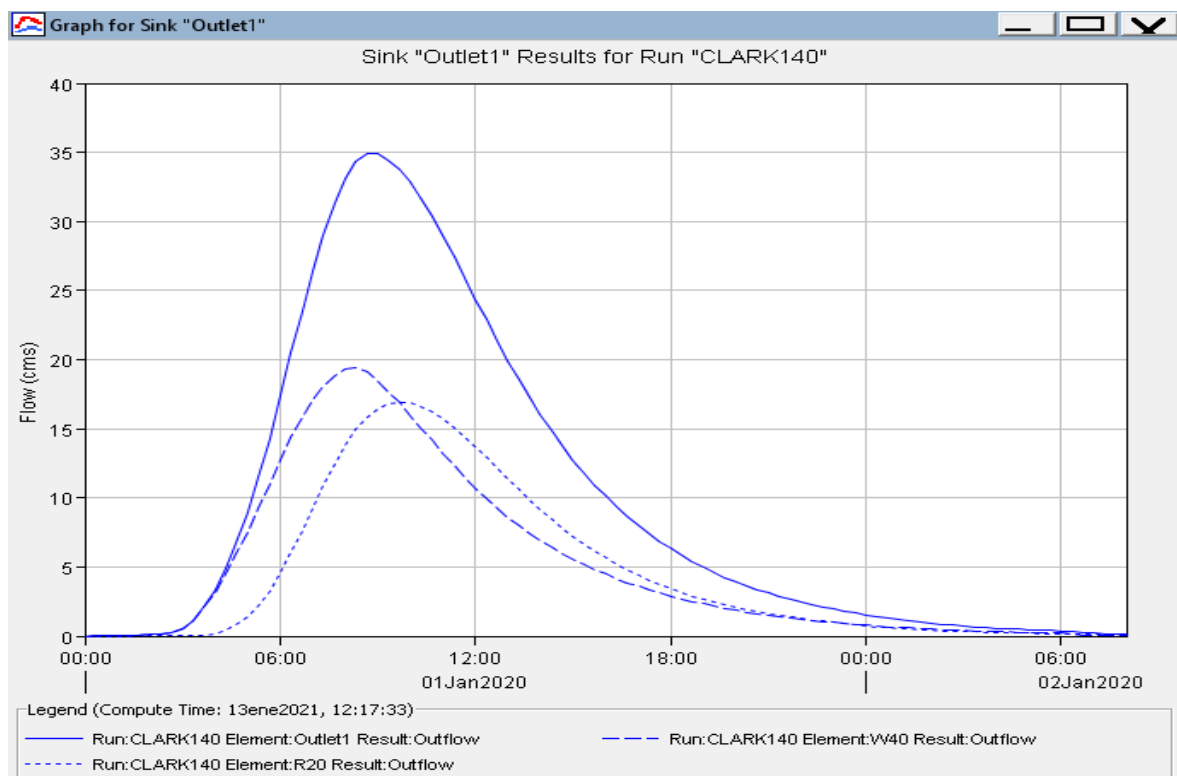


Figura 20 Hidrograma unitario de salida de Clark para T=140 años.

Según la figura 20 se aprecia que los valores de la crecida máxima medido para los hidrogramas calculados, empleando el hidrograma unitario de Clark para un tiempo de retorno de 140 años el valor de la crecida máxima determinado es 34.90 m<sup>3</sup>/s, registrado a las 8:40 a 9:00 horas.

Tabla 23

*Máximas avenidas determinados a partir del hidrograma unitario de Clark en la sub cuenca Torococha T=140 años*

Elemento Hidrológico	Área de drenaje (Km <sup>2</sup> )	Descarga máxima (m <sup>3</sup> /s)
W60	18.33	14.20
W50	11.12	7.60
W40	31.32	19.40
J14	29.45	18.90
R20	29.45	16.90
<b>Puente</b>	<b>60.77</b>	<b>34.90</b>

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla 21, los valores de las descargas máximas de los hidrogramas simulados son directamente proporcionales al área de drenaje de cada microcuenca considerada, es evidente que a mayor área de drenaje el caudal máximo de diseño será mayor.

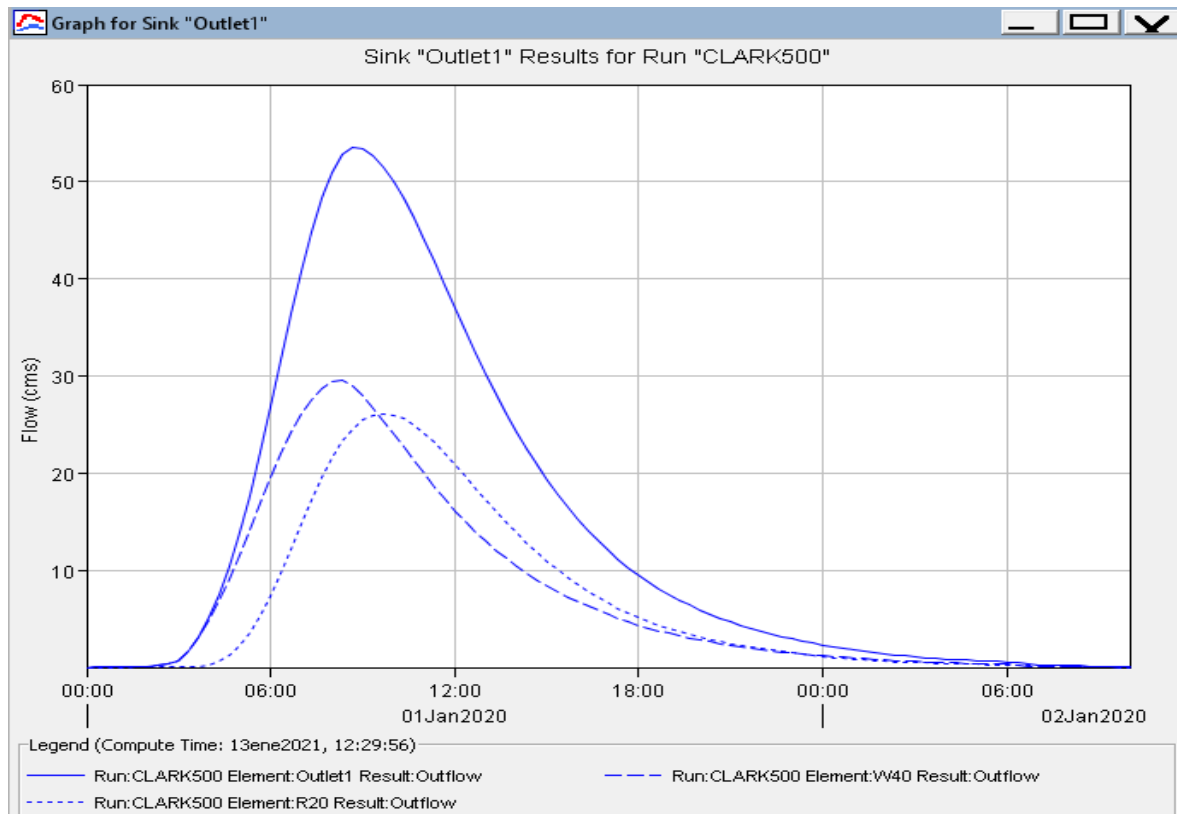


Figura 21 Hidrograma unitario de salida de Clark para T=500 años.

Según la figura 21 la máxima avenida determinada para un tiempo de retorno de 500 años es registrada a las 9:00 horas, el hidrograma de salida presenta un valor de crecida máxima igual a 53.50 m<sup>3</sup>/s.

Tabla 24

*Máximas avenidas a partir del hidrograma unitario de Clark en la sub cuenca Torococha T=500 años.*

Elemento Hidrológico	Área de drenaje (Km <sup>2</sup> )	Descarga máxima (m <sup>3</sup> /s)
W60	18.33	21.10
W50	11.12	11.60
W40	31.32	29.50
J14	29.45	29.30
R20	29.45	26.10
<b>Puente</b>	<b>60.77</b>	<b>53.50</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2. Cálculo de la máxima avenida de diseño, aplicando el método del hidrograma unitario triangular SCS.

En la Figura 22, Figura 23 y Tabla 25, Tabla 26 se muestran los caudales máximos calculados por el hidrograma unitario de SCS, para los tiempos de retorno de 140 y 500 años, para la subcuenca del río Torococha.

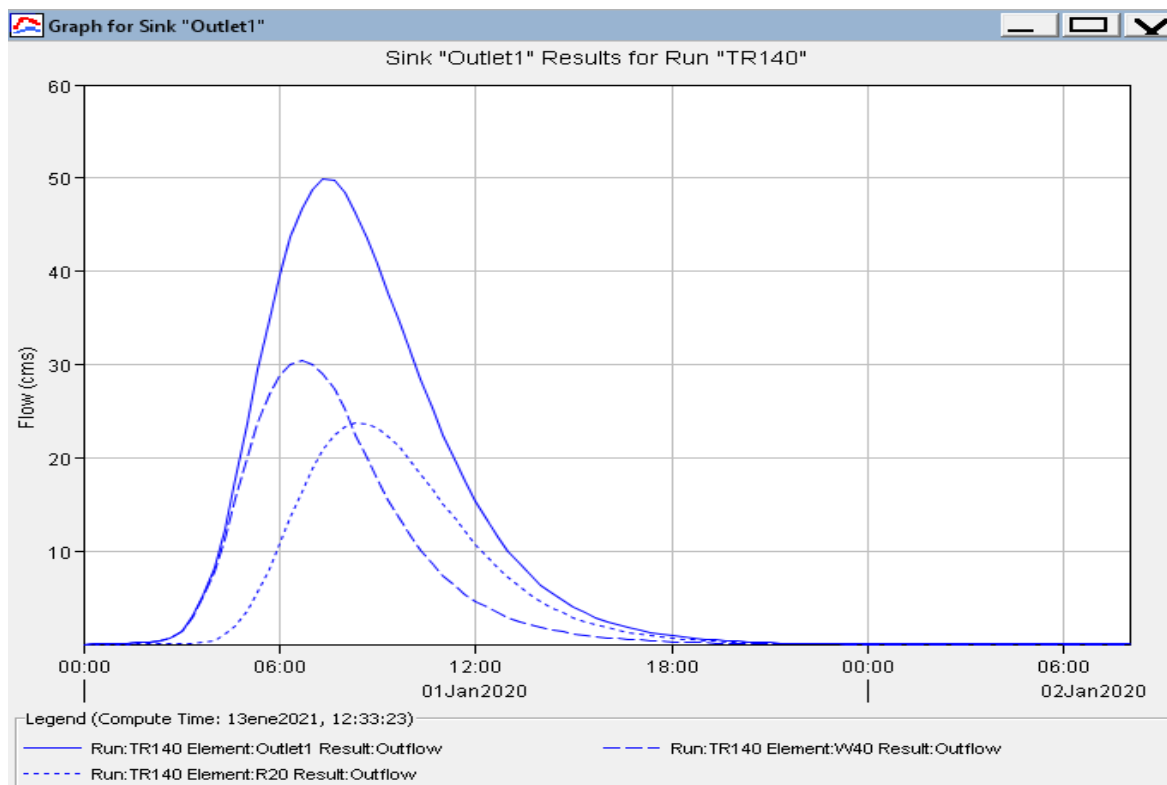


Figura 22 Hidrograma unitario de salida del SCS para T=140 años.



Según la figura 22 se evidencia que, los valores de las máximas avenidas registrado para los hidrogramas simulados, utilizando el hidrograma unitario SCS para un tiempo de retorno de 140 años la cantidad de la crecida máxima alcanzó a 49.80 m<sup>3</sup>/s, registrado a las 7:20 a 7:40 horas.

Tabla 25

*Máximas avenidas calculados a partir del hidrograma unitario del SCS en la sub cuenca Torococha T=140 años.*

Elemento Hidrológico	Área de drenaje (Km <sup>2</sup> )	Descarga máxima (m <sup>3</sup> /s)
W60	18.33	21.80
W50	11.12	11.90
W40	31.32	30.40
J14	29.45	28.80
R20	29.45	23.70
<b>Puente</b>	<b>60.77</b>	<b>49.80</b>

Fuente: Elaboración propia.

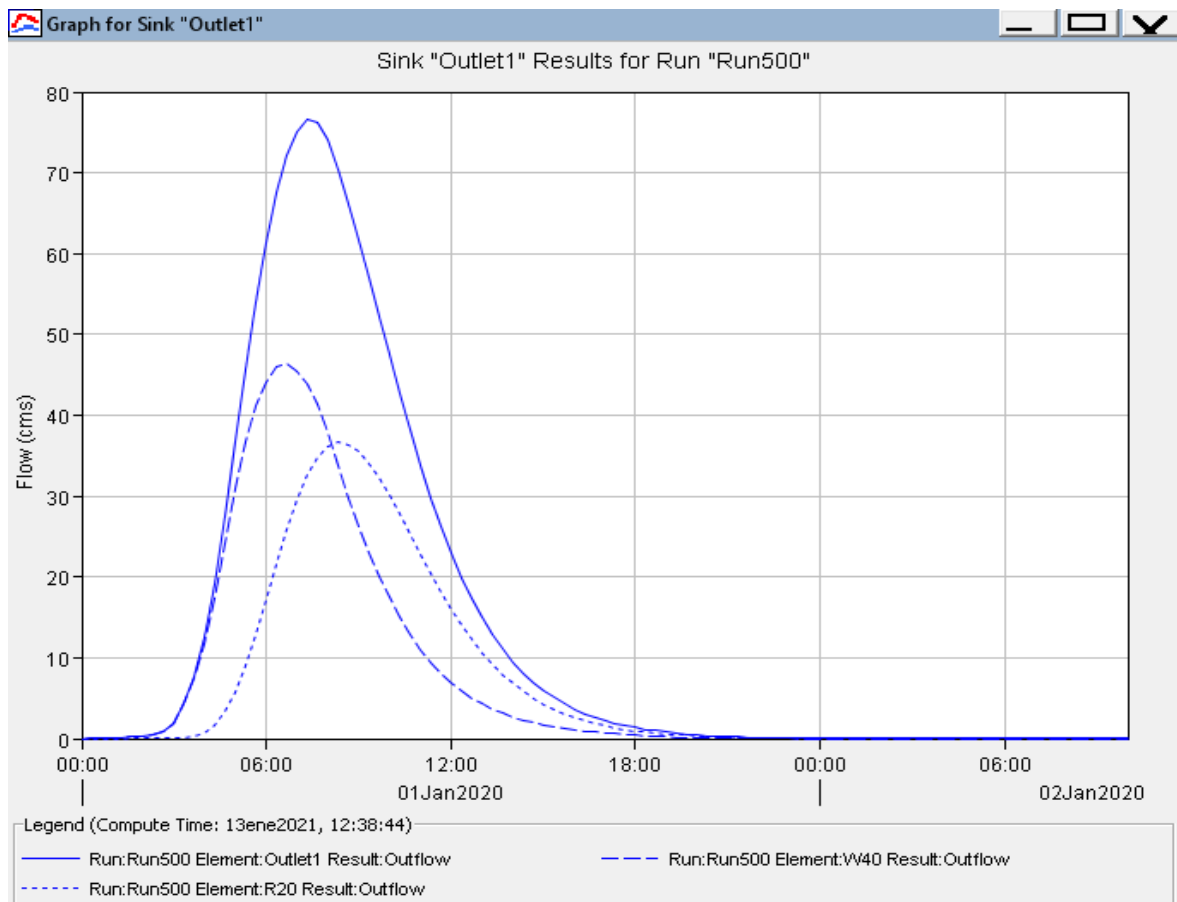


Figura 23 Hidrograma unitario de salida SCS para T=500 años.

De acuerdo a la figura 23 se evidencia que, los valores de las máximas avenidas registrado para los hidrogramas simulados, empleando el hidrograma unitario SCS para un tiempo de retorno de 500 años la crecida máxima alcanzada es 76.60 m<sup>3</sup>/s, registrado a las 7:40 horas.

Tabla 26

*Máximas avenidas calculados a partir del hidrograma unitario de SCS en la subcuenca Torococha T=500 años.*

Elemento Hidrológico	Área de drenaje (Km <sup>2</sup> )	Descarga máxima (m <sup>3</sup> /s)
W60	18.33	33.90
W50	11.12	18.20
W40	31.32	46.30
J14	29.45	44.60
R20	29.45	36.70
<b>Puente</b>	<b>60.77</b>	<b>76.60</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3. Estimación de la máxima avenida de diseño, utilizando el método del hidrograma unitario de Snyder.

En la Figura 24, Figura 25 y Tabla 27, Tabla 28 se muestran los caudales máximos estimados desde el hidrograma unitario de Snyder, para los tiempos de retorno de 140 y 500 años correspondientemente.

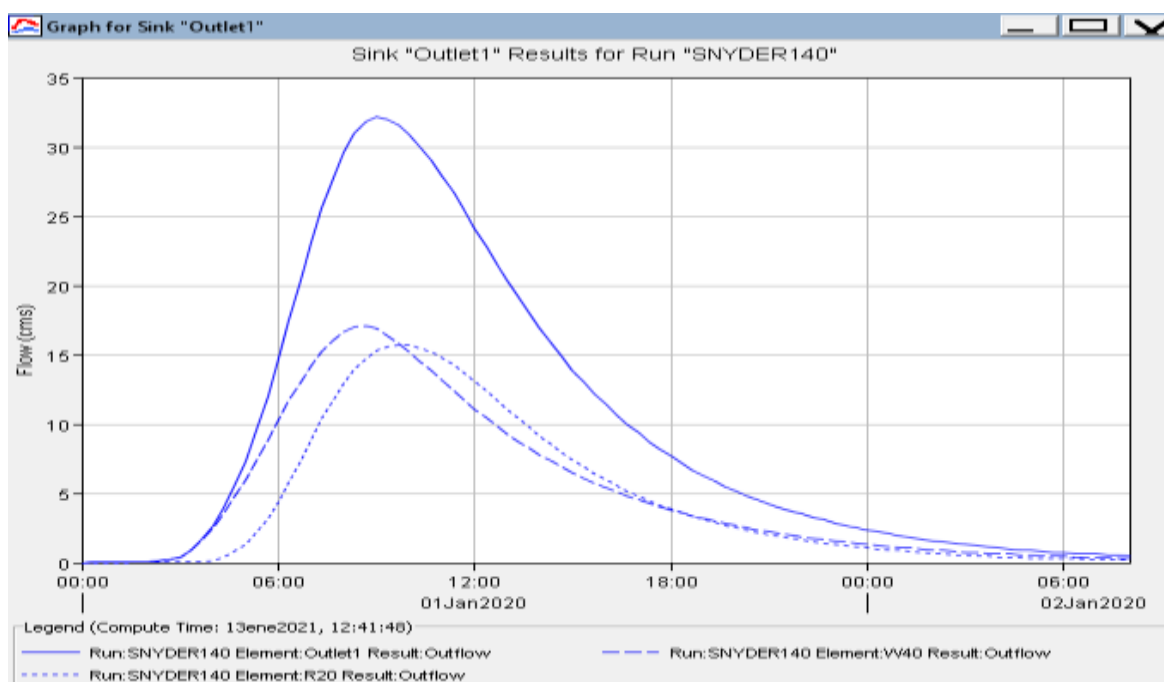


Figura 24 Hidrograma unitario de salida de Snyder para T=140 años.

De acuerdo a la figura 24 se observa que, los valores de las máximas avenidas registrado para los hidrogramas simulados, empleando el hidrograma unitario de Snyder para un tiempo de retorno de 140 años la crecida máxima el estimada es 32.10 m<sup>3</sup>/s, cuyo registro se ha dado a las 9:20 horas.

Tabla 27

*Máxima avenida estimados a partir del hidrograma unitario de Snyder en la subcuenca Torococha T=140 años.*

Elemento Hidrológico	Área de drenaje (Km <sup>2</sup> )	Descarga máxima (m <sup>3</sup> /s)
W60	18.33	13.60
W50	11.12	6.90
W40	31.32	17.10
J14	29.45	17.40
R20	29.45	15.70
<b>Puente</b>	<b>60.77</b>	<b>32.10</b>

Fuente: Elaboración propia.

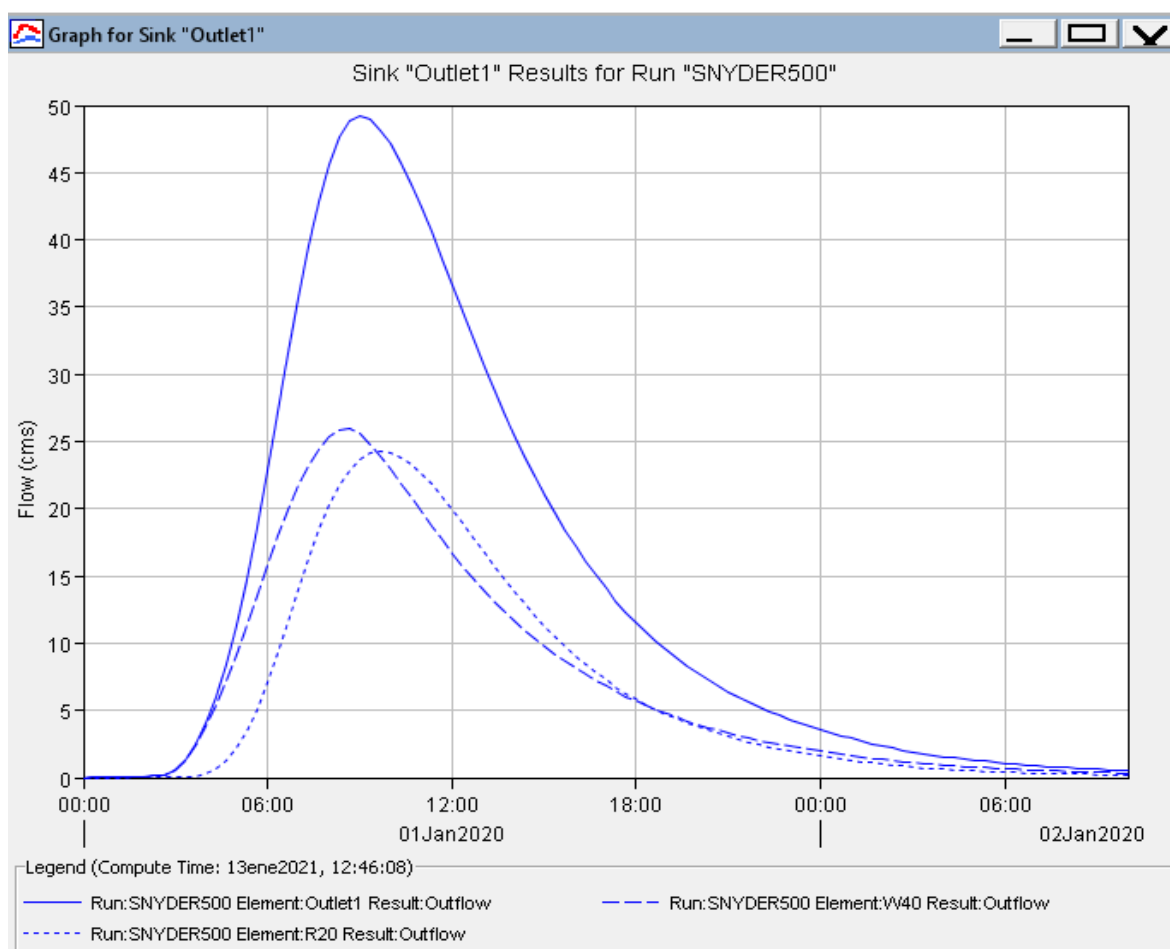


Figura 25 Hidrograma unitario de salida de Snyder T=500 años.

Según la figura 25 se aprecia que, los valores de las máximas avenidas registrado para los hidrogramas simulados, aplicando el hidrograma unitario de Snyder, para un tiempo de retorno de 500 años la máxima avenida estimada es 49.20 m<sup>3</sup>/s, registrado a las 9:00 a 9:20 horas.

Tabla 28

*Máximas avenidas estimados a partir del hidrograma unitario de Snyder en la sub cuenca Torococha T=500 años.*

<b>Elemento Hidrológico</b>	<b>Área de drenaje (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Descarga máxima (m<sup>3</sup>/s)</b>
W60	18.33	21.10
W50	11.12	10.40
W40	31.32	26.00
J14	29.45	27.00
R20	29.45	24.30
<b>Puente</b>	<b>60.77</b>	<b>49.20</b>

Fuente: Elaboración propia

#### **4.4. Generación de máximas avenidas de diseño empleando métodos hidrológicos.**

En la Tabla 29 se consigna los resultados de máximas avenidas obtenidos a partir de los métodos hidrológicos, para periodos de retorno T=140 años y T=500 años respectivamente.

Tabla 29

*Resumen de máximas avenidas de diseño para distintos tiempos de retorno.*

<b>Modelización Hidrológica</b>	<b>Máximas avenida de diseño</b>	
	<b>T=140 años m<sup>3</sup>/s</b>	<b>T=500 años m<sup>3</sup>/s</b>
Hidrograma unitario de Clark	34.90	53.50
Hidrograma unitario de SCS	49.80	76.60
Hidrograma Unitario de Snyder	32.10	49.20

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar los valores de los resultados obtenidos por los métodos hidrológicos para tiempos de retorno de 140 años y 500 años, el método de Clark y Snyder presentan valores muy similares, lo cual nos indica que son los más idóneos para el diseño del puente Torococha de la avenida circunvalación II de la ciudad de Juliaca.

## V. DISCUSIÓN

### Discusión 1:

La máxima avenida determinada bajo el enfoque del método del hidrograma unitario de Clark, mostrados en la tabla 23 y tabla 24 para tiempos de retorno de  $T=140$  años y  $T=500$  años, y representados en los hidrogramas de las figuras 20 y 21, de la sub cuenca Torococha tienen las peculiaridades siguientes: para una máxima avenida con tiempo de retorno de 140 años, el caudal pico alcanzado es de  $34.90 \text{ m}^3/\text{s}$ , asimismo para una máxima avenida con tiempo de retorno de 500 años, la máxima avenida determinada es  $53.50 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Al respecto Avellaneda y Montalvo (2019), citado como antecedente nacional encontraron que el método del hidrograma unitario de Clark, es el que menor valor de caudales máximos genera, en comparación a la estación hidrométrica hasta un periodo de retorno de 200 años, a partir de ahí los valores se acercan favorablemente a los obtenidos por la estación hidrométrica. Asimismo, Arteaga (2017) citado como antecedente internacional encontró que de los hidrogramas sintéticos de Snyder, Clark y SCS, el hidrograma de salida que mejor se ajusta al hidrograma real, ha sido el hidrograma unitario de Clark.

