

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“Verificación de las leyes de Horton y Schumm en la
producción de hidrogramas de escorrentía directa en la sub
cuenca del rio Higueras, Huánuco - 2024”**

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

AUTOR: Gonzales Sandoval, Jhuliana Carolina

ASESOR: Narro Jara, Luis Fernando

HUÁNUCO - PERÚ

2026

U

D

H

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Hidráulica**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN** (2020)**CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:****Área:** Ingeniería, tecnología**Sub área:** ingeniería civil**Disciplina:** ingeniería civil**DATOS DEL PROGRAMA:**

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniero(a) Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 44093115

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 18206328

Grado/Título: Maestro en ingeniería con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible.

Código ORCID: 0000-0003-4008-7633

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Dávila Herrera, Percy mello	Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41050949	0000-0001-5484-6982
2	Jara Trujillo, Alberto Carlos	Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41891649	0000-0001-8392-1769
3	Rivera Dueñas, Lizbardo	Maestro en gestión y negocios, con mención en gestión de proyectos	22508766	0000-0001-7292-5748

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 15:00 horas del día **lunes 09** de marzo de 2026, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

❖ MG. PERCY MELLO DAVILA HERRERA	PRESIDENTE
❖ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO	SECRETARIO
❖ MG. LIZBARDO RIVERA DUEÑAS	VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN Nº 0283-2026-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "VERIFICACIÓN DE LAS LEYES DE HORTON Y SCHUMM EN LA PRODUCCIÓN DE HIDROGRAMAS DE ESCORRENTÍA DIRECTA EN LA SUB CUENCA DEL RIO HIGUERAS, HUÁNUCO-2024", presentado por el (la) Bachiller. Bach: Jhuliana Carolina GONZALES SANDOVAL, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) **APROBADA** por **UNANIMIDAD** con el calificativo cuantitativo de **1.3** y cualitativo de **SUFICIENTE** (Art. 47).

Siendo las **16:15** horas del día 09 del mes de marzo del año 2026, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



MG. PERCY MELLO DAVILA HERRERA
DNI: 41050949
ORCID: 0000-0001-5484-6982
PRESIDENTE



MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO
DNI: 41891649
ORCID: 0000-0001-8392-1769
SECRETARIO (A)



MG. LIZBARDO RIVERA DUEÑAS
DNI: 22508766
ORCID: 0000-0001-7292-5748
VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

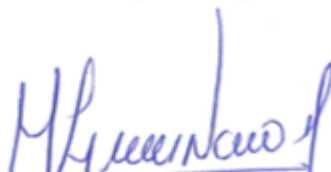
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: JHULIANA CAROLINA GONZALES SANDOVAL, de la investigación titulada "VERIFICACIÓN DE LAS LEYES DE HORTON Y SCHUMM EN LA PRODUCCIÓN DE HIDROGRAMAS DE ESCORRENTÍA DIRECTA EN LA SUB CUENCA DEL RIO HIGUERAS, HUÁNUCO - 2024", con asesor(a) LUIS FERNANDO NARRO JARA, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 0336-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 21 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.



Mg. LUIS FERNANDO NARRO JARA
DOCENTE DEL P.A. INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Huánuco, 01 de diciembre de 2025



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %	21 %	4 %	6 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

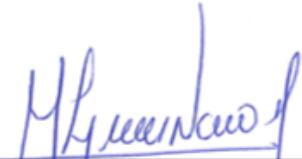
FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	11 %
2	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	2 %
3	Submitted to Universidad Nacional Hermilio Valdizan Trabajo del estudiante	1 %
4	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1 %
5	investigacion.uaa.mx Fuente de Internet	1 %



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421


Mg. LUIS FERNANDO NARRO JARA
DOCENTE DEL P.A. INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687

cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

A Dios, por darme la fortaleza y sabiduría para superar cada desafío en este camino.

A mis padres, por su amor incondicional, su confianza y el apoyo constante en cada paso de mi formación; gracias por enseñarme que la dedicación y el esfuerzo siempre valen la pena.

A mis amigos y compañeros, quienes con su apoyo, compañía y ánimo me acompañaron en los momentos difíciles y celebraron cada logro.

Y, finalmente, a todas las personas que creyeron en mí y me motivaron a dar siempre lo mejor de mí mismo. Esta meta alcanzada es también de ustedes.