### Discusión 2:

La máxima avenida calculada mediante el hidrograma unitario SCS, mostrados en la tabla 25 y tabla 26, para tiempos de retorno de 140 años y 500 años, descritos en los hidrogramas de las figuras 22 y 23 de la subcuenca Torococha tiene las siguientes particularidades: para una avenida máxima con tiempo de retorno de 140 años, la descarga máxima determinada es  $49.80 \text{ m}^3/\text{s}$ , de la misma forma para una descarga máxima con tiempo de retorno de 500 años, la máxima avenida calculada es  $76.60 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Al respecto Avellaneda y Montalvo (2019), citado como antecedente nacional encontró que el método del hidrograma unitario SCS, genera caudales máximos sobreestimados, aunque su utilización podría ser aceptable para periodos de retorno de hasta 10 años. Asimismo, Bermeo et al (2018), citado como antecedente internacional nos muestra que los caudales máximos obtenidos con los métodos SCS y Snyder tienen resultados muy similares para los distintos tiempos de retorno.

### **Discusión 3:**

La máxima avenida estimada aplicando el hidrograma unitario de Snyder, mostrados en la tabla 27 y tabla 28, para tiempos de retorno de 140 años y 500 años, descritos en los hidrogramas de las figuras 24 y 25 de la subcuenca Torococha tiene las peculiaridades siguientes: para una crecida con periodo de retorno de 140 años, el caudal pico estimado es de 32.10 m<sup>3</sup>/s, igualmente para una crecida con tiempo de retorno de 500 años, la máxima avenida estimada es 49.20 m<sup>3</sup>/s.

Al respecto Avellaneda y Montalvo (2019), citado como antecedente nacional encontró que el método del hidrograma unitario de Snyder, es el que genera valores intermedios de caudales máximos, teniendo mayores diferencias en los periodos de retorno de valores extremos, con caudales menores hasta el tiempo de retorno de 25 años, y mayores desde el tiempo de retorno de 200 años. Asimismo, Bermeo et al (2018), citado como antecedente internacional manifiesta que el método SCS y Snyder muestran resultados similares para distintos tiempos de retorno, por lo que indican que son los más adecuados para la estimación de caudales máximos para la sub cuenca de interés.

### **Discusión 4:**

De la tabla 29 se demuestran que los resultados obtenidos por los métodos Clark y Snyder son parecidos, cabe indicar que el resultado obtenido con el método SCS existe diferencias significativas con respecto a las anteriores.

Al respecto Portuguez (2017) citado como antecedente nacional revela que el hidrograma unitario sintético de Clark arroja resultados adecuados y menores errores porcentuales, por lo que para la generación de máximas avenidas es el más eficiente y sus resultados representan confiabilidad. Asimismo, Arteaga (2017) citado como antecedente internacional indican que el hidrograma generado con el método de Clark es el que se ajusta adecuadamente al hidrograma estimado por los registros observados.

## **VI. CONCLUSIONES**

### **Conclusión 1:**

La máxima avenida de diseño determinada mediante el hidrograma unitario de Clark en la sub cuenca del río Torococha es 34.90 m<sup>3</sup>/s para (T=140 años) y 53.50 m<sup>3</sup>/s para (T=500 años).

### **Conclusión 2:**

La máxima avenida de diseño calculado aplicando el hidrograma unitario SCS en la sub cuenca del río Torococha es 49.80 m<sup>3</sup>/s para (T=140 años), y 76.60 m<sup>3</sup>/s para (T=500 años).

### **Conclusión 3:**

La máxima avenida de diseño estimada utilizando el hidrograma unitario de Snyder en la sub cuenca del río Torococha es 32.10 m<sup>3</sup>/s para (T=140 años), y 49.20 m<sup>3</sup>/s para (T=500 años).

### **Conclusión 4:**

Las máximas avenidas generados empleando métodos hidrológicos, en la sub cuenca del río Torococha es 34.90 m<sup>3</sup>/s para (T=140 años) asimismo 53.50 m<sup>3</sup>/s para (T=500 años), dichos valores se pueden emplear para el diseño del puente Torococha, vía de evitamiento Circunvalación II de la ciudad de Juliaca.

## VII. RECOMENDACIONES

### **Recomendación 1:**

Para el diseño del puente Torococha se recomienda emplear la máxima avenida de diseño obtenida mediante el hidrograma unitario de Clark, es decir 34.90 m<sup>3</sup>/s para (T=140 años) y 53.50 m<sup>3</sup>/s para (T=500 años).

### **Recomendación 2:**

Para el uso adecuado del método del hidrograma unitario SCS, se recomienda actualizar cada cierto periodo de tiempo los mapas temáticos de cobertura vegetal y uso de suelo, ya que dichas variables cambian constantemente en el tiempo y espacio, de tal manera obtener resultados confiables.

### **Recomendación 3:**

Para la presente tesis de investigación se recomienda descartar el uso del hidrograma unitario de Snyder, ya que este método tiene limitaciones en cuencas pequeñas, de acuerdo al Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones el rango de empleo para este método es de 30 km<sup>2</sup> a 30,000 km<sup>2</sup>.

### **Recomendación 4:**

Para establecer el nivel de aguas máximas extraordinarias (NAME) y el galibo para el tablero del puente, se recomienda utilizar una máxima avenida de diseño de 34.90 m<sup>3</sup>/s, asimismo para estimar la socavación potencial total del puente emplear una máxima avenida de diseño de 53.50 m<sup>3</sup>/s, ya que dichos resultados han sido generados a partir del método del hidrograma de Clark.



## REFERENCIAS:

**APARICIO, Francisco J. 1999.** *Fundamentos de Hidrologia de Superficie.* Mexico, D.F. : LIMUSA, 1999. 9681830148.

**ARTEAGA, Miguel Oswaldo. 2017.** *Evaluacion del Modelo Hidrologico HEC HMS para la Prediccion Hidrologica y de Crecidas, en la Cuenca Baja del Rio Cañar (Tesis de Post Grado).* Quito, Ecuador : s.n., 2017.

**AUTORIDAD ADMINISTRATIVA DEL AGUA. 2017.** Estudio hidrologico de maximas avenidas. Abancay : s.n., 2017.

**AVELLANEDA, Anavella Del Pilar y MONTALVO, Kevin Mario. 2019.** *Analisis Comparativo de los Metodos Racional Modificado Temez, Hidrogramas Unitarios SCS, Clark y Snyder en la Obtencion de Caudales Maximos para las Subcuencas Cañad y Alto Chancay Lambayeque-Cuenca Chancay Lambayeque (Tesis de Pregrado).* Lambayeque-Peru : s.n., 2019.

**AYALA, Ivan Arturo. 2012.** *Hidrologia Deterministica para la Estimacion de Avenidas Maximas en la Cuenca del Rio Ichu.* Huancavelica, Peru : s.n., 2012.

**BARRIENTOS, KENNY WILSON. 2020.** *Hidologia Aplicada.* Potosi - Bolivia : s.n., 2020.

**BERMEO, Sergio Andres, LEON, Adriana Rocio y LOPEZ, Heidy Esperanza. 2018.** *Estimacion de los Caudales Maximos y Caracterizacion Morfometrica de la Subcuenca dek Cauce en el Sector Hidrodependiente del Municipio de San Francisco-Cundinamarca.* Bogota D.C. : s.n., 2018.

**BERNAL , Cesar A. 2010.** *Metologia de la investigacion.* Bogota : PEARSON, 2010. 9789586991292.

**CABRERA , Juan. 2006.** Unidad de respuesta hidrologica (U.R.H.). Lima : s.n., 2006.

**CAHUANA, Agustin y YUGAR, Weimar. 2009.** *Material de Apoyo Didactico para la Enseñanza y Aprendizaje de la Asignatura de Hidrologia.* Cochabamba : Universidad Mayor de San Simon, 2009.

**CAMPOS, Daniel Francisco. 1982.** *Manual para la estimacion de avenidas maximas en cuencas y presas pequeñas.* Mexico : SARH, 1982.

**CARRASCO, Sergio. 2006.** *Metodologia de la investigacion cientifica.* Lima : San Marcos, 2006. 9972342425.

**CHOW, Ven, MAIDMENT, David R. y MAYS, Larry W. 1994.** *Hidrologia Aplicada.* Bogota-Colombia : McGRAW-HILL, 1994. 9586001717.

**CRUZ, Cinthia, OLIVARES, Socorro y GONZALEZ, Martin. 2014.** *Metodologia de la investigacion.* Mexico : PATRIA S.A., 2014. 978-607-438-876-3.

**DIAZ, Gerry Saul. 2019.** *Modelamiento Hidrológico e Hidráulico del Río San Ramón para el Diseño del Puente Evitamiento, Provincia de Satipo, Junín (Tesis de Pregrado)*. Lima, Perú : s.n., 2019.

**DUQUE, Paola, PATIÑO, Daysi M. y LOPEZ, Xavier E. 2019.** Evaluación del Sistema de Modelamiento Hidrológico HEC-HMS para la Simulación Hidrológica de una Microcuenca Andina Tropical. *Información Tecnológica*. 2019. Vol. 30, 6, págs. 351-382.

**FLORES, Eduardo. 2017.** *Metodología de la Investigación Científica para Ingenieros*. Puno : MERU E.I.R.L., 2017.

**FLUMEN, INSTITUTO. 2004.** *Manual de Utilización del Programa HEC HMS*. Cataluña - España : s.n., 2004.

**FUENTES DORIA, Deivi David, y otros. 2020.** *Metodología de la Investigación*. Medellín, Colombia : Universidad Pontificia Bolivariana, 2020. 9789587648799.

**GARCIA RODRIGUEZ, JOSE LUIS. 1989.** Riesgos Extraordinarios: Inundaciones. Madrid, España : Escuela Superior de Ingenieros de Montes, 1989.

**GARCIA, Rafael y CONESA, Carmelo. 2011.** Estimación de Caudales de Avenida y Delimitación de Áreas Inundables mediante Métodos Hidrometeorológicos e Hidráulicos y Técnicas SIG. *Papeles de Geografía*. 2011. 53-54, págs. 107-123.

**GUTIERREZ CAIZA, Carlos. 2014.** *Hidrología Básica y Aplicada*. Quito, Ecuador : Universidad Politécnica Salesiana, 2014. 9789978101698.

**HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. 2014.** *Metodología de la Investigación*. México : Mc Graw Hill, 2014. 9781456223960.

**LAO, Li y TAKAKUWA, R. 2017.** Análisis de Confiabilidad y Validez de un Instrumento de Medición de la Sociedad del Conocimiento y su Dependencia en las Tecnologías de la Información y Comunicación. *Revista de Iniciación Científica*. 2017. Vol. 2, N° 2.

**MARTINEZ, Hector. 2012.** *Metodología de la Investigación*. México : CENGAGE Learning, 2012. 139786074817669.

**MEJIA, Abel. 2006.** *Hidrología Aplicada*. Lima : UNALM, 2006.

**MONSALVE, German. 1999.** *Hidrología en la Ingeniería*. México : Escuela Colombiana de Ingeniería, 1999. 9701504046.

**MTC. 2012.** *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. Lima Perú : ICG, 2012. BNP N° 201205861.

**ÑAUPAS, Humberto, y otros. 2013.** *Metodología de la Investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis*. Bogotá : Ediciones de la U, 2013. 978958762188-4.

**OSEDA, Dulio, y otros. 2011.** *¿Cómo Aprender y Enseñar Investigación Científica?* Huancavelica, Perú : Universidad Nacional de Huancavelica, 2011. 9786124601903.

**PERU, COLEGIO DE INGENIEROS DEL. 1998.** Informe del fenomeno del Niño 1997 - 1998. Lima : Consejo nacional Lima, 1998.

**PORTUGUEZ, Domingo Marcelo. 2017.** *Aplicacion de la geoestadistica a modelos hidrológicos en la cuenca del rio Cañete.* Lima, Peru : s.n., 2017.

**PRECIADO, Jose Arnulfo. 2018.** *Metodologia para el Pronostico del Caudal en Cuencas no Aforadas.* Chihuahua, Mexico : s.n., 2018.

**RIOS RAMIREZ, Roger Ricardo. 2017.** *Metodologia para la investigacion y redaccion.* Malaga, España : Servicios Academicos Intercontinentales S.L., 2017. 9788417211233.

**ROCHA, Arturo. 2013.** *Introduccion a la Hidraulica de las Obras Viales.* Lima : ICG, 2013.

**SMITH, D.W. 1976.** Bridge Failures. s.l. : Proceedings Institution Of Civil Ingenieers, 1976. Vol. 1.

**TAMAYO Y TAMAYO, Mario. 2003.** *El proceso de la investigacion cientifica.* Mexico : Limusa S.A., 2003. 9681858727.

**WARDHANA, Kumalasari y HADIPRIONO, Fabian . 2003.** Analysis of Recent Bridge Failures in the United States. s.l. : Journal of Performance of Constructed Facilities ASCE, 2003.

## ANEXOS:

### Anexo 1. Matriz de consistencia

Título: Generación de máximas avenidas en la sub cuenca Torococha empleando métodos hidrológicos, para diseño del puente

Torococha, Juliaca, Puno, 2020.

Autor: Victor Raul Flores Palomino

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b> ¿Cuánto es la máxima avenida de diseño, empleando métodos hidrológicos en la Sub cuenca del río Torococha?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b> Generar máximas avenidas de diseño empleando métodos hidrológicos en la cuenca del río Torococha</p>	<p><b>HIPOTESIS GENERAL</b> Se generan máximas avenidas de diseño empleando métodos hidrológicos en la cuenca del río Torococha</p>	<p>V1: Métodos Hidrológicos</p>	<p>D1: Hidrograma Unitario de Clark</p>	<p>I1: Tiempo de concentración de la cuenca I2: Coeficiente de almacenamiento I3: Velocidad de propagación</p>	<p><b>Método:</b> Método científico Carrasco (2006) indica que el método científico realiza una secuencia de pasos, métodos, herramientas, tácticas para solucionar problemas de investigación, así como para comprobar la hipótesis comprobada. <b>Tipo:</b> Aplicada Martínez (2012), manifiesta que la investigación aplicada persigue solucionar inconvenientes prácticos, con un margen de generalidad definida. <b>Nivel:</b> Explicativo Hernández et al (2014) el nivel explicativo está orientado a contestar el principio de los acontecimientos y sucesos físicos o sociales.</p>
<p><b>PROBLEMAS ESPECIFICOS</b> ¿Cuánto es la máxima avenida de diseño, empleando el método del hidrograma unitario de Clark en la Sub cuenca del río Torococha?</p>	<p><b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b> Determinar la máxima avenida de diseño, empleando el método del hidrograma unitario de Clark en la Sub cuenca del río Torococha.</p>	<p><b>HIPOTESIS ESPECIFICAS</b> Se determina la máxima avenida de diseño, empleando el método del hidrograma unitario de Clark en la Sub cuenca del río Torococha.</p>	<p>V2: Máximas avenidas</p>	<p>D2: Hidrograma Unitario Triangular de la SCS</p>	<p>I1: Tiempo de concentración de la cuenca I2: Tiempo base I3: Tiempo pico</p>	<p><b>Diseño:</b> No experimental Flores (2017) la investigación no experimental es donde no existe maniobra de variables independientes, es decir se fundamenta en variables que ya acontecieron en el entorno sin la participación clara del investigador. <b>Población:</b> Cuenca del río Coata Flores (2017) indica que la población es un grupo de miembros de la misma categoría, definida por el estudio. <b>Muestra:</b> Sub cuenca del río Torococha Cruz et al (2014) manifiesta que la muestra es una disgregación de los miembros de una población <b>Técnica:</b> Observación directa Bernal (2010) indica que la observación, es un procedimiento estricto que nos facilita saber de forma clara la finalidad del estudio, enseguida proceder a detallar y examinar acontecimiento sobre el escenario estudiado (p.257).</p>
<p>¿Cuánto es la máxima avenida de diseño, empleando el método del hidrograma unitario triangular SCS en la Sub cuenca del río Torococha?</p>	<p>Calcular la máxima avenida de diseño, empleando el método del hidrograma unitario triangular SCS en la Sub cuenca del río Torococha.</p>	<p>Se calcula la máxima avenida de diseño, empleando el método del hidrograma unitario triangular SCS en la Sub cuenca del río Torococha.</p>	<p>V3: Máximas avenidas</p>	<p>D3: Hidrograma Unitario de Snyder</p>	<p>I1: Tiempo de retardo de la cuenca I2: Coeficiente pico de la cuenca I3: Flujo base</p>	<p><b>Características morfológicas</b> I1: Características morfológicas I2: Características físicas I3: Red de drenaje</p>
<p>¿Cuánto es la máxima avenida de diseño, utilizando el método del hidrograma unitario de Snyder en la Sub cuenca del río Torococha?</p>	<p>Estimar la máxima avenida de diseño, utilizando el método del hidrograma unitario de Snyder en la Sub cuenca del río Torococha</p>	<p>Se puede estimar la máxima avenida de diseño, utilizando el método del hidrograma unitario de Snyder en la Sub cuenca del río Torococha</p>	<p>V4: Máximas avenidas</p>	<p>D2: Precipitación</p>	<p>I1: Intensidad de precipitación I2: Duración de la precipitación I3: Frecuencia de la precipitación</p>	<p><b>Parámetros geomorfológicos de cuenca</b> I1: Parámetros geomorfológicos de cuenca I2: Parámetros topológicos I3: Precipitaciones</p>
<p>¿Cuánto es la máxima avenida de diseño, utilizando el método del hidrograma unitario de Snyder en la Sub cuenca del río Torococha?</p>	<p>Estimar la máxima avenida de diseño, utilizando el método del hidrograma unitario de Snyder en la Sub cuenca del río Torococha</p>	<p>Se puede estimar la máxima avenida de diseño, utilizando el método del hidrograma unitario de Snyder en la Sub cuenca del río Torococha</p>	<p>V5: Máximas avenidas</p>	<p>D3: Respuesta hidrológica de la cuenca</p>	<p>I1: Intensidad de precipitación I2: Duración de la precipitación I3: Frecuencia de la precipitación</p>	<p><b>Instrumento:</b> Ficha de recolección de datos Carrasco (2006) afirma que se tiene la ficha de observación, de manipulación sencilla, pero de mucha ventaja, el cual se utiliza para recopilar datos que se estiman como resultado de la relación directa entre el observador y la situación contemplada (p.313).</p>

## Anexo 2. Instrumentos de Investigación

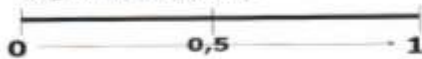
### SIMULACION DE ANALISIS DE VALIDEZ DE FICHA DE RECOPIACION DE DATOS

PROYECTO: Generación de maximas avenidas en la subcuenca Torococha, empleando metodos hidrologicos, para diseño del puente Torococha, Juliaca, Puno, 2020.

AUTOR: Victor Raul Flores Palomino

						Valoración de OA 1
<b>I.- INFORMACION GENERAL:</b>						0.9
UBICACIÓN:						
DISTRITO:	Juliaca		ALTITUD:	3824 m.s.n.m.		
PROVINCIA:	San Roman		LATITUD:	15°29'22.39"		
REGION:	Puno		LONGITUD:	70°51.26"		0.8
<b>II.- HIDROGRAMA UNITARIO DE CLARK</b>						
Se procedera a recolectar informacion de registros pluviometricos de las estaciones cercanas al area de estudio del SENAMHI, asimismo el modelo de elevacion digital (DEM) ASTER GDEM, de la misma forma mapas tematicos de cobertura vegetal y uso MINAM, mapa tematico de suelo de la FAD.						
Tiempo de concentración de la cuenca	Und	Coefficiente de almacenamiento de la cuenca	Und	Velocidad de propagacion	Und	
<b>III.- HIDROGRAMA UNITARIO DE LA SCS</b>						0.8
Se procedera a recolectar informacion de registros pluviometricos de las estaciones cercanas al area de estudio del SENAMHI, asimismo el modelo de elevacion digital (DEM) ASTER GDEM, de la misma forma mapas tematicos de cobertura vegetal y uso MINAM, mapa tematico de suelo de la FAD.						
Tiempo de concentración de la cuenca	Und	Tiempo base	Und	Tiempo pico	Und	
<b>IV.- HIDROGRAMA UNITARIO DE SNYDER</b>						0.7
Se procedera a recolectar informacion de registros pluviometricos de las estaciones cercanas al area de estudio del SENAMHI, asimismo el modelo de elevacion digital (DEM) ASTER GDEM, de la misma forma mapas tematicos de cobertura vegetal y uso MINAM, mapa tematico de suelo de la FAD.						
Tiempo de retardo de la cuenca	Und	Coefficiente pico de la cuenca	Und	Flujo base	Und	
<b>V.- CUENCA</b>						0.9
De la modelización cartografica e imagen satelital						
Características morfométricas	Und	Características físicas	Und	Red de drenaje	Und	
<b>VI.- PRECIPITACION</b>						0.8
De la modelización meteorologica-construcción de las curvas IDF.						
Intensidad de precipitación	Und	Duración de la precipitación	Und	Frecuencia de la precipitación	Und	
<b>VII.- RESPUESTA HIDROLOGICA</b>						0.7
De la Modelización hidrologica y procesamiento de informacion						
Parametros geomorfologicos de la cuenca	Und	Parametros topologicos	Und	Precipitaciones	Und	
APELLIDOS Y NOMBRES: <b>BEUZARLO QUISPE, GERMAN</b>						
PROFESION: <b>ING. CIVIL</b>						
REGISTRO CIP No: <b>30986</b>						
EMAIL: <b>beuzar29@hotmail.com</b>						
TELEFONO: <b>957510005</b>						

Según Oseda (2011):



0,53 a menos	Validez baja
0,54 a 0,59	Validez baja
0,60 a 0,65	Validez
0,66 a 0,71	Muy válida
0,72 a 0,89	Excelente validez
1,0	Validez perfecta

*Beuzarlo Quispe*  
**D.Sc. Gerardo Beuzarlo Quispe**  
**INGENIERO CIVIL**  
**CIP N° 30986**

## SIMULACION DE ANALISIS DE VALIDEZ DE FICHA DE RECOPIACION DE DATOS

PROYECTO: Generacion de maximas avenidas en la subcuenca Torococha, empleando metodos hidrológicos, para diseño del puente Torococha, Juliaca, Puno, 2020.  
AUTOR: Victor Raul Flores Palomino

I.- INFORMACION GENERAL:						Valoracion de 0 A 1
UBICACION:						1
DISTRITO:	Juliaca		ALTITUD:	3824 m.s.n.m.		
PROVINCIA:	San Roman		LATITUD:	15°29'22.39"		
REGION:	Puno		LONGITUD:	70°01.26"		
II.- HIDROGRAMA UNITARIO DE CLARK						0.7
Se procedera a recolectar informacion de registros pluviométricos de las estaciones cercanas al area de estudio del SENAMHI, asimismo el modelo de elevacion digital (DEM) ASTER GDEM, de la misma forma mapas temáticos de cobertura vegetal y uso MINAM, mapa temático de suelo de la FAO.						
Tiempo de concentracion de la cuenca	Und	Coefficiente de almacenamiento de la cuenca	Und	Velocidad de propagacion	Und	
III.- HIDROGRAMA UNITARIO DE LA SCS						0.8
Se proceders a recolectar informacion de registros pluviométricos de las estaciones cercanas al area de estudio del SENAMHI, asimismo el modelo de elevacion digital (DEM) ASTER GDEM, de la misma forma mapas temáticos de cobertura vegetal y uso MINAM, mapa temático de suelo de la FAO.						
Tiempo de concentracion de la cuenca	Und	Tiempo base	Und	Tiempo pico	Und	
IV.- HIDROGRAMA UNITARIO DE SNYDER						0.7
Se procedera a recolectar informacion de registros pluviométricos de las estaciones cercanas al area de estudio del SENAMHI, asimismo el modelo de elevacion digital (DEM) ASTER GDEM, de la misma forma mapas temáticos de cobertura vegetal y uso MINAM, mapa temático de suelo de la FAO.						
Tiempo de retardo de la cuenca	Und	Coefficiente pico de la cuenca	Und	Flujo base	Und	
V.- CUENCA						0.8
De la modelizacion cartografica e imagen satelital						
Características morfométricas	Und	Características físicas	Und	Red de drenaje	Und	
VI.- PRECIPITACION						0.7
De la modelizacion meteorologica-construccion de las curvas IDF.						
Intensidad de precipitacion	Und	Duracion de la precipitacion	Und	Frecuencia de la precipitacion	Und	
VII.- RESPUESTA HIDROLOGICA						0.7
De la Modelizacion hidrológica y procesamiento de informacion.						
Parametros geomorfologicos de la cuenca	Und	Parametros topologicos	Und	Precipitaciones	Und	
APELLIDOS Y NOMBRES:	CONDORI CAYO FEDERICO DEYETALO					
PROFESION	ING. CIVIL					
REGISTRO CIP No:	117989					
EMAIL:	f.d.candori@hotmail.com.					
TELEFONO:	99447810					

Según Oseda (2011):

0 ————— 0,5 ————— 1	
0,53 a menos	Validez nula
0,54 a 0,59	Validez baja
0,60 a 0,65	Válida
0,66 a 0,71	Muy válida
0,72 a 0,99	Excelente validez
1,0	Validez perfecta

  
**Federico D. Candori Cayo**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 117989

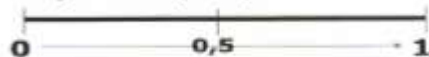
## SIMULACION DE ANALISIS DE VALIDEZ DE FICHA DE RECOPILACION DE DATOS

PROYECTO: Generacion de maximas avenidas en la subcuenca Torococha, empleando metodos hidrológicos, para diseño del puente Torococha, Juliaca, Puno, 2020.

AUTOR: Victor Raul Flores Palomino

I.- INFORMACIÓN GENERAL:						Valoración de O A 1
UBICACIÓN:						1.0
DISTRITO:	Juliaca		ALTITUD:	3824 m.s.n.m.		
PROVINCIA:	San Roman		LATITUD:	15°29'22.39"		
REGION:	Puno		LONGITUD:	70°6'1.26"		
II.- HIDROGRAMA UNITARIO DE CLARK						0.9
Se procedera a recolectar informacion de registros pluviometricos de las estaciones cercanas al area de estudio del SENAMHI, asimismo el modelo de elevacion digital (DEM) ASTER GDEM, de la misma forma mapas tematicos de cobertura vegetal y uso MINAM, mapa tematico de suelo de la FAO.						
Tiempo de concentracion de la cuenca	Und		Coefficiente de almacenamiento de la cuenca	Und	Velocidad de propagacion	Und
III.- HIDROGRAMA UNITARIO DE LA SCS						0.9
Se procedera a recolectar informacion de registros pluviometricos de las estaciones cercanas al area de estudio del SENAMHI, asimismo el modelo de elevacion digital (DEM) ASTER GDEM, de la misma forma mapas tematicos de cobertura vegetal y uso MINAM, mapa tematico de suelo de la FAO.						
Tiempo de concentracion de la cuenca	Und		Tiempo base	Und	Tiempo pico	Und
IV.- HIDROGRAMA UNITARIO DE SNYDER						0.7
Se procedera a recolectar informacion de registros pluviometricos de las estaciones cercanas al area de estudio del SENAMHI, asimismo el modelo de elevacion digital (DEM) ASTER GDEM, de la misma forma mapas tematicos de cobertura vegetal y uso MINAM, mapa tematico de suelo de la FAO.						
Tiempo de retardo de la cuenca	Und		Coefficiente pico de la cuenca	Und	Flujo base	Und
V.- CUENCA						0.9
De la modelizacion cartografica e imagen satelital						
Caracteristicas morfometricas	Und		Caracteristicas fisicas	Und	Red de drenaje	Und
VI.- PRECIPITACION						0.8
De la modelizacion meteorologica-construccion de las curvas IDF						
Intensidad de precipitacion	Und		Duracion de la precipitacion	Und	Frecuencia de la precipitacion	Und
VII.- RESPUESTA HIDROLÓGICA						0.7
De la Modelizacion hidrológica y procesamiento de informacion						
Parametros geomorfologicos de la cuenca	Und		Parametros topologicos	Und	Precipitaciones	Und
APELLIDOS Y NOMBRES: <i>TARQUI CARO HUAY</i>						
PROFESION: <i>INGENIERO CIVIL</i>						
REGISTRO CIP No: <i>16234</i>						
EMAIL: <i>KALARTO.TARQUI@GMAIL.COM</i>						
TELEFONO: <i>9901550066</i>						

Según Oseda (2011):



0.52 a menos	Validez nula
0.54 a 0.59	Validez baja
0.60 a 0.65	Valida
0.66 a 0.71	Muy válida
0.72 a 0.99	Excelesente validez
1.0	Validez perfecta

*[Handwritten Signature]*  
CIP 16234

### **Anexo 3. Memoria de cálculo.**

#### **Anexo 3.1 Parámetros Geomorfológicos**

Los parámetros geomorfológicos se han determinado empleando la herramienta computacional ARC GIS 10.4.1.

#### **Parámetros geomorfológicos de la microcuenca W40.**

##### **ÁREA DE LA CUENCA (Ac)**

Superficie drenada por la red hidrográfica aguas arriba del punto emisor.

$$A_c = 31.32 \text{ km}^2$$

##### **PERÍMETRO (Pc)**

Longitud de la línea de divortio aquarum

$$P_c = 41.14 \text{ Km}$$

##### **ÍNDICE DE COMPACIDAD (Kc)**

O índice de Gravelius, mide el grado de circularidad de la cuenca.

$$K_c = \frac{0.2821 \times P}{\sqrt{A}}$$

$$K_c = 0.28 \times (41.14) \times (31.32)^{-1/2}$$

$$K_c = 2.058$$

Por lo tanto tenemos una Cuenca Alargada

##### **FACTOR DE FORMA (F)**

Parámetro adimensional que relaciona el ancho promedio y la longitud del cauce principal

$$F = \frac{A}{L_{cp}^2}$$

$$F = 31.32 / (13.65)^2$$

$$F = 0.17$$



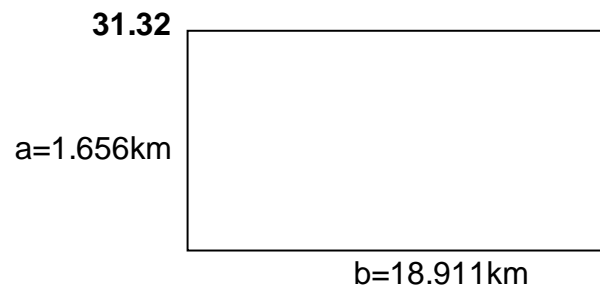
## RECTANGULO EQUIVALENTE

$$a = \frac{Kc \times A^{\frac{1}{2}}}{1.12} \times \left( 1 - \frac{1.12}{Kc} \times \sqrt{\left( \frac{Kc}{1.12} \right)^2 - 1} \right)$$

$$b = \frac{Kc \times A^{\frac{1}{2}}}{1.12} \times \left( 1 + \frac{1.12}{Kc} \times \sqrt{\left( \frac{Kc}{1.12} \right)^2 - 1} \right)$$

$$a = 1.656 \text{ km}$$

$$b = 18.911 \text{ km}$$



## PENDIENTE DE LA CUENCA (Sc)

Es el promedio de las pendientes de la cuenca. Esta relacionada con el coeficiente de escorrentía y la grado de erosión de la cuenca.

Según Alvord:

$$Sc = \frac{E \times \sum Lcn}{A}$$

Donde: E : equidistancia entre curvas de nivel (km)

A : área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

Lcd : longitud de cada curva de nivel (km)

$$E = 0.020$$

$$A = 31.320$$

$$\text{Suma } Lcn = 42.26$$

$$Sc = (0.02) \times (42.26) / (31.32)$$

$$Sc = 0.03$$

$$Sc = 3 \%$$

### LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL (Lcp)

$$L_{cp} = 13.650 \text{ Km}$$

### LONGITUD AL CENTROIDE

$$L_c = 11.810 \text{ Km}$$

### LONGITUD DE MÁXIMO RECORRIDO

$$L_{max} = 13.650 \text{ Km}$$

### ALTITUD MEDIA (H)

Este parámetro es de suma utilidad para la generación de datos en regiones sin información.

$$\bar{H} = \frac{\sum h_i A_i}{A}$$

hi = Altura correspondiente al área parcial Ai

Ai = Áreas parciales

Ac = Área de la cuenca

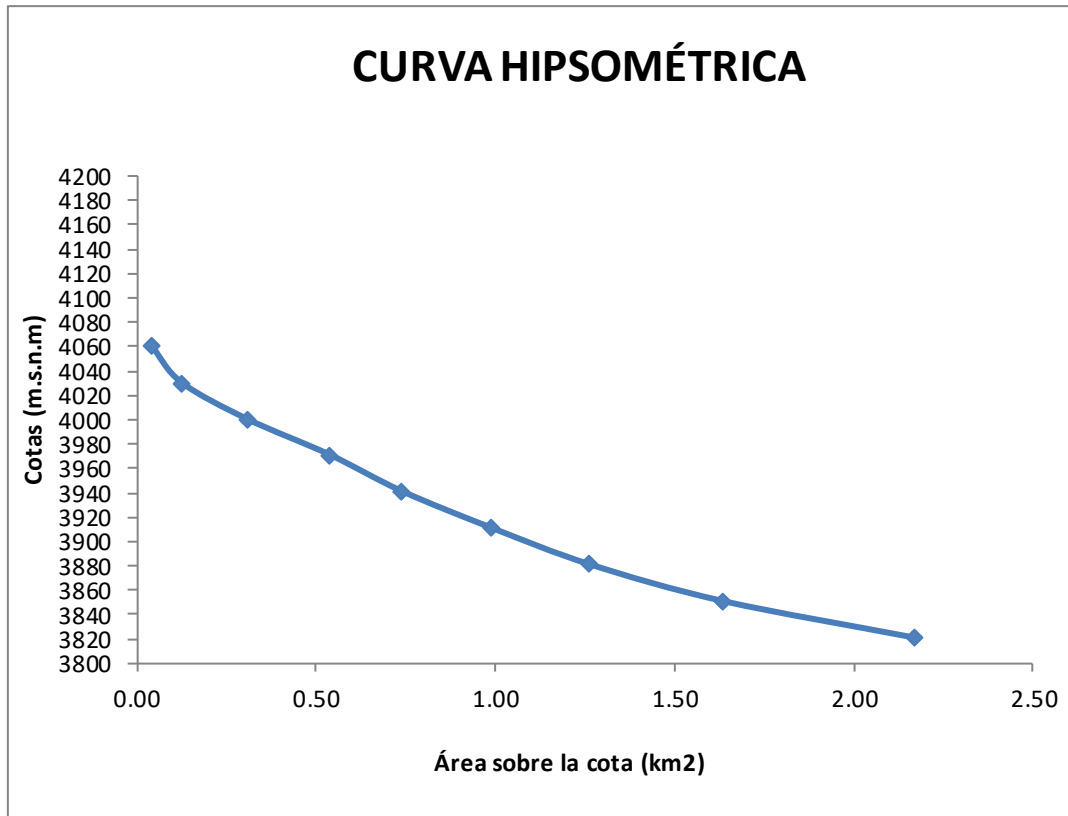
Cota		Area Parcial (km2)	hi*Ai	Area sobre cota	%(Ai/At)	
3821	-	3850	29.15	111823.16	31.322	93.1
3851	-	3880	0.53	2067.98	2.17	1.7
3881	-	3910	0.37	1443.63	1.63	1.2
3911	-	3940	0.27	1079.21	1.26	0.9
3941	-	3970	0.25	988.26	0.99	0.8
3971	-	3999	0.20	806.87	0.74	0.6
4000	-	4029	0.23	917.24	0.53	0.7
4030	-	4059	0.18	743.79	0.31	0.6
4060	-	4089	0.08	340.59	0.12	0.3
4090	-	4119	0.04	156.30	0.04	0.1
Sumatoria		<b>31.322</b>	<b>120367.03</b>	-	-	

$$H = 120367.028/31.322$$

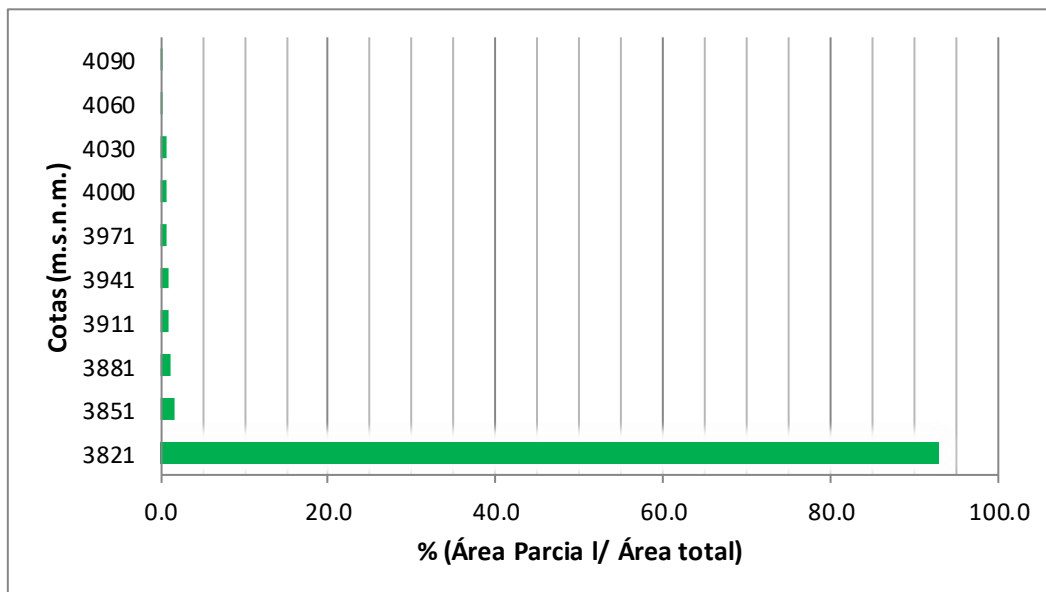
$$H = \mathbf{3842.89} \text{ m}$$

**ALTITUD MAS FRECUENTE** 3843

## CURVA HIPSOMETRICA



## CURVA DE FRECUENCIA DE ALTITUDES



## PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL (S)

La pendiente del cauce principal está dada por la relación de la diferencia de cotas entre la longitud. Para determinar una pendiente promedio se realizó por tramos.

$$S = \left( \frac{\sum L_i}{\sum \frac{L_i}{\sqrt{S_i}}} \right)^2$$

Donde :

Li : Longitud de cualquier tramo (m)

Si : Pendiente de cualquier tramo

$$S = 0.011433$$

$$S = 1.14\%$$

## RELIEVE DE LA CUENCA

### Coeficiente de masividad (Cm)

Es la relación entre la altitud media del relieve y el la superficie proyectada.

$$\text{Coef. de masividad} = \frac{\bar{H}}{A}$$

$$Cm = 0.1227 \quad 1/Km$$

### Coeficiente orográfico (Co)

Es el producto entre la altitud media y el coeficiente de masividad

$$\text{Coef. orográfico} = \frac{\bar{H}^2}{A}$$

$$Co = 0.4715 \quad \text{Adimensional}$$

## ANCHO PROMEDIO (B)

Es la razón entre el área de la cuenca y la longitud del cauce principal

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

$$B = 31.322 / 13.65$$

$$B = 2.29 \quad Km$$

### RELACION DE CONFLUENCIA (Rc)

$$r_c = \frac{n_i}{n_{i+1}}$$

$n_i$  = número total de cursos  $i$   
 $n_{i+1}$  = número de cursos de orden inmediatamente superior,  $i+1$

Orden	Nº de Drenajes	Relacion de Confluencias
1	11	
2	8	1.38
	Rc pr =	1.38

**Rc = 1.375**

### RELACION DE LONGITUDES (RL)

$$r_L = \frac{L_i}{L_{i-1}}$$

$L_i$  = longitud media de todos los ríos de orden  $i$   
 $L_{i-1}$  = longitud media de todos los ríos de orden  $i-1$

Orden	Nº de Drenajes	Long. Total	Relacion de Longitudes
1	11	9.820	
2	8	9.440	0.961
			0.000
			0.481

**RL = 0.481**

### DENSIDAD DE DRENAJES (Dd)

$$D = \frac{\sum_{i=1}^N L_i}{A}$$

$D$  = densidad de drenaje (Km/Km<sup>2</sup>)  
 $L_i$  = longitud total de los cursos de cada orden  
 $A$  = área de la cuenca  
 $N$  = orden del cauce principal

$\Sigma L = 19.260$

**Dd = 0.615 Km / Km<sup>2</sup>**

## Anexo 3.2 Análisis de datos dudosos (Método Water Resources Council)

Prueba de datos dudosos para la estación Juliaca

Nº	AÑO	ORDEN	P24	log(P24)
1	1961	49	21.8	1.3385
2	1962	40	26.0	1.4150
3	1963	34	29.0	1.4624
4	1964	11	42.0	1.6232
5	1965	35	29.0	1.4624
6	1966	33	29.2	1.4654
7	1967	8	48.2	1.6830
8	1968	15	38.0	1.5798
9	1969	45	24.3	1.3856
10	1970	38	28.4	1.4533
11	1971	5	51.3	1.7101
12	1972	21	36.2	1.5587
13	1973	43	25.2	1.4014
14	1974	31	30.0	1.4771
15	1975	44	25.2	1.4014
16	1976	50	21.5	1.3324
17	1977	16	37.4	1.5729
18	1978	23	34.0	1.5315
19	1979	42	25.7	1.4099
20	1980	29	30.3	1.4814
21	1981	41	26.0	1.4150
22	1982	7	49.0	1.6902
23	1983	39	26.5	1.4232
24	1984	4	52.0	1.7160
25	1985	18	36.7	1.5647
26	1986	14	38.6	1.5866
27	1987	13	38.8	1.5888
28	1988	25	33.0	1.5185
29	1989	26	33.0	1.5185
30	1990	52	20.0	1.3010
31	1991	22	35.0	1.5441
32	1992	48	22.0	1.3424
33	1993	6	50.0	1.6990
34	1994	46	24.0	1.3802
35	1995	32	30.0	1.4771
36	2001	53	19.4	1.2878
37	2002	1	63.3	1.8014
38	2003	20	36.5	1.5623
39	2004	27	32.8	1.5159
40	2005	9	47.4	1.6758
41	2006	30	30.3	1.4814
42	2007	12	39.3	1.5944
43	2008	10	45.0	1.6532
44	2009	36	28.9	1.4609
45	2010	51	20.2	1.3054
46	2011	3	55.4	1.7435
47	2012	47	23.0	1.3617
48	2013	37	28.5	1.4548
49	2014	17	37.0	1.5682
50	2015	24	33.6	1.5263
51	2016	19	36.6	1.5635
52	2017	2	61.8	1.7910
53	2018	28	32.6	1.5132
54	2019	45	25.5	1.4065

<b>Numero de datos n</b>	54	54
<b>Suma <math>\Sigma</math></b>	1844.4	81.7782
<b>Máximo</b>	63.3	1.8014
<b>Mínimo</b>	19.4	1.2878
<b>Promedio <math>\bar{x}</math></b>	34.2	1.5144
<b>Desviación estándar s</b>	10.6071	0.1281
<b>Coficiente asimetría Cs</b>	0.9442	0.3283
<b>Cs/6 k</b>	0.1574	0.0547

Fuente: Elaboración propia

$n = 54$   
 $Kn = 2.797^*$   
*Kn: valor recomendado, varía según el valor de n*  
*(significancia: 10%)*

→ Umbral de datos dudosos **altos (xH: unid. logaritmicas)**

$$x_H = \bar{x} + Kn \cdot s \quad xH = 1.87$$

Precipitación máxima aceptada

$$PH = 10^{xH} \quad PH = 74.62 \text{ mm}$$

→ Umbral de datos dudosos **bajos (xL: unid. logaritmicas)**

$$x_L = \bar{x} - Kn \cdot s \quad xL = 1.16$$

Precipitación mínima aceptada

$$PL = 10^{xL} \quad PL = 14.32 \text{ mm}$$

**Nota:** Se observa que los valores de ' P24 ' está dentro de los límites PH y PL, es decir se encuentran entre 74.62 y 14.32mm.

Valores Kn para la prueba de datos dudosos							
Tamaño de Muestra n	Kn	Tamaño de Muestra n	Kn	Tamaño de Muestra n	Kn	Tamaño de Muestra n	Kn
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

Fuente: U.S. Water Resources Council, 1981. Esta tabla contiene valores de Kn de un lado con un nivel de significancia de 10% para la distribución normal.

\* Referencia: Tabla 12.5.3 - Hidrología Aplicada, Ven Te Chow

### Anexo 3.3 Precipitaciones máximas

Precipitaciones máximas para la estación Juliaca.

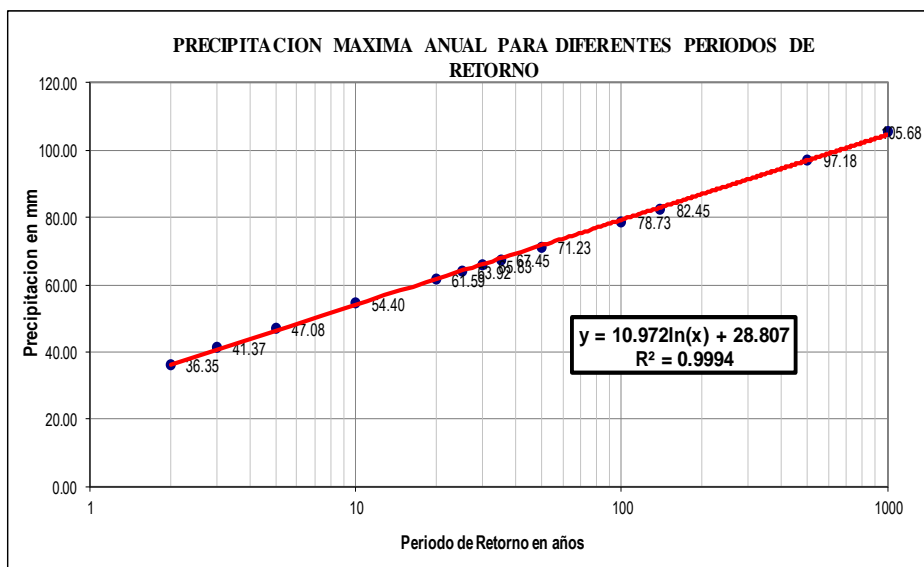
	Hydrognomon	Hidroesta 2
FUNCION	DMax	DMax
DISTRIB. NORMAL	0.11461	0.1146
DISTRIB. LOGNORMAL	0.06873	0.0742
DISTRIB. GUMBELL	0.06402	0.0641
DISTRIB. PEARSON III	0.06221	0.0622
DISTRIB. LOG PEARSON III	0.05531	0.0553

#### PRECIPITACIONES MÁXIMAS ANUALES EN 24 HORAS

Coefficiente de corrección de Pmax por N° de lecturas (OMM)

1.13

T (años)	DISTRIB. NORMAL	DISTRIB. GUMBELL	DISTRIB. LOGNORMAL	DISTRIB. PEARSON III	DISTRIB. LOG PEARSON III	P <sub>MAX</sub> mm	P <sub>MAX</sub> (corregida) mm
2	34.1556	32.4124	32.6188	32.5102	32.167	<b>32.17</b>	<b>36.35</b>
3	38.7243	36.8488	37.1731	37.1916	36.6121	<b>36.61</b>	<b>41.37</b>
5	43.0828	41.7899	42.1092	42.2596	41.6597	<b>41.66</b>	<b>47.08</b>
10	47.7492	47.9986	48.1228	48.3657	48.1373	<b>48.14</b>	<b>54.40</b>
20	51.6028	53.9542	53.7312	53.9567	54.508	<b>54.51</b>	<b>61.59</b>
25	52.7253	55.8434	55.4847	55.6809	56.5657	<b>56.57</b>	<b>63.92</b>
30	53.6082	57.3803	56.9037	57.0675	58.2541	<b>58.25</b>	<b>65.83</b>
35	54.3326	58.6759	58.0954	58.2257	59.6879	<b>59.69</b>	<b>67.45</b>
50	55.9400	61.6630	60.829	60.861	63.0326	<b>63.03</b>	<b>71.23</b>
100	58.8315	67.4397	66.0744	65.8318	69.6685	<b>69.67</b>	<b>78.73</b>
140	60.1430	70.2355	68.6006	68.1851	72.9672	<b>72.97</b>	<b>82.45</b>
500	64.6846	80.7888	78.118	76.8163	86.0019	<b>86.00</b>	<b>97.18</b>
1000	66.9341	86.5277	83.3101	81.3719	93.5216	<b>93.52</b>	<b>105.68</b>





### Anexo 3.4 Modelización hidrológica mediante HEC HMS 4.0.

Simulación e hidrogramas unitarios por el método de Clark, para un periodo de retorno de  $T=500$  años, para las microcuencas W40, W50 y W60.

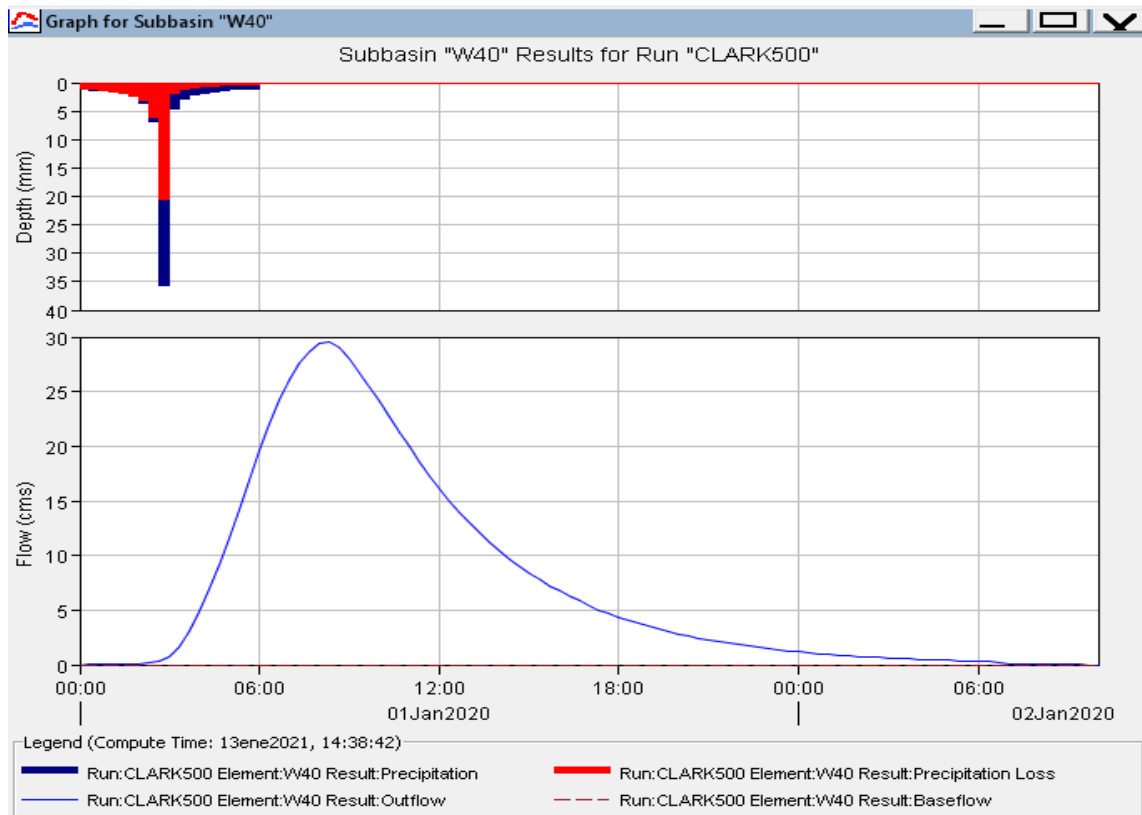


Figura 26 Hidrograma unitario determinado con el método de Clark  $T=500$  años, microcuenca W40.

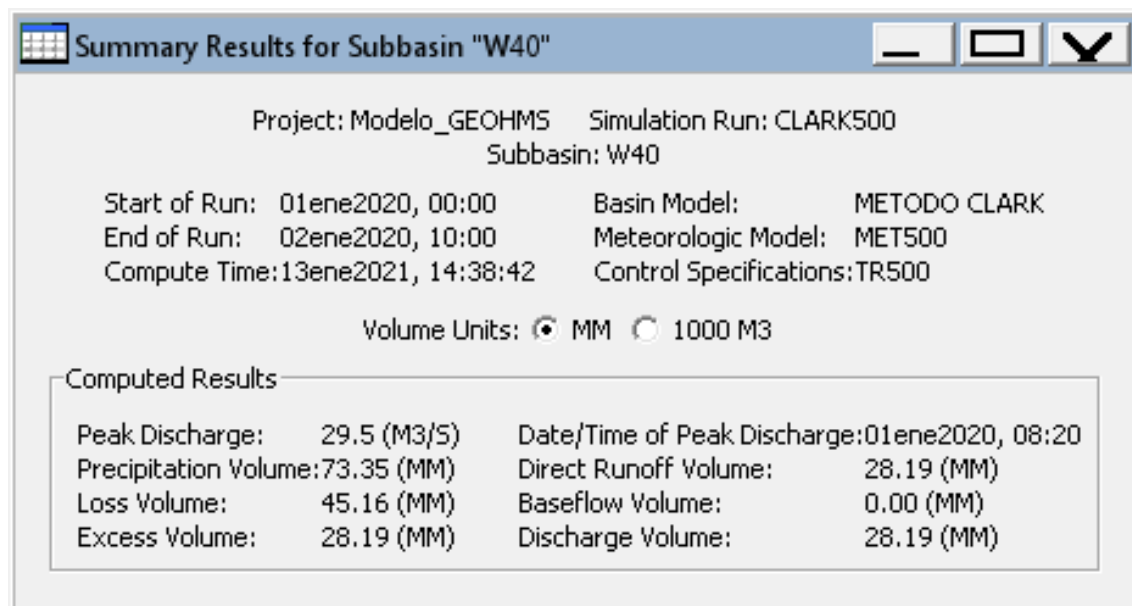


Figura 27 Resumen de la simulación método de Clark  $T=500$  años, microcuenca W40.