AGRADECIMIENTO

Al concluir este proyecto, quiero expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas e instituciones que me apoyaron a lo largo de esta etapa académica.

A la Universidad y a sus docentes, por brindarme las herramientas y conocimientos necesarios para desarrollar este trabajo. En especial, agradezco a mi asesor, por su guía, paciencia y dedicación en cada revisión y consejo que permitió darle forma a esta investigación.

A mis padres y familiares, quienes con su amor, apoyo incondicional y enseñanzas me impulsaron a alcanzar esta meta. Su confianza en mí y sus palabras de aliento fueron fundamentales para que siguiera adelante en cada etapa del proceso.

A mis amigos y compañeros de estudio, quienes compartieron conmigo horas de trabajo, desafíos y aprendizaje. Gracias por su ayuda, motivación y por ser parte de este camino.

Finalmente, a todas las personas y profesionales que de una u otra manera contribuyeron a que este proyecto fuera posible. Su colaboración, tiempo y disposición han sido clave para lograr este objetivo.

Este logro es también de ustedes.

INDICE

DECLARATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	XIII
CAPÍTULO I.....	14
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	14
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.2.1 PROBLEMA GENERAL.....	15
1.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO.....	15
1.3 OBJETIVO GENERAL.....	16
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.5.1 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	16
1.5.2 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	17
1.5.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	17
1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.7.1 VIABILIDAD OPERATIVA.....	18
1.7.2 VIABILIDAD TÉCNICA.....	18
1.7.3 VIABILIDAD ECONÓMICA – SOCIAL.....	19
CAPÍTULO II.....	21
MARCO TEÓRICO.....	21
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	21
2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES.....	23
2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES.....	25
2.2 BASES TEÓRICAS.....	27
2.2.1 DEFINICIÓN DE CUENCA.....	27
2.2.2 ASPECTOS MORFOLÓGICOS DE LA CUENCA:.....	29
2.2.3 MORFOMETRIA DE LA CUENCA.....	30
2.2.4 PARÁMETROS DE FORMA.....	30

2.2.5	SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y LA HIDROLOGÍA	31
2.2.6	ANÁLISIS, TRATAMIENTO Y LOS DATOS HIDROLÓGICOS ...	31
2.2.7	DISTRIBUCIONES PROBABILÍSTICAS DE VALORES EXTREMOS	33
2.2.8	TRANSFORMACIÓN LLUVIA – ESCORRENTÍA	34
2.2.9	HIDROGRAMA UNITARIO.....	37
2.2.10	HIDROGRAMA UNITARIO INSTANTÁNEO GEOMORFOLÓGICO	37
2.2.11	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE PARÁMETROS, CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO	38
2.3	DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	39
2.4	HIPÓTESIS	40
2.4.1	HIPÓTESIS GENERAL	40
2.4.2	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:.....	40
2.5	VARIABLES.....	40
2.5.1	VARIABLE DEPENDIENTE.....	40
2.5.2	VARIABLE INDEPENDIENTE	40
2.6	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES)	42
CAPÍTULO III		43
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		43
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	43
3.1.1	ENFOQUE.....	43
3.1.2	ALCANCE O NIVEL.....	43
3.1.3	DISEÑO.....	43
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	44
3.2.1	POBLACIÓN.....	44
3.2.2	MUESTRA.....	44
3.3	TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	45
3.3.1	PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	45
3.3.2	PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS	45
3.3.3	PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS	46
CAPÍTULO IV.....		47