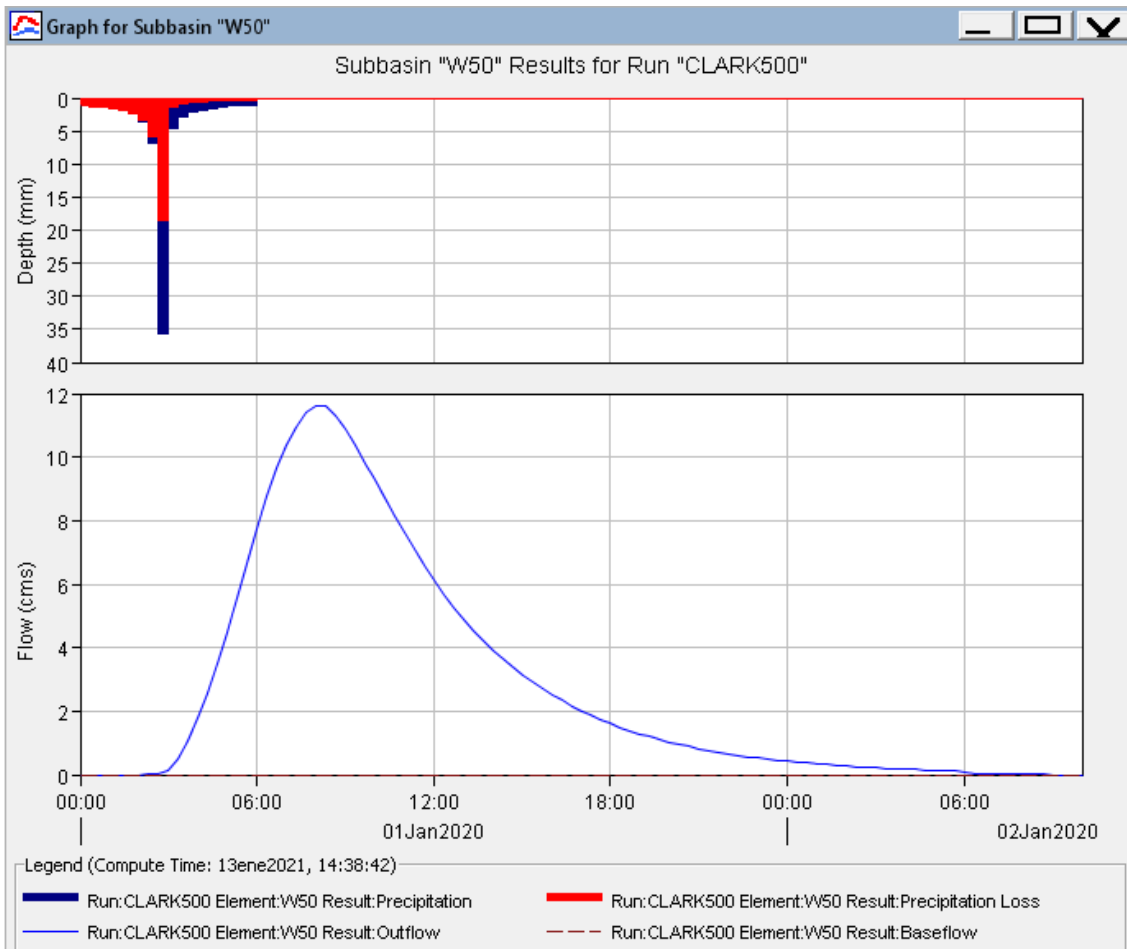


Figura 28 Hidrograma unitario determinado con el método de Clark T=500 años, microcuenca W50.

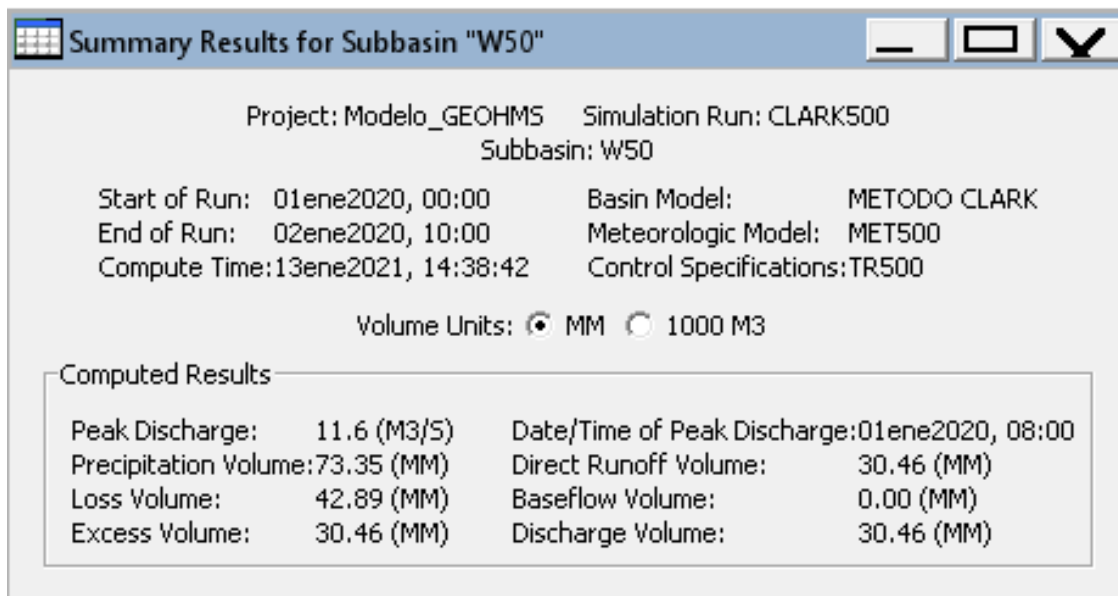


Figura 29 Resumen de la simulación método de Clark T=500 años, microcuenca W50.

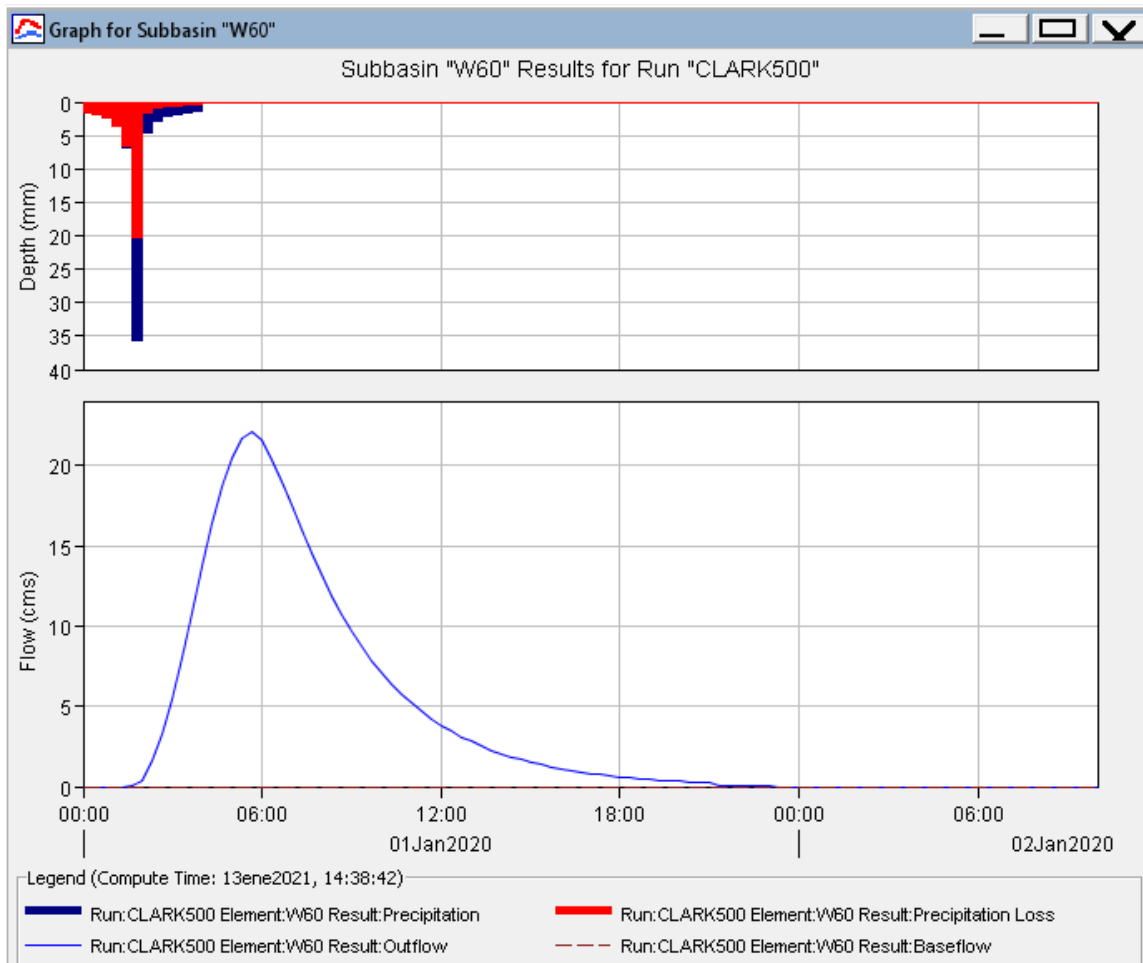


Figura 30 Hidrograma unitario determinado con el método de Clark T=500 años, microcuenca W60.

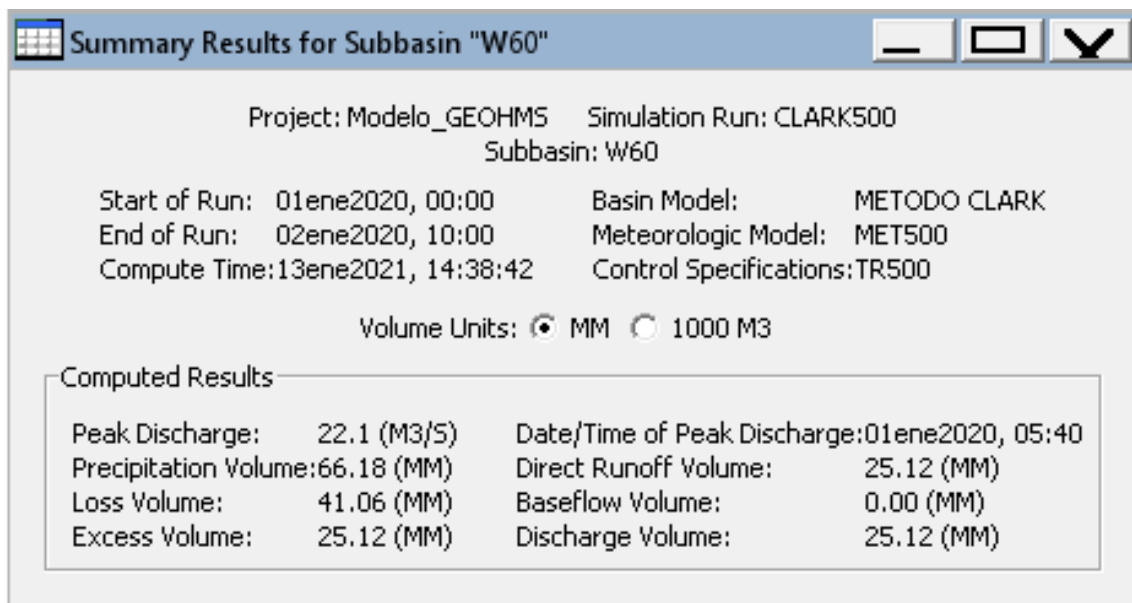


Figura 31 Resumen de la simulación método de Clark T=500 años, microcuenca W60.

Simulación e hidrogramas unitarios por el método SCS, para un periodo de retorno de  $T=140$  años,  $T=500$  años, para las microcuencas W40, W50 y W60.

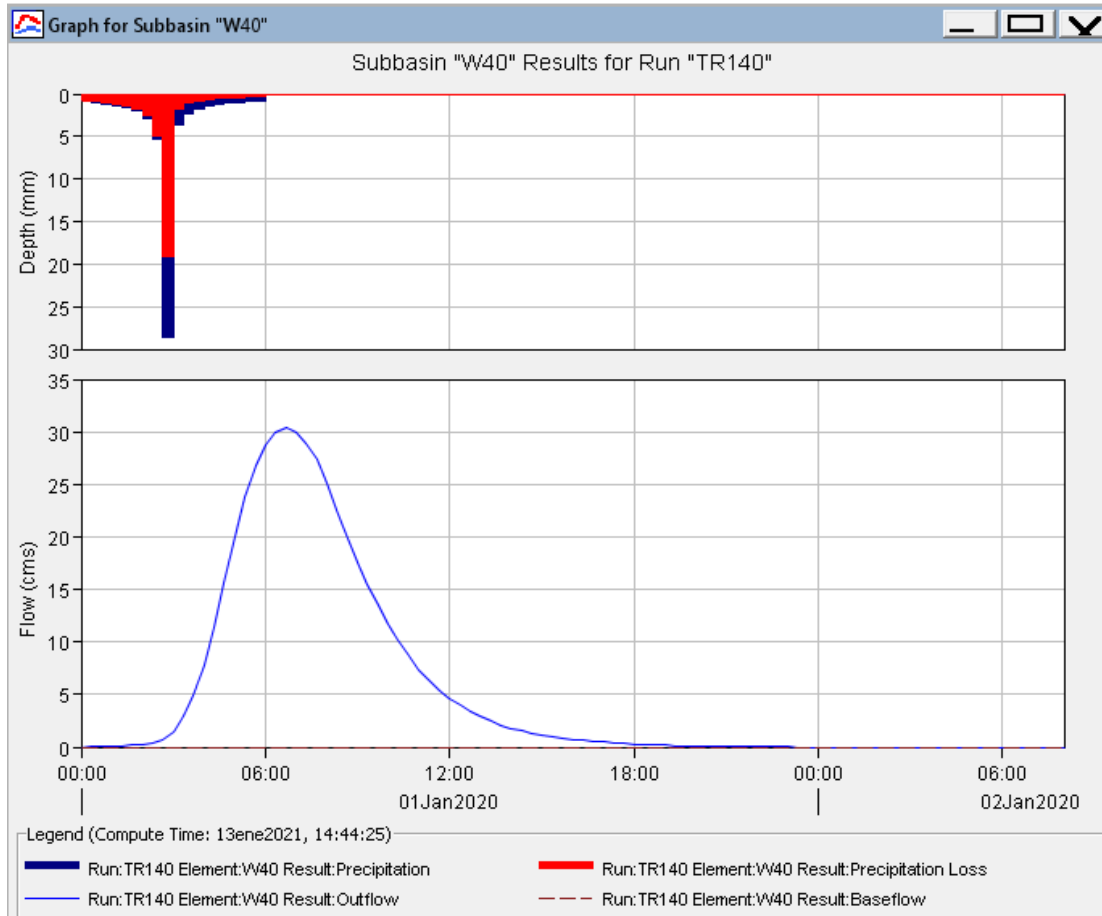


Figura 32 Hidrograma unitario determinado con el método SCS,  $T=140$  años, microcuena W40.

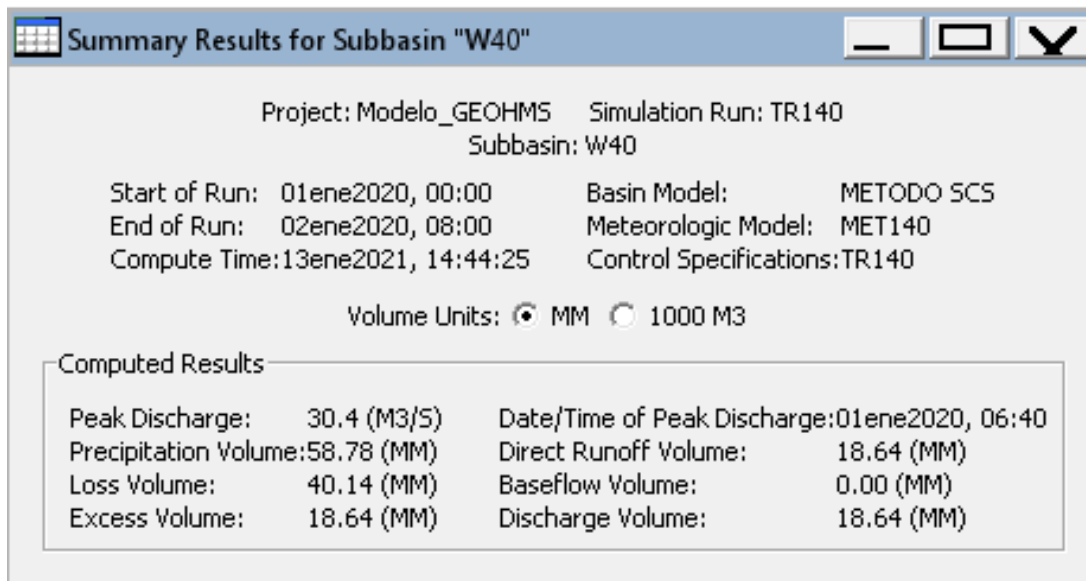


Figura 33 Resumen de la simulación método SCS,  $T=140$  años, microcuena W40.

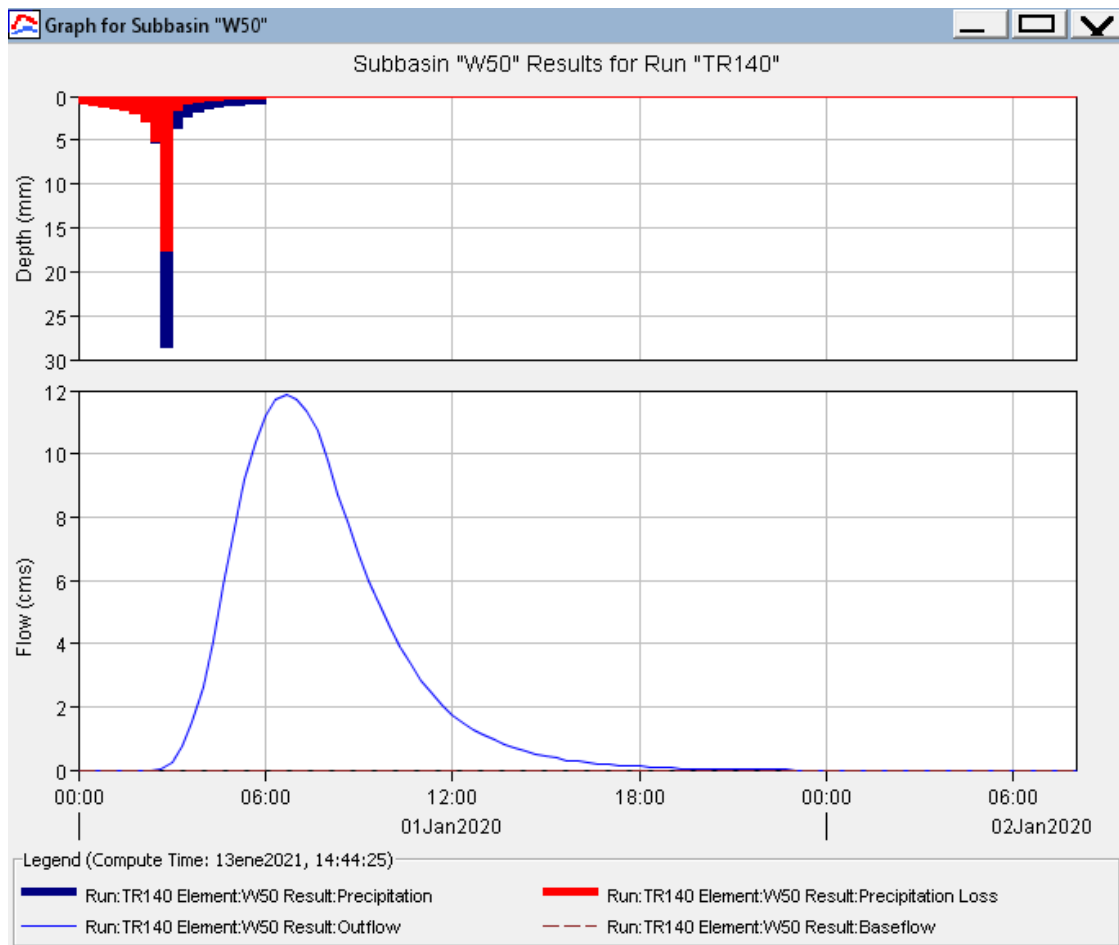


Figura 34 Hidrograma unitario determinado con el método SCS, T=140 años, microcuenca W50.

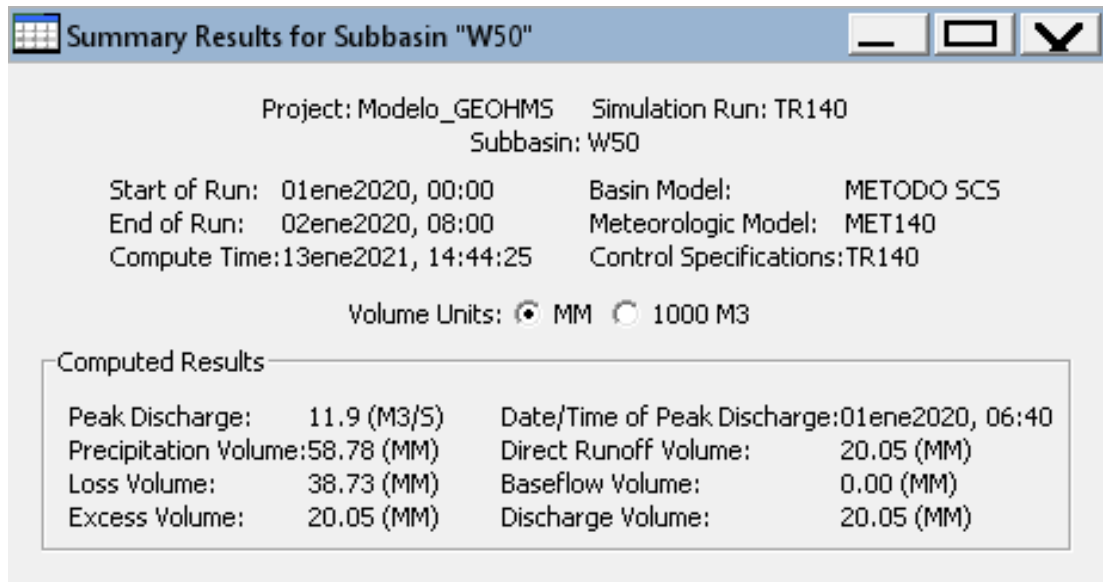


Figura 35 Resumen de la simulación método SCS, T=140 años, microcuenca W50.

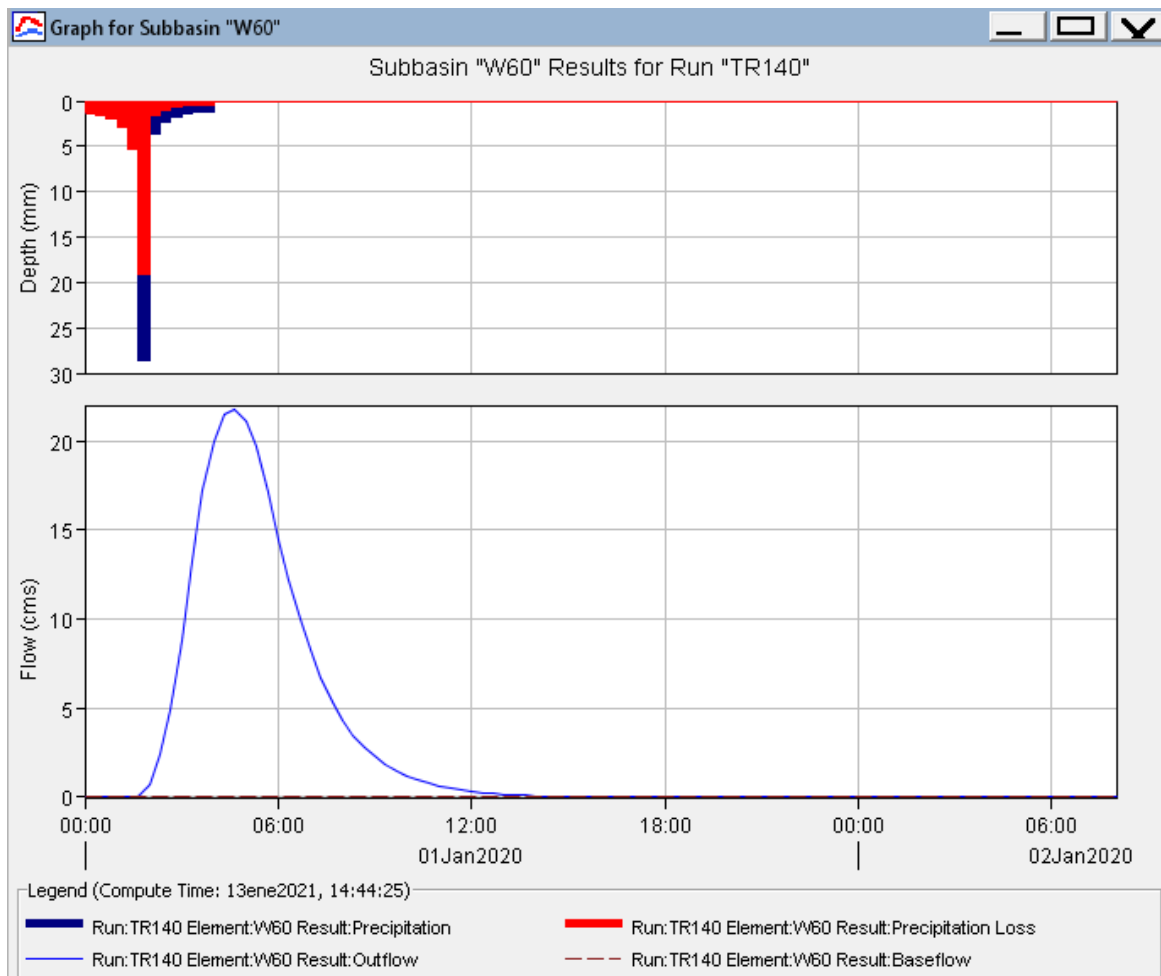


Figura 36 Hidrograma unitario determinado con el método SCS, T=140 años, microcuenca W60.

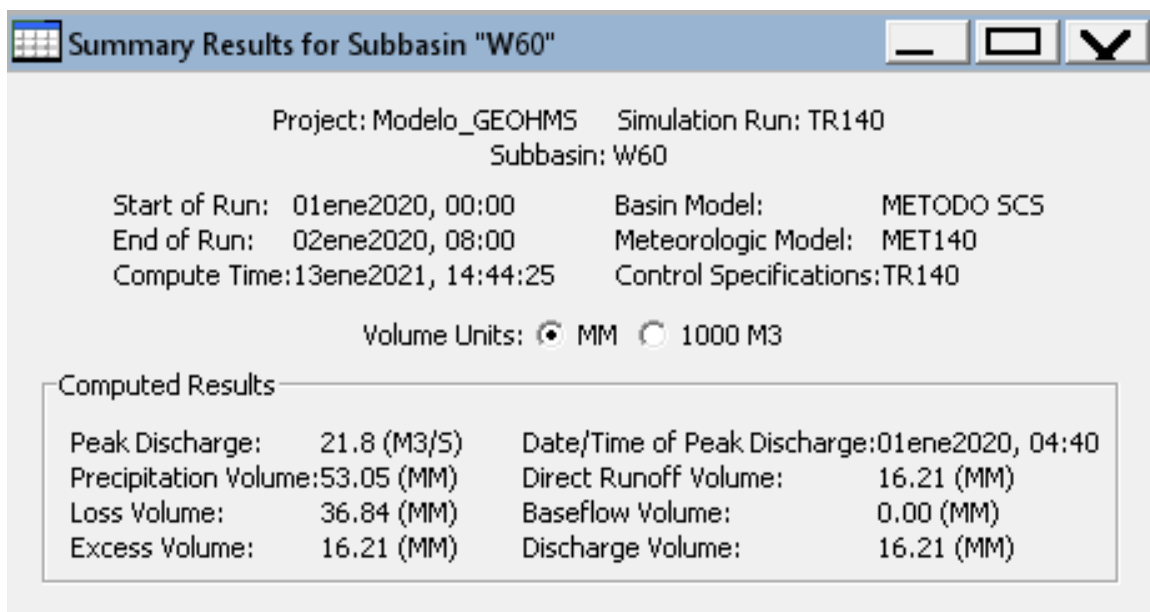


Figura 37 Resumen de la simulación método SCS, T=140 años, microcuenca W60.

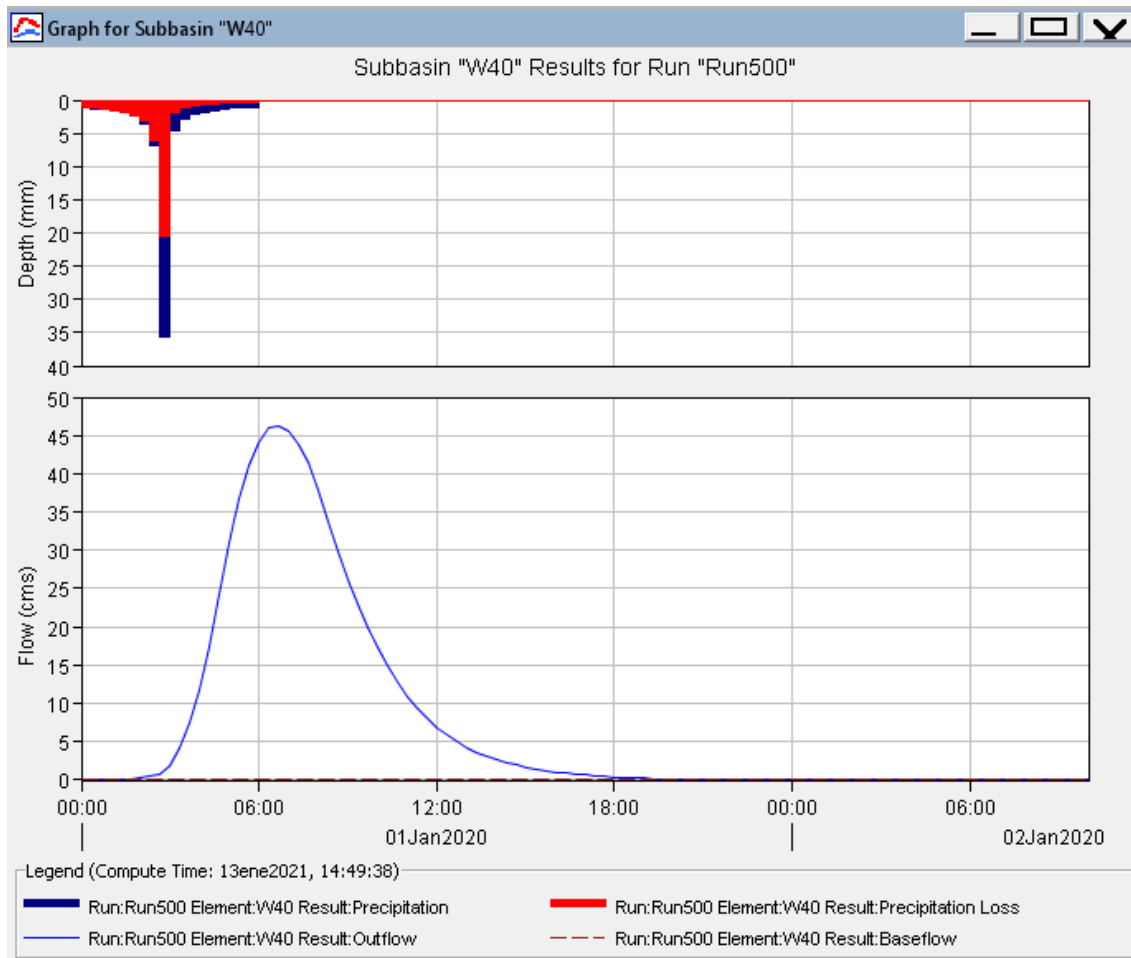


Figura 38 Hidrograma unitario determinado con el método SCS, T=500 años, microcuenca W40.

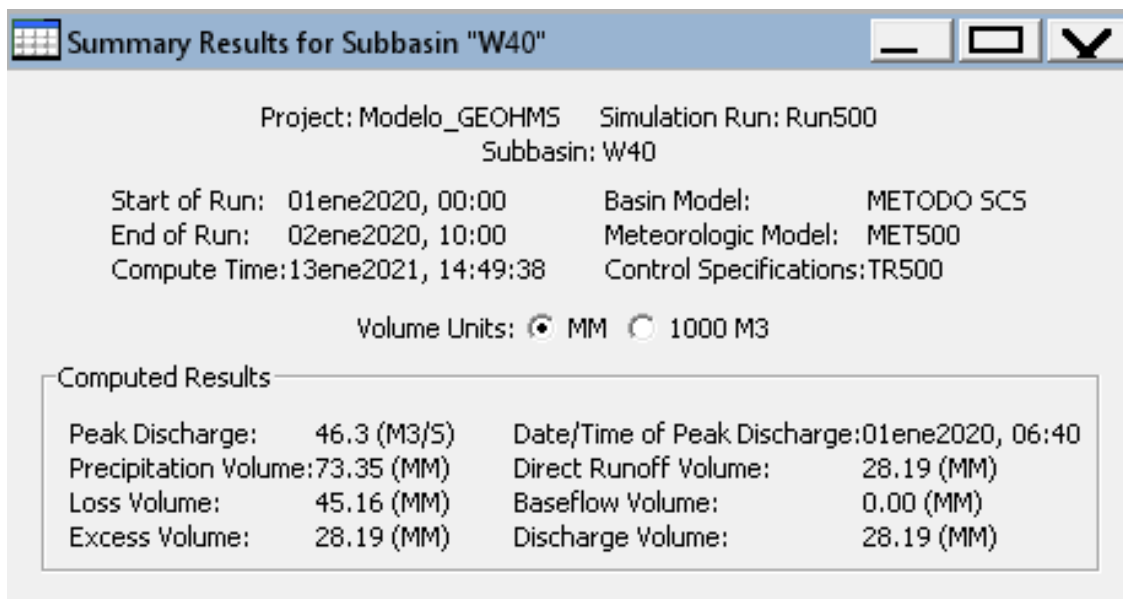


Figura 39 Resumen de la simulación método SCS, T=500 años, microcuenca W40.

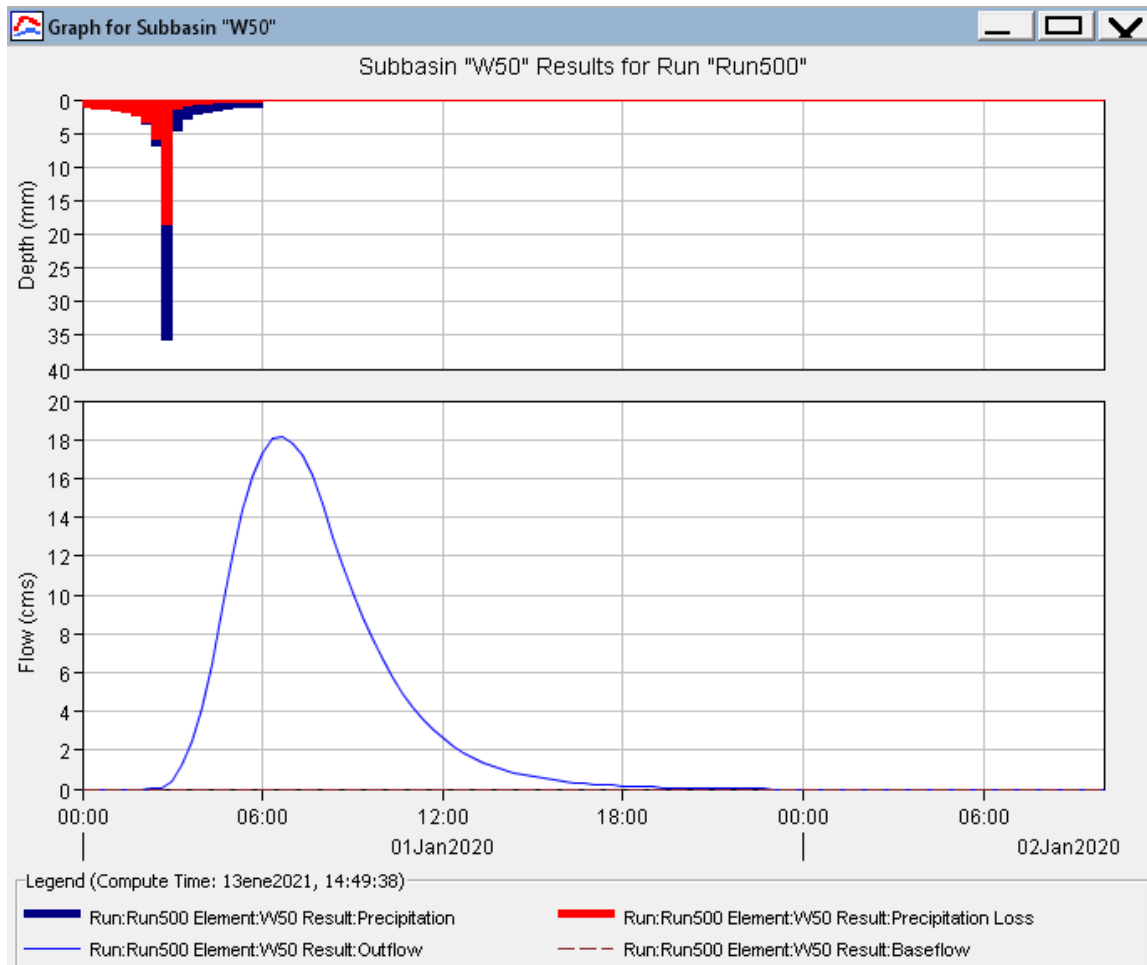


Figura 40 Hidrograma unitario determinado con el método SCS, T=500 años, microcuenca W50.

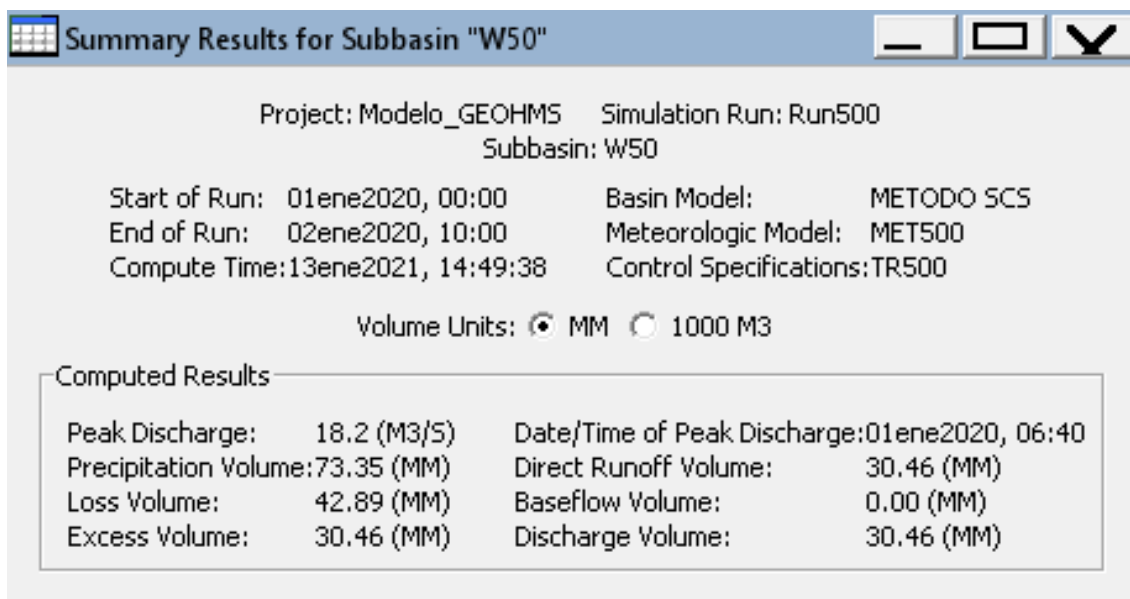


Figura 41 Resumen de la simulación método SCS, T=500 años, microcuenca W50.



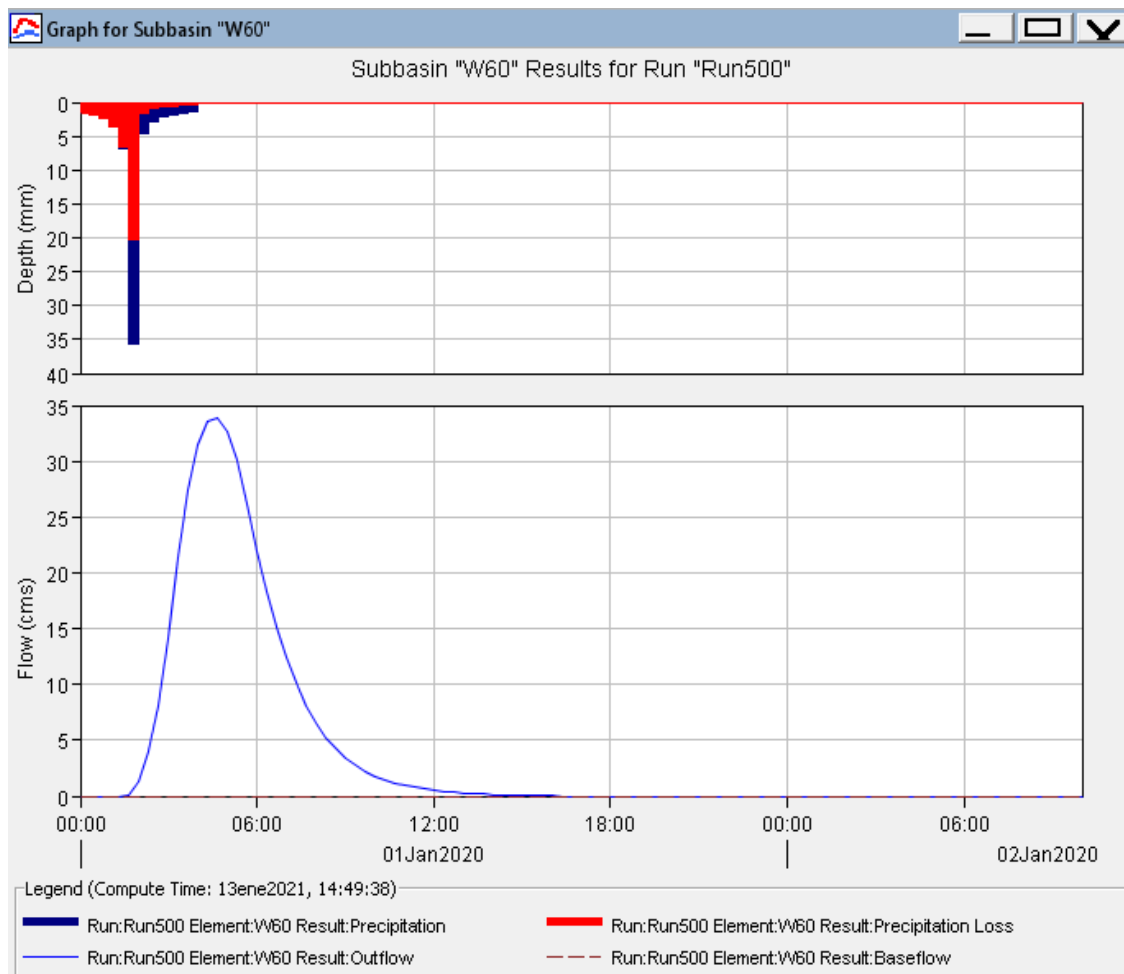


Figura 42 Hidrograma unitario determinado con el método SCS, T=500 años, microcuenca W60.

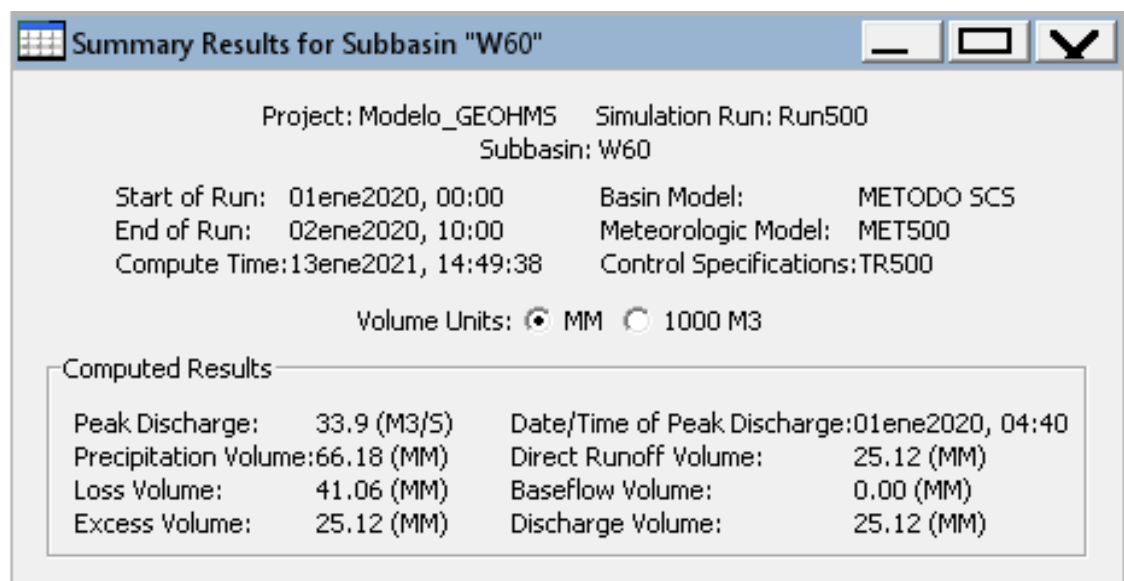


Figura 43 Resumen de la simulación método SCS, T=500 años, microcuenca W60.

Simulación e hidrogramas unitarios por el método de Snyder, para un periodo de retorno de  $T=140$  años,  $T=500$  años, para las microcuencas W40, W50 y W60.

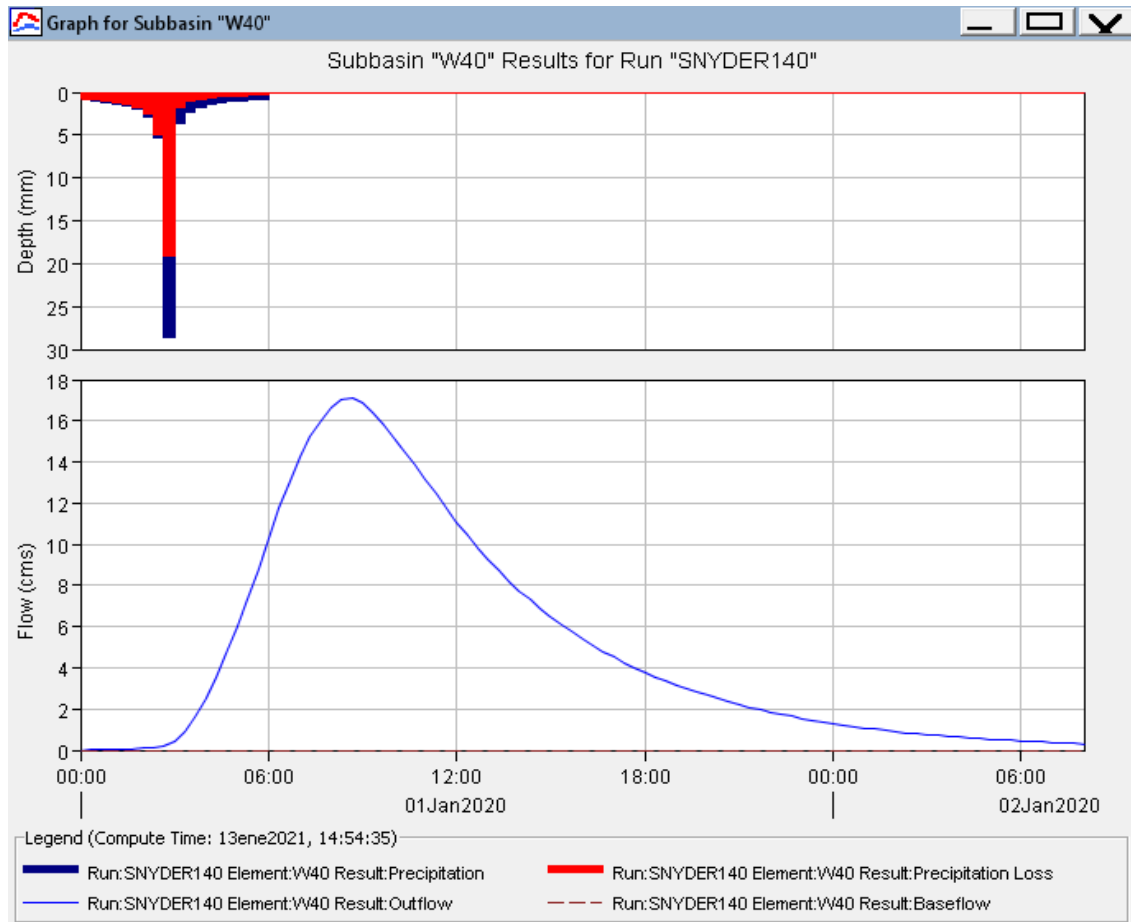


Figura 44 Hidrograma unitario determinado con el método de Snyder,  $T=140$  años, microcuenca W40.

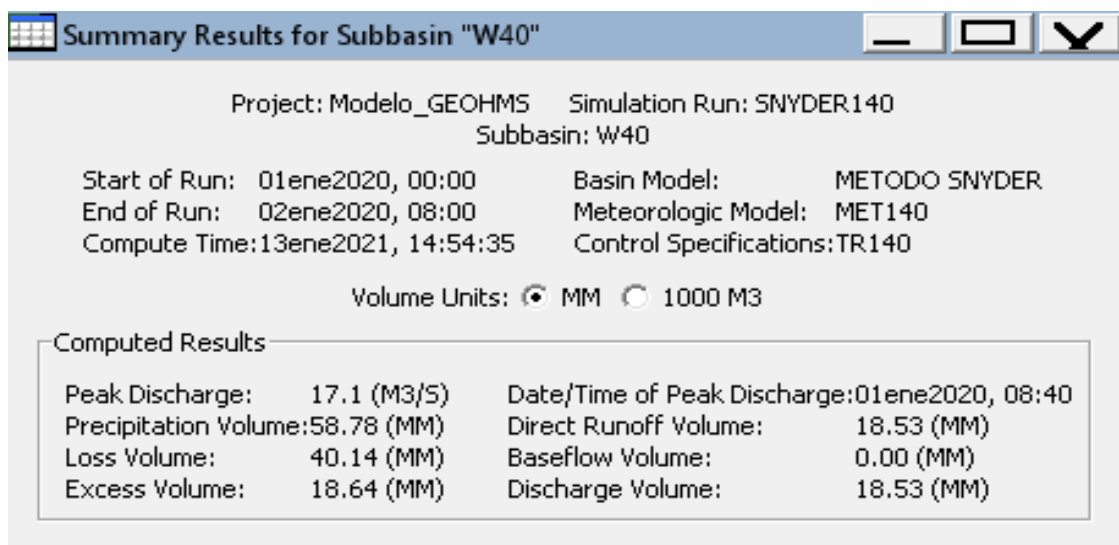


Figura 45 Resumen de la simulación método de Snyder,  $T=140$  años, microcuenca W40.

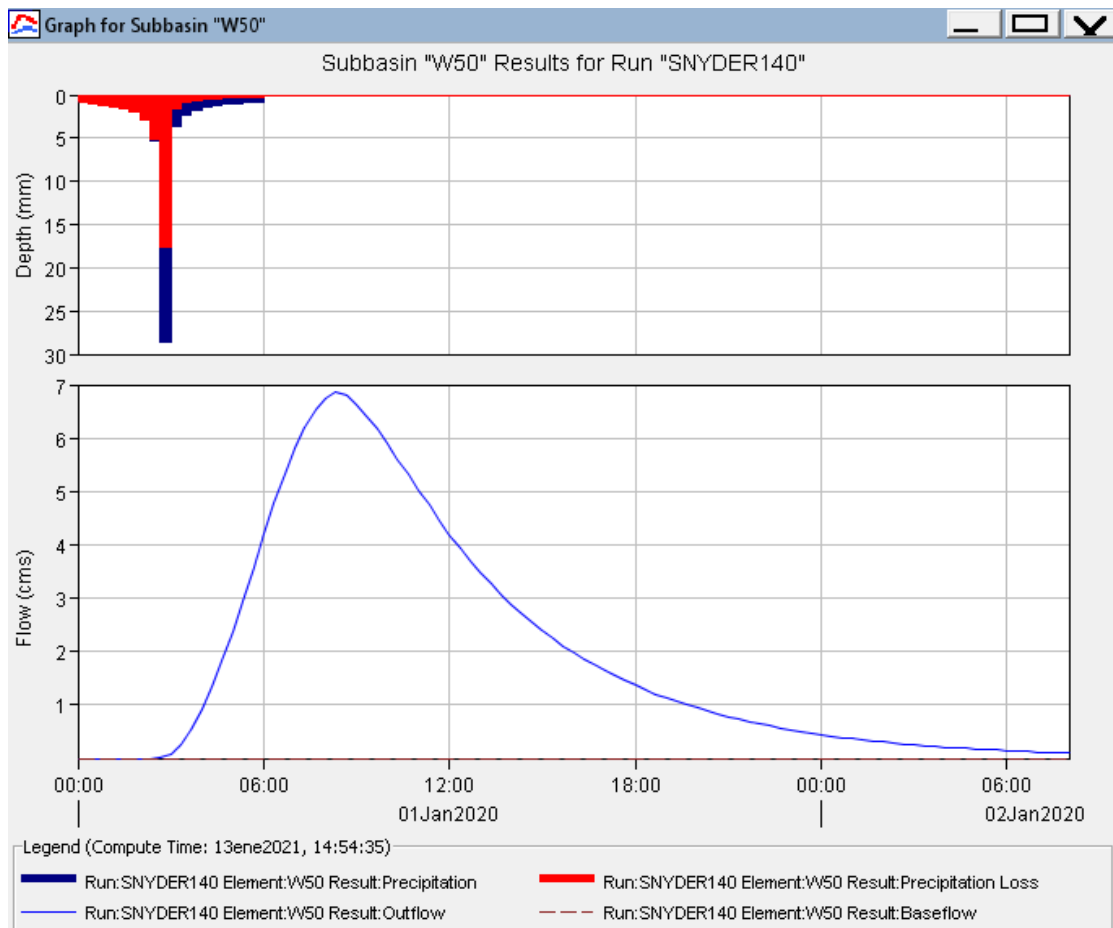


Figura 46 Hidrograma unitario determinado con el método de Snyder, T=140 años, microcuenca W50.