RESULTADOS.....	47
4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS.....	47
4.1.1 ESTABLECER LAS RELACIONES ENTRE LAS TEORÍAS DE HORTON Y SCHUMM A PARTIR DE LAS CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS DE LAS SUBCUENCAS BAJO ESTUDIO.	47
4.1.2 PRECIPITACIÓN EFECTIVA	53
4.1.3 HIDROGRAMA UNITARIO INSTANTÁNEO	58
4.1.4 HIDROGRAMAS DE ESCORRENTÍA DIRECTA ENTRE LA PRECIPITACIÓN EFECTIVA Y EL HIDROGRAMA UNITARIO INSTANTÁNEO	62
4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	63
CAPÍTULO V.....	66
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	66
CONCLUSIONES	68
RECOMENDACIONES.....	69
CAPÍTULO VI.....	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
ANEXOS.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Cuenca Hidrográfica de un río	27
Figura 2 Cuenca Endorreica y Cuenca Exorreica	28
Figura 3 Cuenca y Sus partes.....	30
Figura 4 Influencia de la forma de la cuenca en un hidrograma	30
Figura 5 Análisis de Doble masa	32
Figura 6 Serie de componente en la forma de salto transitoria.....	32
Figura 7 Ejemplo de transformación lluvia - escorrentía	34
Figura 8 Variables del método SCS.....	36
Figura 9 Solución grafica de la ecuación de escorrentía	37
Figura 10 Formato en que se descarga los datos por mes	45
Figura 11 Hietograma 5 años.....	49
Figura 12 Hietograma 10 años.....	50
Figura 13 Hietograma 20 años.....	51
Figura 14 Hietograma 25 años.....	52
Figura 15 Hietograma 50 años.....	53
Figura 16 Hidrograma unitario 5 años.....	58
Figura 17 Hidrograma unitario 10 años.....	59
Figura 18 Hidrograma unitario 20 años.....	60
Figura 19 Hidrograma unitario 25 años.....	61
Figura 20 Hidrograma unitario 50 años.....	62
Figura 21 Gráfico de relación.....	63
Figura 22 Hidrogramas en relación a la precipitación e hidrograma unitario	65
.....	80
Figura 23 Imagen satelital.....	80
Figura 24 Huánuco 2024-oct	81
Figura 25 Huánuco 2024-set	81
Figura 26 Huánuco 2024-agst	82
Figura 27 Huánuco 2024-jul.....	82
Figura 28 Huánuco 2024-jun	82
Figura 29 Huánuco 2024-may.....	83
Figura 30 Huánuco 2024-abr	83
Figura 31 Huánuco 2024-marz	83

Figura 32 Huánuco 2024-feb	84
Figura 33 Huánuco 2024-ene	84
Figura 34 Huánuco 2023-dic.....	85
Figura 35 Huánuco 2023-nov	85
Figura 36 Huánuco 2023-oct	86
Figura 37 Huánuco 2023-set	86
Figura 38 Huánuco 2023-agst	87
Figura 39 Huánuco 2023-jul.....	87
Figura 40 Huánuco 2023-jun	88
Figura 41 Huánuco 2023-may.....	88
Figura 42 Huánuco 2023-abr	89
Figura 43 Huánuco 2023-marz	89
Figura 44 Huánuco 2023-feb	90
Figura 45 Huánuco 2023-ene	90
Figura 46 Huánuco 2022-dic.....	91
Figura 47 Huánuco 2022-nov	91
Figura 48 Huánuco 2022-oct	92
Figura 49 Distribución normal	92
Figura 50 Distribución log normal	93
Figura 51 Distribución Gumbel.....	94
Figura 52 Distribución normal 5 años	94
Figura 53 Distribución normal 10 años	95
Figura 54 Distribución normal de 20 años	95
Figura 55 Distribución normal de 25 años	96
Figura 56 Distribución normal de 50 años	96
Figura 57 Para 5 años parte 1	97
Figura 58 Para 5 años parte 2	97
Figura 59 Para 10 años parte 1	98
Figura 60 Para 10 años parte 2	98
Figura 61 Para 20 años parte 1	99
Figura 62 Para 20 años parte 2	99
Figura 63 Para 25 años parte 1	100
Figura 64 Para 25 años parte 2	100