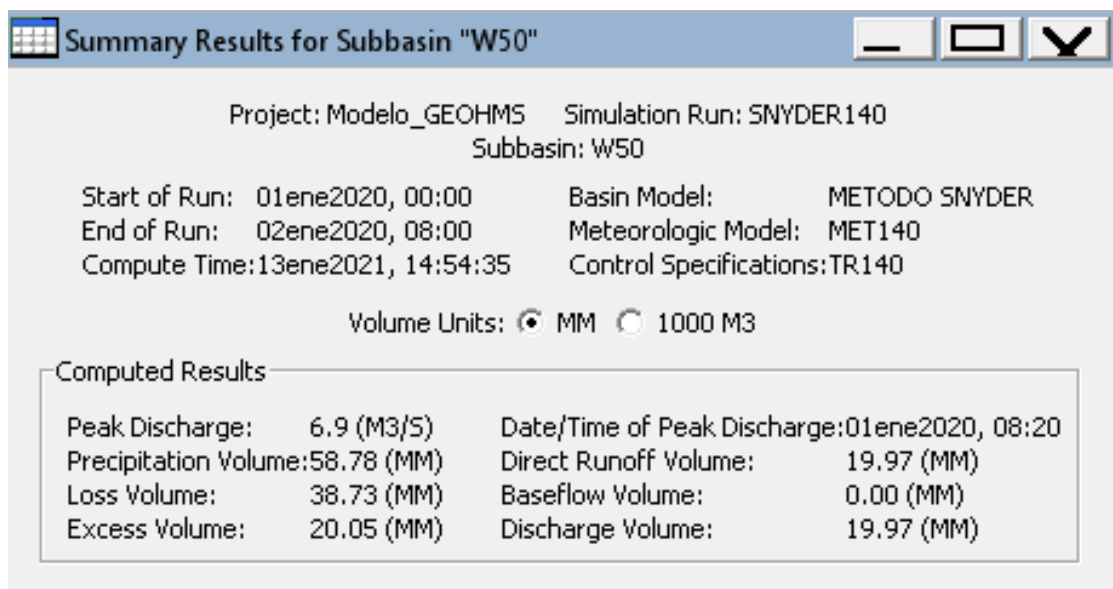


Figura 47 Resumen de la simulación método de Snyder, T=140 años, microcuenca W50.

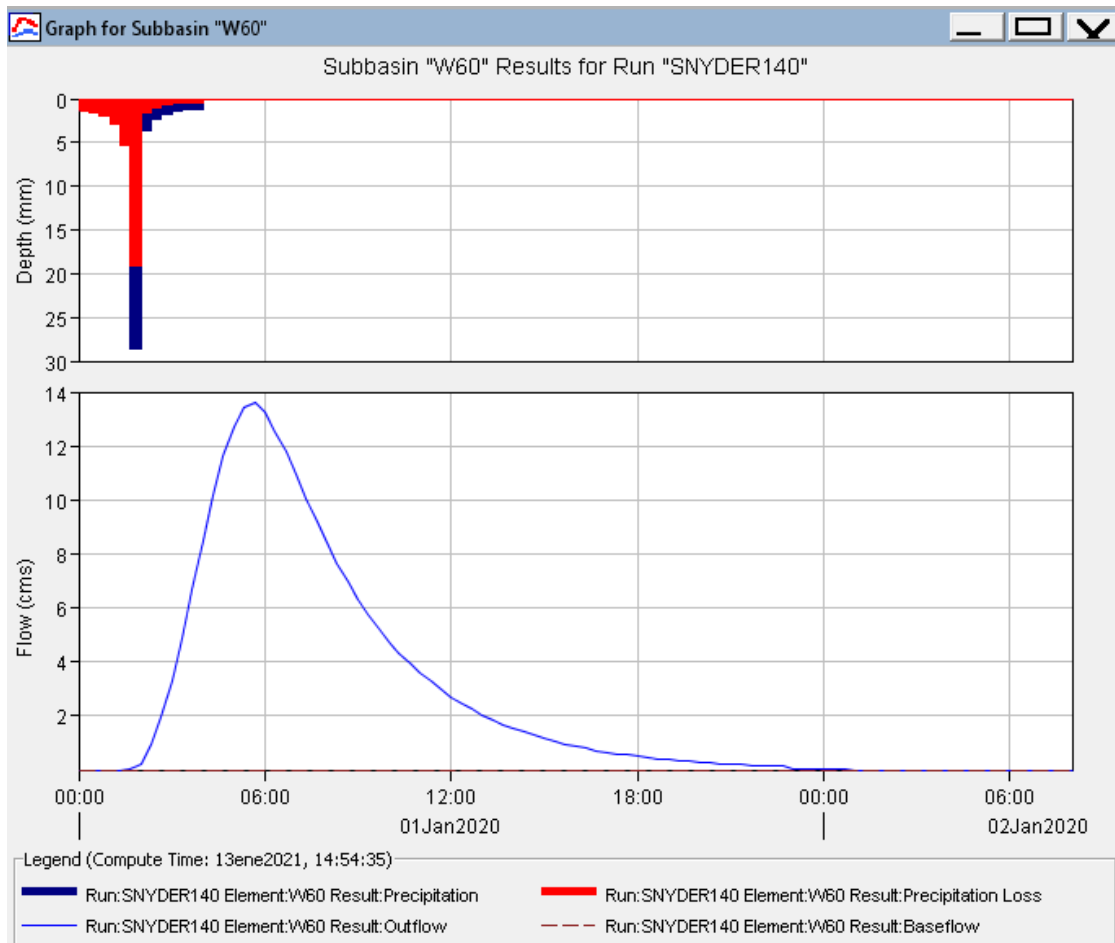


Figura 48 Hidrograma unitario determinado con el método de Snyder, T=140 años, microcuenca W60.

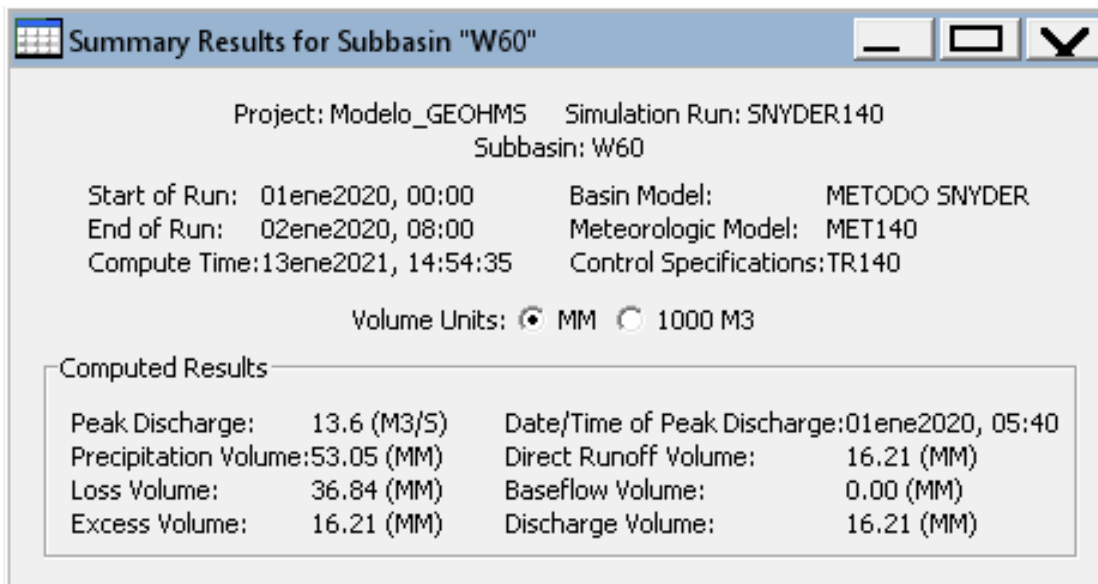


Figura 49 Resumen de la simulación método de Snyder, T=140 años, microcuenca W60.

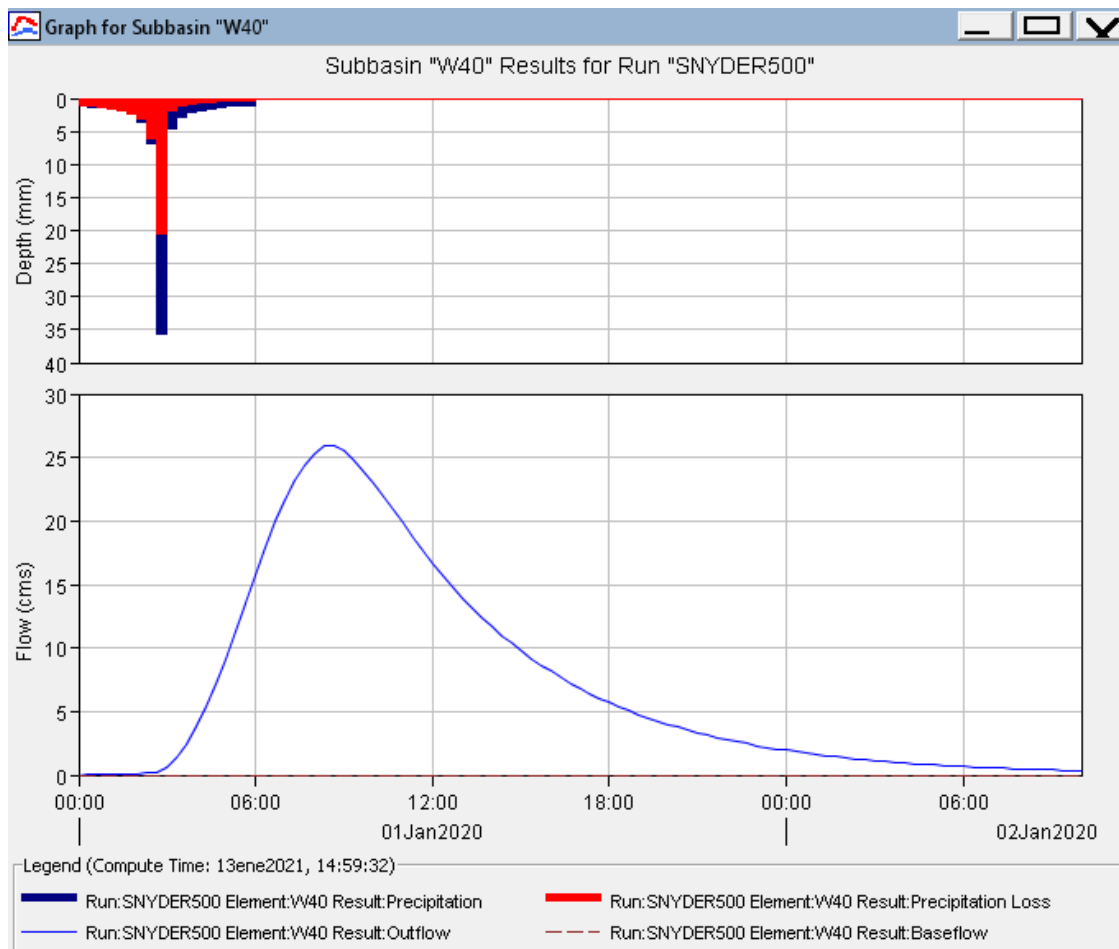


Figura 50 Hidrograma unitario determinado con el método de Snyder, T=500 años, microcuenca W40.

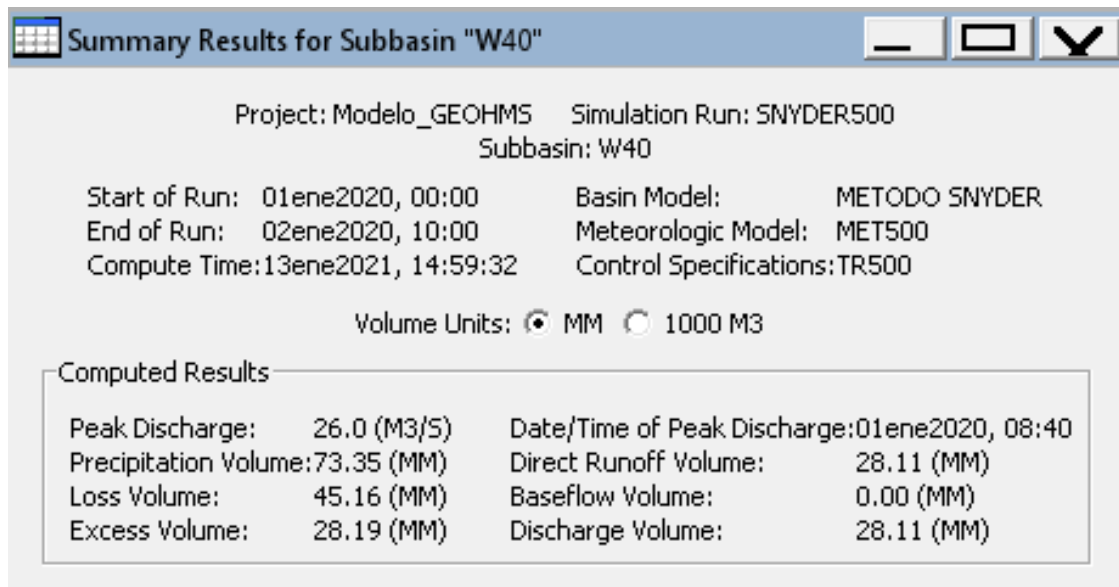


Figura 51 Resumen de la simulación método de Snyder, T=500 años, microcuenca W40.

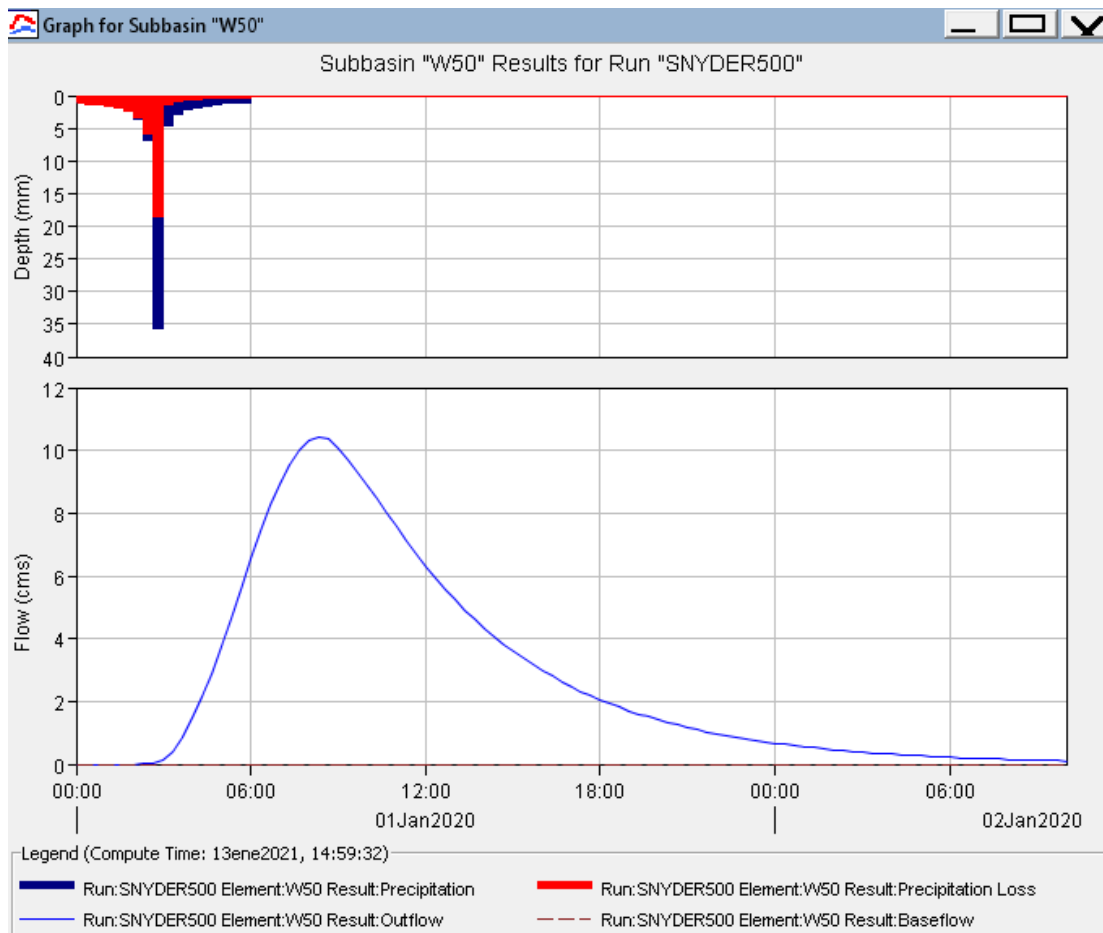


Figura 52 Hidrograma unitario determinado con el método de Snyder, T=500 años, microcuenca W50.

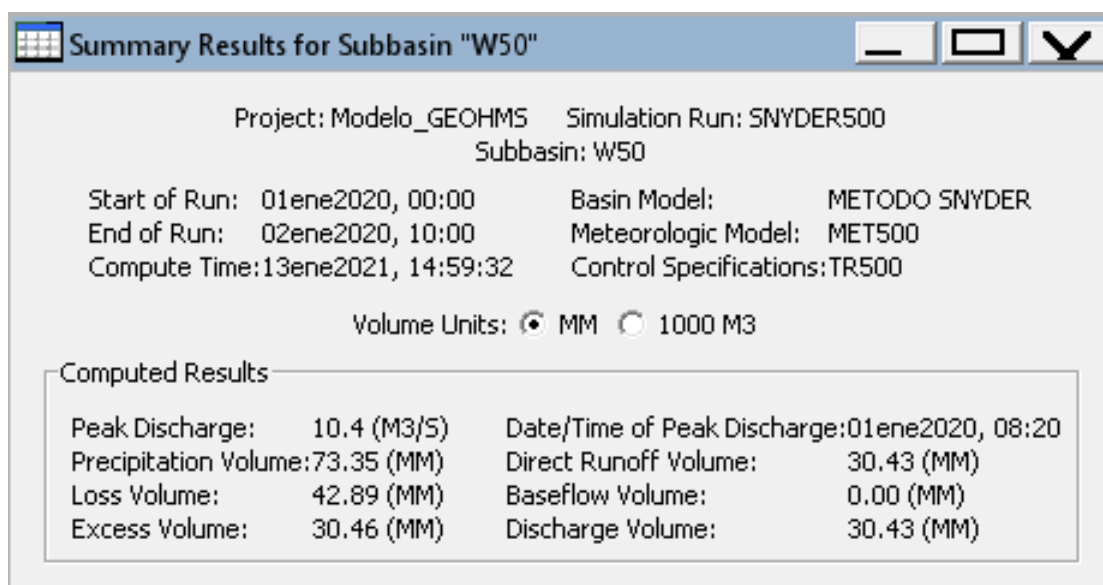


Figura 53 Resumen de la simulación método de Snyder, T=500 años, microcuenca W50.

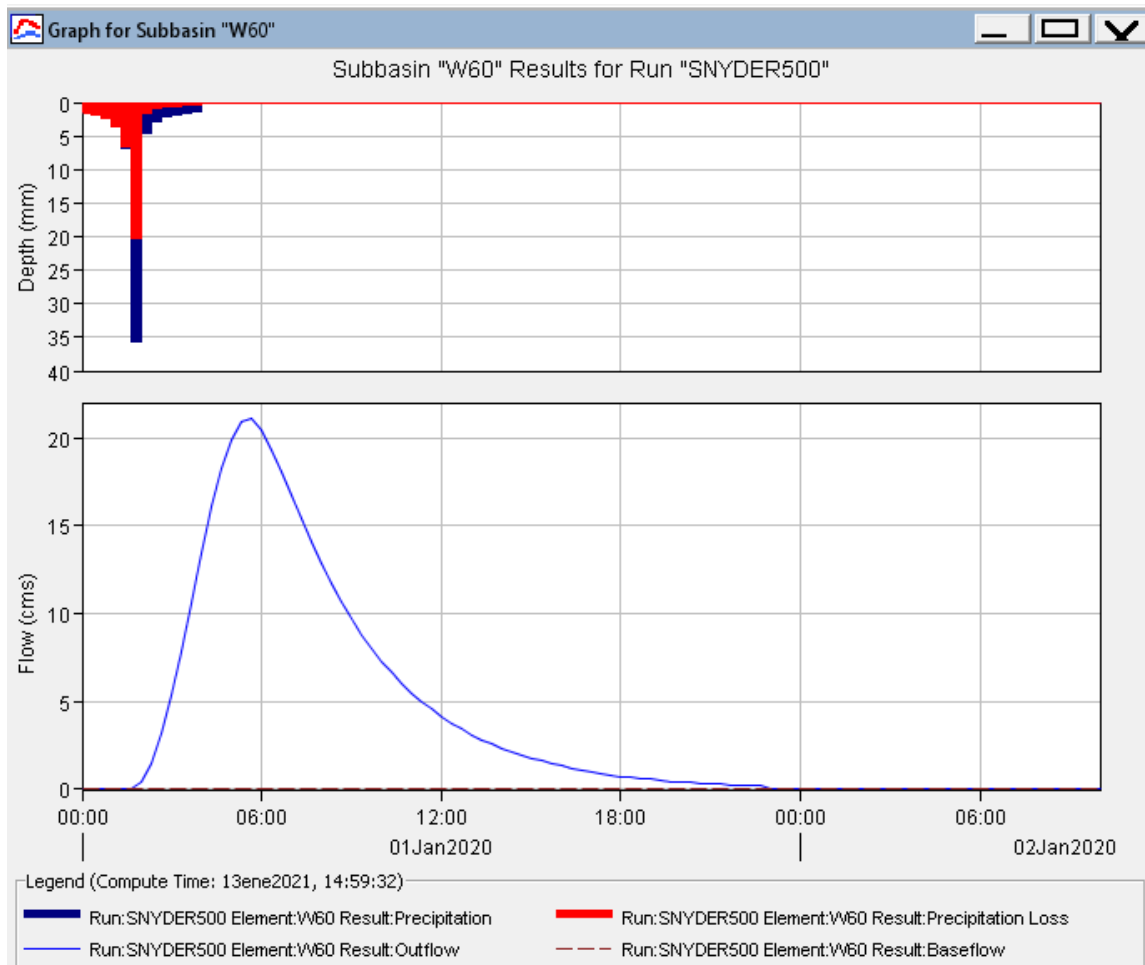


Figura 54 Hidrograma unitario determinado con el método de Snyder, T=500 años, microcuenca W60.

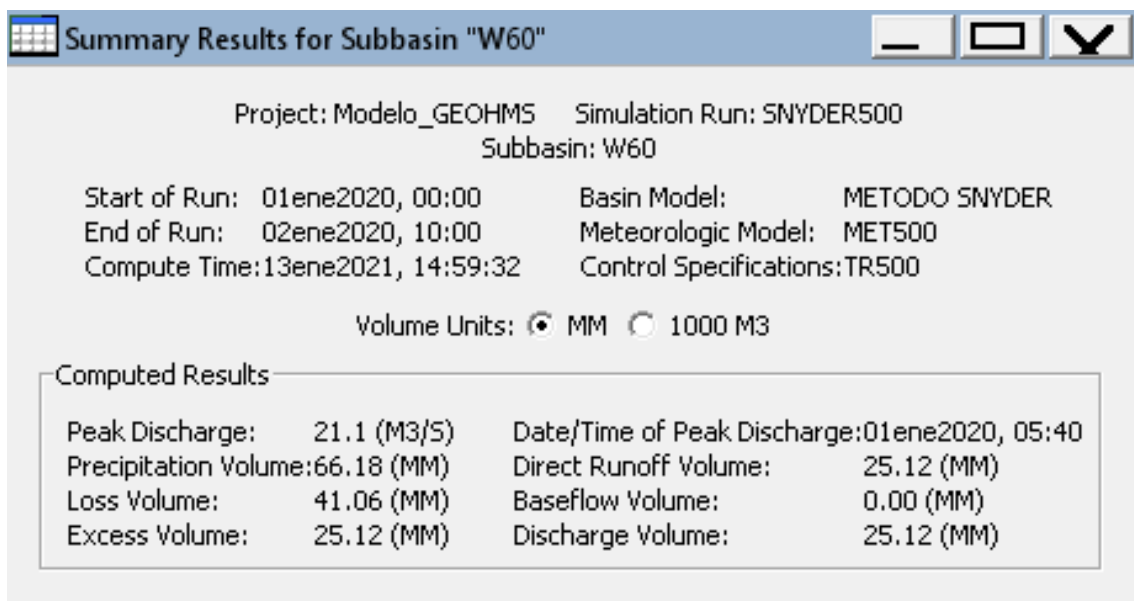


Figura 55 Resumen de la simulación método de Snyder, T=500 años, microcuenca W60.

**Anexo 4. Información pluviométrica**  
**Anexo 4.1. Carta de presentación**



Los Olivos, 30 de noviembre del 2020

**CARTA N°532-2020/EP-ING-CIV-UCV**

Señor  
Ing. José Percy Barrón López  
Gerente General  
SENAMHI -Puno

De mi consideración:

Por medio de la presente, es grato dirigirme a usted a fin de saludarlo muy cordialmente y a la vez presentar al estudiante FLORES PALOMINO, VICTOR RAUL con código de matrícula N°7002555900 quien en el 2020-II se encuentra en la etapa de desarrollo de la tesis en la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, asimismo, nuestro estudiante requiere información de los datos hidrometeorológicos, de las estaciones: JULIACA, CABANILLAS, LAMPA, CAPACHICA, MAÑAZO, PUCARA, PUNO Y TARACO para realizar el desarrollo de la tesis titulada "GENERACIÓN DE MÁXIMAS AVENIDAS EN LA SUB CUENCA TOROCOCHA, EMPLEANDO MÉTODOS HIDROLÓGICOS, PARA DISEÑO DEL PUENTE TOROCOCHA, JULIACA, PUNO, 2020".