Figura 65 Para 50 años parte 1	101
Figura 66 Para 50 años parte 2	101
Figura 67 Pe de 5 años.....	102
Figura 68 Pe de 10 años.....	103
Figura 69 Pe de 20 años.....	104
Figura 70 Pe de 25 años.....	105
Figura 71 Pe de 50 años.....	106
Figura 72 5 años p-1	106
Figura 73 5 años p-2.....	107
Figura 74 10 años p-2.....	107
Figura 75 20 años p-2.....	107
Figura 76 25 años p-2.....	108
Figura 77 50 años p-2.....	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Funciones de distribuciones de probabilidad teórica	33
Tabla 2 Operacionalización de variables	42
Tabla 3 Por año-mes los datos de precipitación máxima.....	45
Tabla 4 Precipitaciones máximas	47
Tabla 5 Precipitaciones máximas para cada periodo de retorno	48
Tabla 6 Intensidades en minutos para 5 años	49
Tabla 7 Intensidades en minutos para 10 años	50
Tabla 8 Intensidades en minutos para 20 años	51
Tabla 9 Intensidades en minutos para 25 años	52
Tabla 10 Intensidades en minutos para 50 años	53
Tabla 11 Precipitación efectiva (Pe) para 5 años.....	54
Tabla 12 Precipitación efectiva (Pe) para 10 años.....	54
Tabla 13 Precipitación efectiva (Pe) para 20 años.....	55
Tabla 14 Precipitación efectiva (Pe) para 25 años.....	56
Tabla 15 Precipitación efectiva (Pe) para 50 años.....	57
Tabla 16 Caudal 5 años.....	58
Tabla 17 Caudal 10 años.....	59
Tabla 18 Caudal 20 años.....	59
Tabla 19 Caudal 25 años.....	60
Tabla 20 Caudal 50 años.....	61
Tabla 21 Relación entre Pe e Hidrograma unitario	62
Tabla 22 Precipitación efectiva	64
Tabla 23 Hidrograma unitario.....	64

RESUMEN

La presente investigación se centró en la verificación de las teorías de Horton y Schumm en la producción de hidrogramas de escorrentía directa en la subcuenca del río Higuera, Huánuco, durante el año 2024. El objetivo principal fue establecer la relación entre estas teorías utilizando las características fisiográficas de la cuenca para generar hidrogramas que reflejen de manera precisa la respuesta hidrológica ante diferentes eventos de precipitación.

Se realizó un análisis detallado de las características fisiográficas y se recopiló información meteorológica relevante para determinar la precipitación efectiva en la subcuenca para varios periodos de retorno (5, 10, 20, 25 y 50 años). Los resultados mostraron una distribución normal con un delta teórico de 0.0763 y un número de curva de 70. La precipitación efectiva calculada fue de 29.787 mm para 5 años, 42.633 mm para 10 años, 54.204 mm para 20 años, 57.486 mm para 25 años y 67.529 mm para 50 años. En cuanto a los hidrogramas unitarios, se obtuvieron caudales máximos de 26.051 m³/s para 5 años, 37.286 m³/s para 10 años, 47.406 m³/s para 20 años, 50.276 m³/s para 25 años y 59.059 m³/s para 50 años.

Los resultados validan la hipótesis general de que la aplicación de las teorías de Horton y Schumm, junto con un análisis de las características fisiográficas, permite generar hidrogramas precisos en la subcuenca del río Higuera. Se concluye que la metodología utilizada es eficaz para modelar la respuesta hidrológica y que los hidrogramas unitarios generados son herramientas útiles para la planificación de infraestructura hidráulica y la gestión del riesgo de inundaciones.

Palabras Clave: Hidrograma unitario, escorrentía directa, Horton, Schumm, subcuenca, precipitación efectiva, caudal máximo, análisis fisiográfico, gestión del agua.

ABSTRACT

This research focused on the verification of Horton and Schumm theories in the production of direct runoff hydrographs in the Higuera River sub-basin, Huánuco, during the year 2024. The main objective was to establish the relationship between these theories using the physiographic characteristics of the basin to generate hydrographs that accurately reflect the hydrological response to different precipitation events.

A detailed analysis of the physiographic characteristics was performed and relevant meteorological information was collected to determine the effective precipitation in the sub-basin for various return periods (5, 10, 20, 25 and 50 years). The results showed a normal distribution with a theoretical delta of 0.0763 and a curve number of 70. The calculated effective precipitation was 29,787 mm for 5 years, 42,633 mm for 10 years, 54,204 mm for 20 years, 57,486 mm for 25 years and 67,529 mm for 50 years. Regarding the unit hydrographs, maximum flows of 26,051 m³/s were obtained for 5 years, 37,286 m³/s for 10 years, 47,406 m³/s for 20 years, 50,276 m³/s for 25 years and 59,059 m³/s for 50 years. The results validate the general hypothesis that the application of the Horton and Schumm theories, together with an analysis of the physiographic characteristics, allows the generation of accurate hydrographs in the Higuera River sub-basin. It is concluded that the methodology used is effective for modelling the hydrological response and that the generated unit hydrographs are useful tools for planning hydraulic infrastructure and managing flood risk.