Agradezco anticipadamente su gentil atención y su apoyo a favor del dicho alumno.

En tal sentido, si fuera posible de remitirle la información al correo electrónico [flores131180@gmail.com](mailto:flores131180@gmail.com)

Segura de contar con su apoyo, aprovecho la oportunidad para expresarle las muestras de mi especial consideración y estima.

Cordialmente,

**Mg. Doris Lina Huamán Baldeón**  
**Coordinadora**  
**EP de Ingeniería Civil**

Yaret



## Anexo 4.2. Información pluviométrica

### UNIDAD DE ATENCION AL CIUDADANO Y GESTION DOCUMENTAL

ESTACIÓN: JULIACA/007454/DZ13

ALT: 3820 MSNM

LONG: 70° 10' 10"

LAT: 15° 28' 28"

DPTO: PUNO

PT202 PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)

CODIGO	PLANILLA	VARIABLE	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
7454	52	PT202	2001									5.7	19.4	7.4	12.5
7454	52	PT202	2002	10.8	32.7	16.7	13.4	12.4	1.6	8	6.1	10.6	63.3	12.6	19
7454	52	PT202	2003	29	18.9	22.3	1.7	2.9	4.4	0.5	0.3	16.8	5	17.6	36.5
7454	52	PT202	2004	32.8	15.9	17.9	7.8	0	0.2	0.7	15	22.5	2.8	6.8	20.5
7454	52	PT202	2005	16.4	47.4	41	18.7	0	0	0	1.8	11.3	23.7	15.2	15
7454	52	PT202	2006	23.3	23.2	30.3	4.4	0.8	2	0	0.7		24.2	21.4	23.5
7454	52	PT202	2007	14.4	19.4	39.3	24.9		0.1	5.9	0.8	5.7		33.5	
7454	52	PT202	2008	45	11.1	11		0.4	0.6		0.9	1.1	25.2	13.8	33.6
7454	52	PT202	2009	27.9	28.9	27.5		0	0	1		6.1		18.3	
7454	52	PT202	2010	20.2	17.1	12.5	4.8	10	0.4	0.4	0	0.2	9.4	11.9	10.9
7454	52	PT202	2011	6.9	55.4	12.9	7.3	4.8	0	3.6	2.5	4.3	7.5	21	
7454	52	PT202	2012	22.1	23	20.7	14	0			20	0.3	7.1		
7454	52	PT202	2013		27.9	11.6	6.6	2.6	3.8	2.1	3.8		11.6	12.4	28.5
7454	52	PT202	2014	37	15.8	22.2	9.1	0.3	0.1	4.5	3.3	24.8	23.5	5.3	16.6
7454	52	PT202	2015	17.3	17.5	17.6	33.6	2.3	0.6	2	6.3	24.2	12.7	8.7	20.8
7454	52	PT202	2016	15.7	36.6		11.7	0	1.8	4.2	0	0.4	10.4	9	19.7
7454	52	PT202	2017	24	12.7	36.7	9	10	0	5.1	0	8.3	26.9	19.1	61.8
7454	52	PT202	2018	19.9	32.6	22.2	16.3	10.7	9	15.8	0	0.2	22.4	20.4	22.2
7454	52	PT202	2019	22.1		24.2	17	7.1	2.8	8.9	0	10.3	25.5	23.7	17.3
7454	52	PT202	2020	13.5	33.5							10.9	8.2	9.3	

Fuente: SENAMHI

## UNIDAD DE ATENCION AL CIUDADANO Y GESTION DOCUMENTAL

ESTACIÓN: CABANILLAS/000780/DZ13

ALT: 3,920 MSNM

LONG: 69° 58' 11.6"

LAT: 15° 10' 10.5"

DPTO: PUNO

PT202 PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)

CODIGO	PLANILLA	VARIABLE	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
780	52	PT202	1963												26
780	52	PT202	1964	8	25	18.5	21	6.5	0	0	0	1.5	17.8	36.1	22
780	52	PT202	1965	26.6	27.4	25	36.6	3	0	0	0	5.1	11.2	22	31.5
780	52	PT202	1966	16.1	30	19	1.8	15	0	0	1	4	6.7	22	30
780	52	PT202	1967	12.5	20.1	31.2	5.4	6.8	0.6	3.3	7	12.1	12.1	4.2	25.7
780	52	PT202	1968	13	22.2	10	4	8	3.1	2.2	0		9	18	25.6
780	52	PT202	1969	27.2		7.2	10.4	0	0.6	2.2	0	2.4	8.4	19	10
780	52	PT202	1970	11.8	16.8	24	10	3.6	0	0	0	5.8	6.3	6.1	20.2
780	52	PT202	1971	18.8	30.8	12.4	6.2	5.8	0	0	4	0	6.5	25	17
780	52	PT202	1972	31.8	20	20.7	16.9	6.2	0	0	0.6	12.2	17.9	7.2	13.9
780	52	PT202	1973	27.8	30	24.4	22	11.2	0	2.1	0.8	15.9	2.4	8.5	40
780	52	PT202	1974	33.7	43.6	19.1	18	0	0	0	12.1	11.4	10.2	22	18
780	52	PT202	1975	26	30.4	11.5	6.2	13.9	0	0	0	5.5	9.2	6	36
780	52	PT202	1976	38.2	23.8	15	9.1	2	1.9	1.3	1.8	7.2	4.1	6.1	13
780	52	PT202	1977	35.4	28.2	36.7	9	0	0	0	0	7.1	12.6	26.8	27.9
780	52	PT202	1978	25.9	20.3	24.6	11.6	0	0	0	0	1.6	6.1	15.8	21.5
780	52	PT202	1979	20.2	31.8	13.3	26.3	2.8	0	0.6	1.2	1.7	10.8	17.4	29.8
780	52	PT202	1980	10	16.4	33.2	4.6	2.1	0	1			30.5	16.8	
780	52	PT202	1981	14.6	18.3	26.2		0			10.8		4.8	10.8	
780	52	PT202	1982		14.5	13.1	11	3	1	1		7	7		
780	52	PT202	1983	6		6.5	2	3	2.8	0	2	4.5	6		21
780	52	PT202	1984		28.2			14.4			2.5	2.5		11.9	
780	52	PT202	1985	17.5	19	12.5	13	5	16	0	2	9	9.5	14	20.5
780	52	PT202	1986	54.2	47.5	27.2	20	1.3	0	10.5	1	10	4	7.3	30
780	52	PT202	1987	16	25.4	15			0.7	6	1.5	6.4	7.3	29	17.8
780	52	PT202	1988	25.8	25.8	21.4	10	7.6	0	0	0	14.2	19.7		46
780	52	PT202	1989	29.5	18	20.2	15.4	0	1.4	0	4	5	2.5	11	22.2
780	52	PT202	1990	19.8	9.6	8.4	7.5		21.6	0	3.8	0.5		25.7	11
780	52	PT202	1991	14.4	16.7	14.4	20.2	5.8	16.8	0	0	4.6	7	12	10.8
780	52	PT202	1992	12.2	10.4	4.4	2.6	0	2.2		21.2		13.4	5	13
780	52	PT202	1993	16.8	22.4	17	17.3	3	0	0		7.4		22.4	
780	52	PT202	1994	18.8	12.8	54.6	24.8	0	0	0	0	5.3	11.6		12.4
780	52	PT202	1995	15.4	14.2	15.5	3.2	0	0	0	0.2	10.8	6.7	13.6	10.7
780	52	PT202	1996	42.7	14.4	24.8			0	2	12.8	4.8	6.3	20	28.7
780	52	PT202	1997	17.5	44.6	34.5	26.8	2.5	0	0	6.8	23.3	14.4	28.2	35.6
780	52	PT202	1998	22.1	39.2	34.5	6.1	0	0	0	5.5	0	17.8		11.1
780	52	PT202	1999	23	21.4	18.3	18.2	5.4	0	1.8	1.8	10.6	26.2	2.4	34.9
780	52	PT202	2000	17.5	31.2	31.6	21.8	0.4	0	0	3.1	15.8	23.1	6.6	30.3
780	52	PT202	2001	32.2	44.2	20.9	26.6	7	0.8	0.4	7.5	6	32	16.6	10
780	52	PT202	2002	15.5	21.7	21.1	30.5	10	4.2	12.5	10.4	2.5	23.1	27.2	23.7
780	52	PT202	2003	30.3	12.4	24.6	8	5.6	2.6	0	0.5	12.2	6.1	42.3	36.6
780	52	PT202	2004	16.4	29.6	15.8	10.8	8.5	0.5	5.3	6	6	1	10.1	15.5
780	52	PT202	2005	15.2	66	36.6	26.4	0	0	0	0.5	3.8	11.2	22.7	13.8
780	52	PT202	2006	19.5	35.2	26	20.2	0	0.7	0	0.7	32	9.2	12.5	24.3
780	52	PT202	2007	18.4	24.2	37.5	18.3	1.2	0	0.8	0	17.8	12.7	46.4	14.5
780	52	PT202	2008	44.1	22.4	25.2	5.1	0	0.2	0	0.6	1	16.2	21.9	31.5
780	52	PT202	2009	14.3	22.9	25	10.8	0	0	1.6	0.5	0.5	19.4	35.6	21.5
780	52	PT202	2010	25.1	17.3	18	8.3	5.8	0	0.5	0	2.1	6.3	14.2	27.3
780	52	PT202	2011	17.7	23.2	35.2	14.9	0.8	0	3.4	4.1	10.4	21	16.3	
780	52	PT202	2012	20.3	32.6	21.7	18.9	0	0	0	2.9	1.9	8.4	14.8	22.3
780	52	PT202	2013	16.1	54.3	5.9	5.3	3.4	6	5.4	4	5.7	23.2	19.4	29.8
780	52	PT202	2014	33	12	12.7	9.2	0	0	2.2	12.2	8.2	18.5	17.4	32.6
780	52	PT202	2015	21.2	21.8	13.4	22.4			3.7	2.3	17.3	11.6	28.9	30.2
780	52	PT202	2016	16.5	32.7	17.1	33.3	0.6	3.5	4.4	0	1.4	22.7	4.5	
780	52	PT202	2017	22.9	19.3	29.2	11.2	3.2	3	3	0	15	29	19.2	31.6
780	52	PT202	2018	39.6	23.6	67.8	18.2	2.8	9.3	16.9	0.8	0	10.4	25	22
780	52	PT202	2019	22.6	13	12.9	22.3	9.9	0.5	4.3	0	7.5	16	19	15.5
780	52	PT202	2020	28	22.1		17.6	5.7	0	0	0				

Fuente: SENAMHI

## UNIDAD DE ATENCION AL CIUDADANO Y GESTION DOCUMENTAL

ESTACIÓN: LAMPA/000779/DZ13

ALT: 3,892 MSNM

LONG: 70° 22' 19.6"

LAT: 15° 40' 24.4"

DPTO: PUNO

PT202 PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)

CODIGO	PLANILLA	VARIABLE	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
779	52	PT202	1963			30	17	1.5	0	0	0.2	13	49.5	11	23.2
779	52	PT202	1964	10	20	26	15.5	10	0	0	0	10	10.2	15	12.6
779	52	PT202	1965	20.1	18	15.5	11	0	0	0	0	6	13	17	41
779	52	PT202	1966	15	24	10	7	20.5	0	0	0	16.1	6.1	11.4	21
779	52	PT202	1967	18.8	22	36.1	8.2	6.5	0.6	3.3	3.2	14.4	16.9	2.1	29.1
779	52	PT202	1968	16.5	18.8	21.5	18.5	1.6	2.2	5.8	3	13.5	20	22.9	16.5
779	52	PT202	1969	38.7	15.2	8	16	0	2.8	1.5	0	3.6	31.5	24.4	14.9
779	52	PT202	1970	20.1	16.5	32.5	8.1	3.8	0	0	1.3	2.2	15.2	9	24.7
779	52	PT202	1971	16	19.8	11	11.8	0	0	0	8.4	0.5	20.1	11.1	24.5
779	52	PT202	1972	53.3	17.5	27.8	5.1	0.8	0	0	0	9.5	2.8	20.6	14
779	52	PT202	1973	18.5	32.2	38.8	22.7	2.5	0	2	1	13.2	22.4	16	26
779	52	PT202	1974	35.8	20.1	14.1	8.5	0	4	0.8	27.5	6.2		21.4	31.8
779	52	PT202	1975	21.8	31.5	16	10.5	12	0.8	0	2.8	7.5	12.5	5	23
779	52	PT202	1976	30	35	13	6	12	4	0.3	5	21	0	6	17
779	52	PT202	1977	22.5	35	29	8.5	0	0	1	0	16.5	17.5	19.5	30.2
779	52	PT202	1978	40	44	32	14.5	0	1.5	0	3.5	9.5	10.6	26.1	39
779	52	PT202	1979	19	14.5	23.3	15.3	2	0	0	3.8	0	18.5	26.4	21
779	52	PT202	1980	19	17	31	3	3.9	0	0	10	33	14	40	9.5
779	52	PT202	1981	49	25	21.1	11	0	0	0	11			16.5	27
779	52	PT202	1982	25	17	21	64	0	2	0	2	22	20	26	22
779	52	PT202	1983			12	7	4	4.5	0	4.5	9.5	24.5	14.5	12.5
779	52	PT202	1984	44.5	25	19	40	12	0	0	6	0	35.8	38.5	50.4
779	52	PT202	1985	28.6	48.3	32	30.5	4	15	0	9.5	7	22.5	24.6	33
779	52	PT202	1986	34.5	37	21	10.4	3.4	0	1.4	9.3	9.8	6	11.4	33
779	52	PT202	1987	36.6	20.4	15.5	10.2	3	1.5	11.2	0	2.9	10.9	26.6	30.9
779	52	PT202	1988	21	8.4	21.7	35.7	13	0	0.1	0	7.2	28.7	2.1	31.4
779	52	PT202	1989	19	15	22.2	21.4	0.5	2.4	0.8	2.4	1.2	4.2	14.5	12.2
779	52	PT202	1990	16.7	12.8	14.2	4.6	6		0	3.2	2.1	16.4	26.8	30.3
779	52	PT202	1991	28.8	24.3	22.4	12.5	22.5		0.8	0	7	26.4	10.8	24.1
779	52	PT202	1992	12.8		14.8	16.7	0	2.8	1.4	39.3	0.5	20.8	16.7	19.2
779	52	PT202	1993	29.9	4.2	22.4	11.1	1.9	0.2	0	9.4	5.1	16.8	14.4	23.7
779	52	PT202	1994	18.7	33.7	35.2	7.9	1.3	0.7	0	0	2.5	11	15.5	13.4
779	52	PT202	1995	21.5	24.7	14.1	8.4	0.5	0	0	5.6	11.6	13.9	13.8	17.3
779	52	PT202	1996	42.7	30.7	22.4	7.5	8.6	0	1.8	1.4	7.2	2.4	19.1	27.2
779	52	PT202	1997	30.7	23.8	31.4	21.4	2.6	0	0	4.9	21.4	11.3	28.6	28.6
779	52	PT202	1998	18.5	32.8	24.3	21.3	0	0.8	0	0	0.2	22.5	16.4	21.8
779	52	PT202	1999	32.7	13	30.3	27	4.5	1.8	0	0.8	22.4	31.7	13.2	15
779	52	PT202	2000	21.2	33.4	26.8	27.7	6.3	4.4	0	2.7	14.5	16.3	4.1	16.1
779	52	PT202	2001	28.1	38.1	21.8	12.2	5.4	2.9	1.8	6.1	1.8	22	20.7	12.4
779	52	PT202	2002	18.2	22.5	24.5	16.6	13.2	1.9	8.9	4.9	10.4	36.9	16.1	34.8
779	52	PT202	2003	26	22.3	20.2	5.9	3	3.2	0	0.9	18.7	5.1	8.8	36.7
779	52	PT202	2004	43.8	32.1	25	12.5	2.3	2	1.6	11.6	11.6	15.1	8	15
779	52	PT202	2005	28	39.4	49.6	17.4	0	0	0	0	20.2	28.8	15.1	30.8
779	52	PT202	2006	26.2	27.1	22.2	5.4	0.7	1.3	0	0.2		14.5	18.3	19.4
779	52	PT202	2007	14	35.6	28.4	28.4	7.4	0.5	6.1	10	5.4	13.7	26.1	21.4
779	52	PT202	2008	26.8	14	12.8	0.8		1.2	0	1.4	2.8	30.6	9.7	34.7
779	52	PT202	2009	22.7	54.7	39.8	13.6	0.8	0	0	0	2.1	17.1	20.8	16
779	52	PT202	2010	21	21.2	14.8	8.8		0	0	0	0	13.5	3.6	25.6
779	52	PT202	2011	11.4		29.4	4.7	2.7	0	2.6	4.3	20.2	21.7	22.3	33.2
779	52	PT202	2012	15	15.4	14.8	17.3	0	0	1.7	8.3	1.4	7.7	15	27.4
779	52	PT202	2013	15.3	9.5	35.4	11.3	9.1	5.3	1.3	4.9	6.7	14.3	16.9	29.1
779	52	PT202	2014	28.5	22.1	16.8	8.1	0	0	3.6	4.5	13.2	21.8	21.3	24.1
779	52	PT202	2015	21.5	22.7	8.7	17.1	3.6	1.6	1.6	3.7	34.9	23.3	15.3	17.2
779	52	PT202	2016	14.9	31.2	19	24.7	0.1	0.4	7.3	2.1	8.2	11.4	9.1	9.9
779	52	PT202	2017	22.4	20.1	21.3	14.2	7.6	0.1	5.1	0.2	13.8	26	14.3	35.6
779	52	PT202	2018	13.9	18.9	17.8	9.7	2.5	13.8	21.2	9.7	0.9	23.9	19.1	29.8
779	52	PT202	2019	17.5	17.8	20.2	15.8	4.5	4.7	6.8	0	20.5	16.9		19.3
779	52	PT202	2020	15.7	23					0.4	0	12.2	17.7	11.9	

Fuente: SENAMHI

## UNIDAD DE ATENCION AL CIUDADANO Y GESTION DOCUMENTAL

ESTACIÓN: MAÑAZO/000820/DZ13

ALT: 3910 MSNM

LONG: 70° 3' 59.7"

LAT: 14° 48' 2"

DPTO: PUNO

PT202 PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)

CODIGO	PLANILLA	VARIABLE	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
820	52	PT202	1960	17.6	17.7	6.7	17.7	0.8	0	0	1.6	19.8	19	15.4	9.6
820	52	PT202	1961	42.6	23.6	21.6	14	21.4	7.3	0	6.2	6.8	12.5	9.4	20.4
820	52	PT202	1962	19.5	41.4	6.6	4.8	0	0	0	0	9	6.4	13	19.2
820	52	PT202	1963	21.2	16	11.1	22.1	1.9	0	0	2.8	4	17.8	18.4	12.4
820	52	PT202	1964	15	13	19.2	27.9	7	0	0	0.3	6.2	8	13.6	12.5
820	52	PT202	1965	10.9	14.3	13.1	0.8	6	0.2	1	0.5	2.6	1.6	5.6	21.1
820	52	PT202	1966	7.2	26.9	7.9	2.2	7.4	0	0	0	3	3.6	12.4	12.2
820	52	PT202	1967	6.7	7.2	27.8	1.1	3.6	0	3.2	0	4.4	13.4	0.5	15.6
820	52	PT202	1968	7	14.5	20.6	2.2			0.4	0	10.1	8.8	30	20.9
820	52	PT202	1969	35.5	27.8	8.6	2.5	0	0	2.1	0	5.9	20.9	21.6	20.5
820	52	PT202	1970	16.9	18.5	29.1	2.8	5.2	0	0	0	3.2	10.5	2.5	36.6
820	52	PT202	1971	20.2	33.7	12.9	14.4	2.9	0.9	0	0.1	0	8.4	15.7	24.1
820	52	PT202	1972	24.2	31.2	27.4	8.8	4.1	0	0	0	8.7	11.8	10.2	21.9
820	52	PT202	1973	36.5	27.2	43.2	10.5	6.4	1.2	2.2	2.9	14.9	6.3	17.7	35.6
820	52	PT202	1974	40.5	42.9	19.3	12	0.3	8.7	1	14.5	11.2	11.3	11.8	11.2
820	52	PT202	1975	33.7	49.2	22.7	4.5	15.5	0.2	0	0.3	9.2	23.6	20.5	35.9
820	52	PT202	1976	30.2	28.8	51.5	15.6	2.3	0.2	2.6	8.9	16.6	2.1	10.6	20.6
820	52	PT202	1977	16.8	57.4	23.7	10.8	3.8	0	5.2	0	0	0	16.4	
820	52	PT202	1978										6	17.5	20.8
820	52	PT202	1979	22	13.1	30.2	14.7	0	0	0	6.8	0	13.5	9.3	11.4
820	52	PT202	1980	16.6	12.4	16.5	1.3	0	0	0	1.5	8.1			
820	52	PT202	1990		31.5	8	11	7.5	17.7						
820	52	PT202	1993				23.4	0.9	0	0	7.2		24.3	16.8	24.8
820	52	PT202	1994	26.6	22	49	32.6	3.5	0.9	0	0	1.9	1.3	22	15.9
820	52	PT202	1995	30.9	28.6	17	2.8	0	0	0	0	8.7	4.2	6.1	27
820	52	PT202	1996	53	43.3	14.2	14.6	1.2	0	0.5	6.4	1.7	5.1	18.3	20.6
820	52	PT202	1997	20.1	21.3	28.6	16.4	0.8	0	0	14	14.6	10.9	29.1	10.8
820	52	PT202	1998	29.1	43.8	17.3	13.4	0	1.7	0	1.9	0	12.8	33.1	9
820	52	PT202	1999	31.9	26.9	20.1	24	9.3	0	0	2.9	10.7	21.3	4.7	24.7
820	52	PT202	2000	19.5	21.1	11.1	10.1	3.5	0	0	1.1	4.5	19.2	7.5	24.6
820	52	PT202	2001	37.1	54	23.6	27.4	2.7	0	1.2	6.2	1.3	10.2	22	18.1
820	52	PT202	2002	17.7	22.8	16.8	20.5	12.9	3	7.2	2.8	8.2	30.1	26.1	16.1
820	52	PT202	2003	22.4	16	24.1	6.8	7.9	3.7	0	1.6	11	6.7	16.5	15.4
820	52	PT202	2004	19.7	24.3	23.6	14.5	0	1.1	7.8	8.9	7.5	2.9	9.3	9.3
820	52	PT202	2005	18.1	45.1	17.8	21.9	0	0	0	0	3.5	8	29	19.8
820	52	PT202	2006	29.9	30.4	14.2	10.8	1.2	0	0	1.8	20.9	8.6	11.9	39.9
820	52	PT202	2007	29.2	18.8	30.2	22.5	11.4	0	2.5	6.7	6.8	9.7	26.2	21.5
820	52	PT202	2008	23.3	18.2	13.8	0	5.5	0	0	1.2	1.2	8	1.9	27
820	52	PT202	2009	25	27.1	14.6	7.9	1.5	0	3	0	1.9	5.3	11.1	29.8
820	52	PT202	2010	14.6	27.9	23.1	12.4	11.8	0	0	0	0	17.9	10.7	28.8
820	52	PT202	2011	32.8	23.6	20.9	12.1	2.1	0	2.7	0	1.5	4.2	28.7	35.5
820	52	PT202	2012	23.7	26.8	23.5	18.5	0	0	0	2.2	1.5	2.3	28.1	24.6
820	52	PT202	2013	19.2	24.7	24.6	8.2	1.5	4.6	6.2	0.8	6.2	8.1	23.2	21.2
820	52	PT202	2014	26.2	7.5	12.5	14	1.2	0.2	0.5	15.8	19.9	15.2	44.4	29.1
820	52	PT202	2015	24.4	15.7	18.2	27.5	1	0	5.8	4	10.4	12.1	15	7.8
820	52	PT202	2016	5.4	39.3	11.8	19	1.4	1.5	4.1	0	2.4	24.9	6.8	26.8
820	52	PT202	2017	22.9	25.4	17.8	7.7	6.6	7.1	6.1	0	18.8	18.4	24.8	26
820	52	PT202	2018	34.9	15	19.9	27.6	0	11.5	17.7	0	0	11	12.5	23.8
820	52	PT202	2019	16.4	22.3	22.7	8.6	8.1	6.1	1.5	0	15.8	9.2	30.5	25.5
820	52	PT202	2020	19.5	23.3										

Fuente: SENAMHI

## UNIDAD DE ATENCION AL CIUDADANO Y GESTION DOCUMENTAL

ESTACIÓN: CAPACHICA/000788/DZ13

ALT: 3828 MSNM

LONG: 69°49'55.7"

LAT: 15°36'22.9"

DPTO: PUNO

PT202 PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)