Keywords

Unit hydrograph, direct runoff, Horton, Schumm, sub-basin, effective precipitation, maximum flow, physiographic analysis, water management.

INTRODUCCIÓN

La teoría de Horton se centra en las relaciones entre la precipitación, la escorrentía y las características del terreno, proponiendo que la escorrentía es función de la intensidad y duración de la lluvia, así como de la capacidad de infiltración del suelo. Por otro lado, la teoría de Schumm se enfoca en la influencia de la geomorfología en la respuesta hidrológica, sugiriendo que las características fisiográficas de una cuenca pueden determinar su comportamiento en eventos de lluvia.

La subcuenca del río Higueras, ubicada en Huánuco, presenta condiciones fisiográficas que la hacen un caso de estudio ideal para evaluar la aplicación de estas teorías. A través de un análisis detallado de sus características, se busca establecer una relación entre estas teorías y los hidrogramas de escorrentía directa, que permiten cuantificar la respuesta de la cuenca ante distintos periodos de retorno de precipitación.

El objetivo general de esta investigación es verificar la relación entre las teorías de Horton y Schumm, utilizando las características fisiográficas de la subcuenca del río Higueras para generar hidrogramas de escorrentía directa. Los objetivos específicos incluyen establecer relaciones entre las teorías, determinar la precipitación efectiva para diferentes periodos de retorno, desarrollar un hidrograma unitario instantáneo utilizando la metodología geomorfológica, y generar los hidrogramas de escorrentía directa mediante la convolución entre la precipitación efectiva y el hidrograma unitario instantáneo.

Los resultados de este estudio proporcionarán información relevante para la planificación y diseño de infraestructuras hidráulicas en la región, así como una mejor comprensión de la respuesta hidrológica de la subcuenca del río Higueras ante eventos de precipitación extrema. Esta investigación no solo contribuye al conocimiento científico sobre el comportamiento de las cuencas andinas, sino que también ofrece herramientas prácticas para la gestión del riesgo hídrico en contextos similares.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La geomorfología se dedica al estudio y la cuantificación de los rasgos presentes en la superficie terrestre. La cuenca desempeña un papel fundamental al actuar como receptora de las precipitaciones y al convertirlas en escurrimientos. Esta función se lleva a cabo con ciertas pérdidas, cuya relación con los factores hidrológicos, el clima y la configuración del terreno es altamente compleja. (De Pedraza, 1996)

Hasta la fecha, se ha confirmado la influencia de ciertos índices en las respuestas hidrológicas de una cuenca, tales como su área, forma, pendiente, elevación media, así como las características de su red de drenaje y del cauce principal. Es importante destacar que el carácter hidrológico tiende a configurar las características físicas de la cuenca, lo que implica la capacidad de prever la respuesta hidrológica de la misma. Esta relación constituye una de las aplicaciones más significativas de la Geomorfología. (Cahuana & Yugar, 2009)

La metodología del Hidrograma Unitario Instantáneo Geomorfológico (HUIG), desarrollada por Rodríguez-Iturbe y Valdés (1979), establece una correlación entre la esorrentía y la red de drenaje ordenada según el sistema propuesto por Horton (1945). Estos métodos derivan las leyes del número (también conocida como la Relación de bifurcación) y de longitud (la Relación de longitud) de los ríos de diferentes órdenes, las cuales fueron posteriormente ajustadas por Strahler en 1964. Luego, Schumm en 1965, utilizando un razonamiento similar, propuso la ley de áreas (la Relación de áreas), la cual relaciona las áreas promedio que son drenadas por ríos de órdenes sucesivos.