CODIGO	PLANILLA	VARIABLE	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
788	52	PT202	1960	28.2	18.3	17						18.6	19.5	22.8	18.6
788	52	PT202	1961	29.1	17.1	12.3	35	11.4	0	0	3.9	11.9		18.5	22.2
788	52	PT202	1962	35.5	58.2	20	16	1.1	0	0	0	9.5		27.1	23.7
788	52	PT202	1963	24.4	24	24.7	13.5	4.5	0	0	4.1	13.8		12.2	17.8
788	52	PT202	1964	25.1	20.4	63.2	32.1	54.7	0	0	1.5	16.5		32.8	39.1
788	52	PT202	1965	25.6	38.5	52.8	29.8		0	4.4	0		15.5		42.7
788	52	PT202	1966	21.7	20.6	10.4	4.3	20.4	0	0.9	0	10.1	6		23.2
788	52	PT202	1967	10.5		33	27.9		1	3.7	6			11.1	26.5
788	52	PT202	1968	14.9	19.4	23.5	19.5	8.8	9	1.8	2.1	17.5			19.4
788	52	PT202	1969	15.2	20.3	20.8	15.8	0	0.4	17.8	0.7	4.7	11.3	8.9	12.4
788	52	PT202	1970	16.9	22.2	17	22.3	7.9	0.2	0	1.3	15.9	10.6	10.6	14.1
788	52	PT202	1971	17.5	25.7	23.8	29.9	0.5	0	0	3	0.2	9.5	19.8	9.2
788	52	PT202	1972	35.4	27.1	22.8	1.6	0.8	0	0.2	1	3.8	4.3	21.2	21.1
788	52	PT202	1973	28.9	26.6	27.8	10.7	7.2	5	14.4	7.3	14.9	14.5	15.9	14.3
788	52	PT202	1974	24.3	30.9	12.4	11	0	6	7.6	8.7	10.5	11.9	19.4	15
788	52	PT202	1975	40.6	32.2	16.4	9.1	21	5.5	0	0.7	11.5	16.9	7	20
788	52	PT202	1976	20	26.5	17.3	14.3	15	2.9	0.2	6.7	12	3.3	0	16.4
788	52	PT202	1977	20.3	40	17	4.2	4	0	0.8	0	14.7	18	14.1	17
788	52	PT202	1978	23.8	18.8	20	13	0	4.2					29.5	28.8
788	52	PT202	1979	20.8	18.9	29.5	13	4	0	0					
788	52	PT202	1980		8	14	2.2			0	5.6				
788	52	PT202	1984							0	0	0	11.7	15.8	17.5
788	52	PT202	1985	11.8	21.8		13	10.2	3.6	4.8	0	2.1	11.3		15.9
788	52	PT202	1986	18.1	28.4	25.3	14.2	0.4	0	0	8.5	9	7.1		13.2
788	52	PT202	1987	32.4	4.8	23.3	9.2	2.2	7.8	9.6	0	6.1	4.2	4.7	7.2
788	52	PT202	1988	17.3	27			18.9	0	2.5	0	9.3	15	11	14.7
788	52	PT202	1989	18.4	15.5	14.5	12						23.9	23.3	45
788	52	PT202	1990	31	16.4	22.9	19.5	4.9	21.8	0	17.5	5.5	19.1	12.7	26.8
788	52	PT202	1991	15.5	32.2	31.4				0.5	0		22	38	35
788	52	PT202	1992	28.5	32	9	27	0	12	4	50	0.5	9	28	12
788	52	PT202	1993	40	50	52	19	1	0.5	0	26.5	6	16	29.5	36
788	52	PT202	1994	46	49	28	29.5	3.5	0	2.7	4.5	2.7	7.8	11.4	31
788	52	PT202	1995	21	31.3	23.1	0.8	6.2	0	0.5	4.5	5.2	13	19.3	33.4
788	52	PT202	1996	51	11.5	14.8	14.1	10.4	0	4.4	8.5	2.2	13.8	14.6	16.4
788	52	PT202	1997	22.4	21	30.5	24.7	2.5	0	0	9.3	18.9	12.7	37.3	15.5
788	52	PT202	1998	16.1	26.3	41	8.6	0	5.9	0	0	1.2	3.8	16.3	6.7
788	52	PT202	1999	30.2	32.9	23.7	18.1	0.9	0	0	0	8.1	14.3		18
788	52	PT202	2000	20.6	23.4	25.6	4.4	8.4	0	1	21	7.1	14.8	0	16
788	52	PT202	2001	16.4	17.9	45.6	15.8	4.4	2.6	4.8	12.5	10.6	19.7	21.1	25.1
788	52	PT202	2002	20.5	30.5	21.2	11.3	6.6	1.5	8.6	6.4	15.1	21	21.2	
788	52	PT202	2003	27.9	35.3	27.6	10	7.8	6.8	2.4	2.4	23.3	13.5	16.2	31
788	52	PT202	2004	29.2	25.7	22.2	16.5	6.2	0.4	3.8	12	13.4	10.2	15.7	16.8
788	52	PT202	2005	21.4	20.3	27	9.9	0	0	0	2.6	21.4	22.8	24.9	15.6
788	52	PT202	2006	27.6	13.9	17.2	11.4	1.2	6.2	0	5.2		10.5	18	16.2
788	52	PT202	2007	18.2	10	31.2	14.9	4.2	0	3.2	3.8	11.6	3.8	18.4	21.8
788	52	PT202	2008	33.2	18.6	19.8	0	0	0	0	0	0	33.4	4.6	21
788	52	PT202	2009	14.1	22.4	20.8	18.2	0.8	0	2.4	0	2.2	10.4	14.8	15.5
788	52	PT202	2010	28.4	18.4	11.4	7.2	5	0	0	3.2	3.2	14.4		20.8
788	52	PT202	2011	17	20.3	20.1	8.5	2.3	0	3.4	0	5	2	19.4	30.5
788	52	PT202	2012	22.1	29.8	22.5	6.8	0	3.4	0	12.6	1.2	3.4	16.5	19.6
788	52	PT202	2013	22	29.6		9.1	3.1	3.1	3.9	4.5	9.2	15.3	11.4	34.1
788	52	PT202	2014	31.6	12.5	23.6	16.7	0	0	1.2	16.5	26.4	21.3	7.7	25.4
788	52	PT202	2015	20	33.3	29.1	15.7				1.8	26.1	16.9		13.3
788	52	PT202	2016	22.4	33	12.1	10.6	1.9	0.4	3.6	0	14.2	14.2	6.1	
788	52	PT202	2017	22	19.5	23	20.4	12.3	0	6.7	0	17.6	22.2	20.4	19.9
788	52	PT202	2018	28.2	21.2	30.4	20.6	8.5	12	17.3	4.2	8	34.6	13.4	17.3
788	52	PT202	2019	21.2	23.9	28.1	16.1	5.2	13.2	11.3	0	10.1	22.9	27.8	18.6
788	52	PT202	2020	13	40.5										

Fuente: SENAMHI

## UNIDAD DE ATENCION AL CIUDADANO Y GESTION DOCUMENTAL

ESTACIÓN: TARACO/000816/DZ13

ALT: 3849 MSNM

LONG: 69°58'20.9"

LAT: 15°18'42"

DPTO: PUNO

PT202 PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)

CODIGO	PLANILLA	VARIABLE	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
816	52	PT202	1963									4.3	15.6	10.3	23.5
816	52	PT202	1964	13	18.8	21.1	18	8.6	0	0	0	24.6	8.2	16.8	8.4
816	52	PT202	1965	43.4	33.7	24.3	15.7			0	0	4	10.3	17.6	24.6
816	52	PT202	1966	24.8	20	10.4	4.5	15.6	0	0	0	3	8.9	5.2	15.8
816	52	PT202	1967	9.8	31	20	2.5	3.7	0	3.1	3.8	13.1	20.7	3	22.5
816	52	PT202	1968	4.7	22.1	16	7.3	6.5	4.5	4.3	17	5.7	14.1	24.3	8.5
816	52	PT202	1969	25.4	14.3	18.2	6	0	0.9	2.2	0	4.9	8.3	10.5	18.5
816	52	PT202	1970	24.3	15.8	13	15.9	3.7	0	0	0	6.8	14.6	17.4	25.6
816	52	PT202	1971	18.3	31.8	9	8.1	0	0	0	0	1	9.3	25.8	10.2
816	52	PT202	1972	30	15.2	33.3	8.4	4.2	0	0	1	5.6	10.9	28	31.7
816	52	PT202	1973	25.3	16.2	17	24.5	1.5	0	2.1	1.3	3.4	6.4	27	16.4
816	52	PT202	1974	22.5	20.9	21.8	11.3	0	3.5	0	6.4	2.1	9.5	18.5	28.3
816	52	PT202	1975	18.3	14.8	20.1	12.4	12.5	1.3	0	0	9.9	16.2	4.6	28
816	52	PT202	1976	35	19.9	13	0	5.2	0	0	6.4	10.1	0	0	21.1
816	52	PT202	1977	18.1	29.6	16.3	8	0	0	0	0	11.3	18.2	29.2	36.6
816	52	PT202	1978	31.3	21.4	17	20	0	0	0	0	9	4.6	12.2	19.4
816	52	PT202	1979	23.4	14.5	22.3	9.7	0	0	5.8	10	0.7	8.5	10.5	24
816	52	PT202	1980	16	18.9	17.2	12.5	0	0	0.2	12	20	14.1	7.6	10.1
816	52	PT202	1981	20	19.4	18.4	14.2	0.3	0	0	9.3	9	24.2	19.8	15.2
816	52	PT202	1982	26.7	21.3	19.7	16	0	0	0	3.8	14	15.5	28	23
816	52	PT202	1983	25	9.4	12.5	17.1	0.2	0	0	0	10.5	16.8	23.3	25
816	52	PT202	1984	39.5	22.5	35	15.8	6	38	8	10	0	35.5	13.5	39.5
816	52	PT202	1985	47	17	24.7	37.6	8	13.4	0	4.7	24	19	49.5	44
816	52	PT202	1986	31.5	53	40.5	31.4	0	0	0	18.4	12.2	10.6	21.7	22.5
816	52	PT202	1987	40	30	15	17	2.7	0.8	13.4	3	6	9.6	22.9	17.6
816	52	PT202	1988	14	17.5	31.5	30	19.5	0	0	0	0	19.5	3	20.5
816	52	PT202	1989	19.4	21.5	17.7	36	0.4	12	0	6	5.2	8.2	11	13
816	52	PT202	1990	28	48.1	18.2	8.7	3	28	0	6.8	4.5	29	13.8	34.6
816	52	PT202	1991	26.8	25.4	17.3	12	15	24	3.5	0	6.3	8.5	10.6	21.8
816	52	PT202	1992	29.2	20.9	6.5	9.3	0	0	6	43	2.1	16.2	18	22
816	52	PT202	1993	19.5	15.8	17.2	14.1	11.5	4.6	0	4.3		8.4	15	20.4
816	52	PT202	1994	25	33.2	16.4	12.4	6.8	0	0	0	2.4	4.2	5.4	34.2
816	52	PT202	1995	45.2	66.4	28.4	9	3.2	0	0	0	12.6	18.4	12.8	32.8
816	52	PT202	1996	22.4	14	14	10	3.8	0	0	7.6	14.8	20	10.4	16.8
816	52	PT202	1997	31.8	52.2	30.2	6.4	0	0	0	6.6	14	9	15.8	19
816	52	PT202	1998	40.2	21.2	21.4	55.8	0	4.8	0	0	0			
816	52	PT202	1999	23.6	13.8	16	12.4	5.8	0	0	0	11.6	11.8	15.6	15.2
816	52	PT202	2000	20.8	16.8	20.2	2.4	8	15.8	0	4.4	3.2	26	1.8	14.4
816	52	PT202	2001	22.4	14.6	28	7.4	5.2	2.8	0	2.2	4.2	12.8	14.8	20.2
816	52	PT202	2002	20.2	20.2	20.4	10.4	4.4	0	8.8	0	15.8	18.4	11.8	9.8
816	52	PT202	2003	24.6	24.4	15.4	4.4	4.4	4.8	0	2	10	7.6	12.2	13.2
816	52	PT202	2004	19.2	22	43	11.4	5.6	3	2.4	12	8.4	6.4	18.2	12
816	52	PT202	2005	20.2	15	64	13.2	0	0	0	1	9.2	13.4	22.2	18
816	52	PT202	2006	32.4	19.4	20.4	7.4	0.8	2	0	1.4		28.4	9.4	48.8
816	52	PT202	2007	23.4	10.2	19.4	16.6	3.4	1.2	0.4	1.8	10	10.4	46.8	16
816	52	PT202	2008	28.6	14.8	15.4	0	1.4	0	0	0	3.8	10.2	16.2	24.2
816	52	PT202	2009	22.6	50.2	18.8	4	0	0	3	0	10	10.2	16.2	12.2
816	52	PT202	2010	13.4	21.4	16.4	19.2	13	0	0	0	2.4	9.6	7.4	19.6
816	52	PT202	2011	12.2	23.6	15.2	1.2	6.4	1.2	5.4	4.4	8.4	12.4	10.8	23.2
816	52	PT202	2012	18	21.8	28.4	10.4	0	0	0	1.8	5	13.4	19.4	18.8
816	52	PT202	2013	22.6	23.8	23.4	10.6	6	1.8	11.8	7.8	2.2	15.2	8.8	32.6
816	52	PT202	2014	36.8	32.4	13.2	6.2	1.6	0	15.4	17.4	22.4	8.8	10.6	32.4
816	52	PT202	2015	28.4	21.4	22.4	10.2	4.2				2.8	18.4		
816	52	PT202	2016	33.2	30.4	22.8	14.4	0	0	4.4	2.2	3	9.4	6	
816	52	PT202	2017	10.4	34	17.2	18.2	25.2	0	4.4	0	13.2	30.2	4.6	13.2
816	52	PT202	2018	18	18.2	36.4	24.6	4	11.6	14	0.8	9.8	12.8	10.4	20
816	52	PT202	2019	22	17.2	68.8	19.8	12.4	0	9.8	0	10.4	17.4		24.6
816	52	PT202	2020	20	18										

Fuente: SENAMHI

## UNIDAD DE ATENCION AL CIUDADANO Y GESTION DOCUMENTAL

ESTACIÓN: PUNO/000708/DZ13

ALT: 3812 MSNM

LONG: 70° 0' 43.5"

LAT: 15° 49' 34.5"

DPTO: PUNO

PT202    PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)

CODIGO	PLANILLA	VARIABLE	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
708	52	PT202	1964		39.7	20.2	24	6.7	0	0	3.7	8.4	13.9	16.6	15
708	52	PT202	1965	24.7	56.5	7	7.1			0.5	4.2	16.2	7		
708	52	PT202	1966	15.9	18.2	46	4.7					0.5	10.6	17.8	7.1
708	52	PT202	1967	29.5	13.6	33.6	5.2	7.5	0	5	20.6	21.8	13.1	2.7	20.9
708	52	PT202	1968	28	17.2	18.8	21.1	5.7	8.9	3.7	2	12.4	27.6	13.5	14.5
708	52	PT202	1969	16.1	26.7	14.3	6.4	0	0.2	2.3	0.9	1.8	17.7	29.9	21.9
708	52	PT202	1970	24.5	10.4	31.7	7		0	0	0.9	3.7	8.2	9	13.4
708	52	PT202	1971	29.7	45.2	7.4	6.3	0	1.4	0	7.9	1.2	7	40.4	24.3
708	52	PT202	1972	25.4	36.8	36	15.5	5.5	0	0	0	13.9	9.2	26.1	29.1
708	52	PT202	1973	29.6	24	41	22.4	8	0	1.5	5	9.8	5.8	7.8	20.5
708	52	PT202	1974	40.2	39	16.1	11.3	0.1	2.5	0.2	9.7	9	4.9	16	11.2
708	52	PT202	1975	23.5	28.6	26.1	14.5	16.8	0.7	0.1	6.5	14.9	14.9	8.8	33.7
708	52	PT202	1976	26.6	30.2	33.4	15.2	5	0.2	0.8	6.6	11.2	8.6	5.1	31.3
708	52	PT202	1977	11.6	36.9	31.7	2.5	8.8	0	2.3	0	29	14.6	12.5	31.4
708	52	PT202	1978	34.5	30.1	26.1	7.1	0.4	0	3.2	0.2	10.2	22.4	18.1	24.6
708	52	PT202	1979	26.4	8.4	16.6	14.1	1.4	0	0.5	1.2	7.4	12.2	9.9	11
708	52	PT202	1980	18.2	15.4	25	13.4	0.9	0.1	2.2	8.5	15.6	16.8	12.2	13.4
708	52	PT202	1981	20.6	27.6	19.3	21.1	4.7	0	0	21	6.3	5.9	21.8	21.8
708	52	PT202	1982	51.8	22.4	19.8	20.5	2.5	3.8	1.9	0	16	23.5	19.5	7
708	52	PT202	1983	6.9	16.7	19.2	14	9	2.3	1.5	2.7	19.7	10.8	22	38.6
708	52	PT202	1984	31.4	39.1	24.9	11.5	7.5	3.8	3.7	15.8	0	71.6	16.7	26.9
708	52	PT202	1985	48.5	30.3	17.1	13	10.9	11.8	0	7	20.7	15	14.4	22.7
708	52	PT202	1986	21.5	38.7	27.1	14.3	0.1	0	5.1	3.3	10.5	1.7	3.5	15.9
708	52	PT202	1987	55.7	17.9	19.5	21.8	0.6	2.1	4.6	0	3.5	11.4	25.4	14.6
708	52	PT202	1988	30.6	20.2	22	23.7	13.9	0	0.3	0	7.9	17.9	31.4	20.2
708	52	PT202	1989	24.3	12.9	21.4	24.5	0	0.2	1.7	12.3	8.9	6	7.6	10.5
708	52	PT202	1990	23.6	6.1	16	12.6	6.5	20.4	0	6.3	7.2	20.6	13.6	13.2
708	52	PT202	1991	20.2	18.4	22	13	4.8	24.2	0	2.2	7.2	5.6	15.4	14.2
708	52	PT202	1992	9.4	16.6	9.9	24	0	0	2.3	35.8	0	7.2	9.5	12.2
708	52	PT202	1993	24	46.1	25.4	15.8	5.7	1.1	0	17.6	8	14	26	26.8
708	52	PT202	1994	26.3	27.3	24.2	15.6	29.9	0.4	0	0	9.7	17.9	15.2	9.5
708	52	PT202	1995	19.4	29	15.6	2	3.8	0	0	3	10.3	9.3	10.3	25.4
708	52	PT202	1996	36.9	18.7	16.8	20.4	0	0	2.9	4.4	0.8	8.6	18.6	18.4
708	52	PT202	1997	29.1	32.4	23.2	19.5	0.9	0	0	12.5	28.8	12.8	11.2	9.7
708	52	PT202	1998	42.9	25.7	24.1	7.1	0	4.9	0	4.3	4.5	14.7	11.7	21.3
708	52	PT202	1999	36.1	27.5	36	33.5	7.5	0	0	1.5	5.6	38.2	10.8	11.4
708	52	PT202	2000	19	31.6	13.5	22.2	0.4	1.4	3.1	8	6.2	31.4	6.6	14.9
708	52	PT202	2001	25.7	37.7		17	8.4	2.2	0	7	8.4	14	23	23.3
708	52	PT202	2002	36.1	23.7	22.8	18.7	12	9.6	12.8	18.4	4.2	18.2	11	29
708	52	PT202	2003	35.6	23.2	12.1	28	14.7	4.8	0.2	4	24.8	11.1	2.9	26.2
708	52	PT202	2004	27.8	24.7	30.4	9.2	5.4	0	3.6	25.9	12			
708	52	PT202	2005		22.2	26.8	16.9	0.4	0	0	0	3	18	24.4	
708	52	PT202	2006	40.9		28.7	13	0.9	0	0	0.6		9.4	15.8	28.3
708	52	PT202	2007	23.8	38.8	67.2	15.7	7.2	0	2.9	1.6	13.5	40.2	11.7	11.6
708	52	PT202	2008	38.5	18	27	2.7	6.2	1.4	0.2	0.8	1.3	34.6	9.5	16.6
708	52	PT202	2009	31	16	40.2	16.2	0.4	0	1.8	0	5.2	18.4	24.2	9.9
708	52	PT202	2010	23.6	78.2	12.4	7.2	10.6	0	0	7.1	1.5	8.6	5.2	21
708	52	PT202	2011	25.4	28.2	14.8	14.2	2.6	0	5.3	0.2	17.3	15.6	13.2	20.6
708	52	PT202	2012	28.7	34	27.5	15.4	0	0.2	0	5.6	6.8	4.5	44.4	
708	52	PT202	2013	16.2	28.7	32.6	7.8	7.8	6.2	0.9	4.3	7.8	11.3	26	41
708	52	PT202	2014	22.3	31.8	25.8	10	0.1	0	0.2	11	15.8	10.3	17.8	16
708	52	PT202	2015	12	25.2	21.6	19	0.2	0	1.8	1.8	20.4	13.4	8.3	14
708	52	PT202	2016	15.2	36.8	4.8	16.8			2.8	0	0.2	26.3	20.4	19
708	52	PT202	2017	55.5	25.6	38.3	11.6	10.5	1	1.6	0	20.4	29.4	11	25
708	52	PT202	2018	42.7	22.8	22.5	18.9	7.1	10.6	18.7	0	2.6	26.2	9.4	25
708	52	PT202	2019	22.2	15.9	8.1	29.2	7.6	1.1	6.3	0	8	17.6	23.3	15.4
708	52	PT202	2020	19.6	34.4										

Fuente: SENAMHI

## UNIDAD DE ATENCION AL CIUDADANO Y GESTION DOCUMENTAL

ESTACIÓN: PUCARA/000815/DZ13

ALT: 3877 MSNM

LONG: 70°21'59.9"

LAT: 15°2'44.4"

DPTO: PUNO

PT202 PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)

CODIGO	PLANILLA	VARIABLE	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
815	52	PT202	1963										18.2	30.9	28.3
815	52	PT202	1964	10.8	17.3	20.6	19.9	4.3	0	0	2.5				
815	52	PT202	1965	34.3	18.8	32.4	18	0	0	0	0	7.2	33	19.8	37.8
815	52	PT202	1966	11.4	32.2	22.7	2	16.8	0	0	0	0.1	13.7	12.1	16.2
815	52	PT202	1967	11.2	55.1	22.7	0.9	12.7	0	6.5	4.3	8.5	18.9	14.5	34.1
815	52	PT202	1968	19.6	20.8	12.9	8.1	4	0	8.5	7.1	8.4	11.1	23.9	25.9
815	52	PT202	1969	13.8	13.9	4.1	6.7	0	0	2	0	4.8	2.9	10.1	13.1
815	52	PT202	1970	12.1	8.2	19.9	15	0	0	0	0	18.1	8.2	11.5	29.8
815	52	PT202	1971	14.5	34.5	15.2	22.6	1.2	0	0	3.2	1.4	10.9	17.3	15.3
815	52	PT202	1972	22.1	19.8	13.5	29.4	0	0	0	2.1	8.7	4.9	6.2	28
815	52	PT202	1973	37.4	23	37.9	26	0	0	5.1	2.7	11.7	19.6	24.7	19
815	52	PT202	1974	26.9	14.8	17.4	9.6	0.9	7.1	3.8	9	6.2	13.1	13.5	21
815	52	PT202	1975	15.6	39.3	21.3	4.2	7.2	3	0	1.3	19.2	23.4	13.9	17.9
815	52	PT202	1976	25.7	37.6	12.2	27	5	0	2.1	1.9	26.8	1.8	9.7	19.3
815	52	PT202	1977	29.4	37.9	43.7	6	0.9	0	0.9	0	9.3	15	22.8	17.3
815	52	PT202	1978	31.9	31.8	38.6	19.4	8.3	0	0	0	4.6	29.9	26.2	23.1
815	52	PT202	1979	15.3	13.5	23.9	7.9	5.3	0	0.2	0	7.2	33.5	26	16
815	52	PT202	1980	21.9	25.5	17.7	3.5	5.1	0	2.8	2.9	12.3	19.8	16.4	15.4
815	52	PT202	1981	37.3	15.2	36.4	36.4	4.7	2.5	0	11.6	17.1	28.2	19.5	20.8
815	52	PT202	1982	25	26.8	40.7	16.5	0	3.1	0	13.9	14	16.8	17	29.3
815	52	PT202	1983	20.3	19.1	7.7	14.3	5.2	3.3	1.9	0	13.3	16.5	14	23.9
815	52	PT202	1984	42.1	32.8	27	9	3.7	5.4	6.1	9.5	2.2	43.4	26.9	40.8
815	52	PT202	1985	25.5	22.3	11.2	28.7	8.2	4.2	0	1.7	22.5	8.3	27.7	23.2
815	52	PT202	1986	21.2	27.6	21.1	11.5	8	0	1.9	4.1	9.7	5	14.5	23.9
815	52	PT202	1987	33.8	17.6	10.1	13.1	2.1	5.5	14.7	6.2	3.1	11.9	22.3	18.1
815	52	PT202	1988	20.2	25.4	36	29.4	7.9	0	0	0	3.6	14.7	6.1	24.3
815	52	PT202	1989	16.3	15.8	33.1	12.2	4.9	1.1	1.3	5.9	4.4	21.9	10.3	13.6
815	52	PT202	1990	20.3	33.4	19	7.5	6.9	24.4	0	4.4	13.4	22.2	16	14.7
815	52	PT202	1991	33.1	21.1	31.1	12	18	27.1	5.6	4.5	3.9	19.8	8.5	13
815	52	PT202	1992	26.5	15.8	16.1	8.1	0.6	6.7	0	23	2.6	10.4	12	29.4
815	52	PT202	1993	38.2	7.2	35.5	13.5	3.8	0.5	0	10.5	14.5	19.5	23	33.6
815	52	PT202	1994	31	35.9	18.6	12.8	0	0	0			6.3	17.2	18.3
815	52	PT202	1995	19.5	18.4	15.9	4	1.8	0	0.2	0.5	6.2	8.5	22.7	26
815	52	PT202	1996	14.6	11.4	46.6	20.1	13.3	0	0.5	3.5	9.5	8.8	11.5	12.6
815	52	PT202	1997	15.6	15.2	30.4	6.5	1.5	0	0	9.8	8.6	15	28	32.4
815	52	PT202	1998	10.6	37	20.2	27	0	4.5	0	1	1.5	26.8	14.6	21
815	52	PT202	1999	14	19.4	22.6	22	7	0	1	5	5	16.8	8.4	12.6
815	52	PT202	2000	28.6	18.2	19	9.2	3	2.1	0.1	17.4	0.2	18.4	14.8	21
815	52	PT202	2001	27.2	16.2	68	17.8	10.4	1.8	4.4	5.2	1.4	9.5	13.2	24.4
815	52	PT202	2002	40.2	34.4	28.6	14.2	7.4	2.7	6.4	8.8	15.8	28.6	14.9	32.8
815	52	PT202	2003	20	15.6	30	14.2	4.2	6.8	0	7.2	16	18.4	13.4	40.5
815	52	PT202	2004	76.4	49.6	27	20.4	3.2	3.2	5.6	13.4	11.8	4.4	21	44
815	52	PT202	2005	10	19.6	55.6	12.3	0	0	0	14.6	5	25.8	19.2	27.4
815	52	PT202	2006	47.8	21	35.4	11.6	0	0.2	0	0.6		16.6	22.8	27
815	52	PT202	2007	13.6	14.5	25.7	16.8	5.3	0	2.5	0	8	7	17.2	18
815	52	PT202	2008	20.3	23	14.4	1	1.9	0	0	0.9	18.6	20.2	21	22.2
815	52	PT202	2009	18.8	16	45	9.7	0	0	0	0.1	5.8	9	17.1	24
815	52	PT202	2010	20.6	17.8	14	18.2	2.2	0	0	0.2	0.8	14.6	8.4	24
815	52	PT202	2011	17.4	17.6	20.4	10.2	9.8	0.2	4.2	0	7.8	15.4	9	18.6
815	52	PT202	2012	23.2	36.5	16	10.8	0	0	0	4.6	3.4	8.4	9.6	49.2
815	52	PT202	2013	18.1	27	35	8.4	24	6.4	0.4	8.8	4.8	12.2	11.5	23.8
815	52	PT202	2014	25	31.6	18.2	13.8	1	0	6.4	9.2	13.4	24.2	14.2	20
815	52	PT202	2015	24.4	22.8	14.6	14	2.6	0.6	3.4	5	8	16.8	39.8	21.6
815	52	PT202	2016	8.4	29.4	10.2	19	1.8	0.4	4.4	3.4	15	6.8		16.6
815	52	PT202	2017	12.8	20.4	14.8	17.8	20	0	11.2		23.8	18.2	19.6	21.4
815	52	PT202	2018	17.6	28.8	26.8		0	13.4	16	3	3.6	21	3.6	15.6
815	52	PT202	2019	60	20.6	46.4	17.6	11	1.2	7.6	0	3.2	35.2	22.6	27.6
815	52	PT202	2020	23	26.4										

Fuente: SENAMHI



Anexo 5. Planos