En el contexto peruano, el avance de la investigación en este campo no ha sido tan rápido como se esperaría, a pesar de la importancia y el potencial del recurso hídrico en el país. En los estudios hidrológicos realizados hasta el momento, se emplean metodologías extranjeras que han sido objeto de investigación durante muchos años en sus países de origen. Sin embargo, estos enfoques arrojan parámetros que deben ser validados en el contexto

específico del Perú, lo que resalta la necesidad de adaptar estas metodologías a nuestra realidad local. (Gulden, 2021)

Este estudio tiene como objetivo destacar el interés en la aplicación de métodos sencillos para calcular caudales máximos, los cuales incorporan la relación entre el comportamiento hidrológico y las características físicas de la cuenca, así como otras variables. Además, se pretende emplear los datos hidrológicos disponibles para su aplicación en las unidades hidrográficas del río Higueras, ubicadas en la ciudad de Huánuco.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿En qué medida se verifica la relación entre las teorías de Horton y Schumm, aplicando las características fisiográficas, para generar hidrogramas de escorrentía directa en la subcuenca del río Higueras (Huánuco) durante 2024?

1.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO

- ¿De qué manera se manifiestan y pueden caracterizarse las relaciones entre las teorías de Horton y Schumm a partir de las características fisiográficas de las subcuencas bajo estudio?
- ¿Cómo se puede estimar la precipitación efectiva en cada subcuenca para ciertos periodos de retorno, mediante la recopilación y organización de datos?
- ¿De qué forma puede construirse y parametrizarse el hidrograma unitario instantáneo utilizando la metodología del Hidrograma unitario instantáneo geomorfológico?
- ¿Cómo evolucionan y qué comportamiento presentan los hidrogramas de escorrentía directa en la subcuenca mediante la convolución entre la precipitación efectiva y el Hidrograma Unitario Instantáneo Geomorfológico?

1.3 OBJETIVO GENERAL

Verificar la relación entre las teorías de Horton y Schumm aplicando las características fisiográficas para generar hidrogramas de escorrentía directa en la subcuenca del río Higueras (Huánuco) durante 2024.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer las relaciones entre las teorías de Horton y Schumm a partir de las características fisiográficas de las subcuencas bajo estudio.
- Determinar el valor de la precipitación efectiva en cada subcuenca para ciertos periodos de retorno, mediante la recopilación y organización de datos.
- Desarrollar el hidrograma unitario instantáneo utilizando la metodología del Hidrograma Unitario Instantáneo Geomorfológico.
- Generar los hidrogramas de escorrentía directa en la subcuenca mediante la convolución entre la precipitación efectiva y el Hidrograma Unitario Instantáneo Geomorfológico.

1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

La justificación práctica para llevar a cabo una investigación que verifique la relación entre las teorías de Horton y Schumm utilizando las características fisiográficas para generar hidrogramas de escorrentía directa en la subcuenca del río Higueras se puede fundamentar en varios puntos clave:

Mejor comprensión del comportamiento hidrológico: Al investigar y validar la relación entre las teorías de Horton y Schumm en el contexto de la subcuenca del río Higueras, se puede lograr una comprensión más profunda del comportamiento hidrológico en esta área específica. Esto es crucial para entender cómo se genera la escorrentía directa en la cuenca y cómo responde a diferentes condiciones climáticas y geográficas.

Optimización de recursos hídricos: La generación de hidrogramas de escorrentía directa es fundamental para la gestión adecuada de los recursos hídricos en la subcuenca del río Higueras. Comprender cómo se relacionan las características fisiográficas con la generación de escorrentía puede ayudar a optimizar la planificación y la gestión de estos

recursos, lo que a su vez puede beneficiar a las comunidades locales que dependen del agua de la cuenca.

En resumen, una investigación que verifique la relación entre las teorías de Horton y Schumm en la generación de hidrogramas de escorrentía directa en la subcuenca del río Higueras no solo contribuiría al avance del conocimiento científico en hidrología, sino que también tendría importantes aplicaciones prácticas en la gestión de recursos hídricos, la planificación del uso del suelo y la mitigación de riesgos naturales en la región.

1.5.2 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La justificación teórica para una investigación que busca verificar la relación entre las teorías de Horton y Schumm, utilizando las características fisiográficas para generar hidrogramas de escorrentía directa en la subcuenca del río Higueras, radica en varios puntos clave:

Relevancia de las teorías de Horton y Schumm: Ambas teorías han sido ampliamente utilizadas en la hidrología para comprender y modelar los procesos de escorrentía en cuencas hidrográficas. Sin embargo, es fundamental verificar si estas teorías son aplicables y válidas en el contexto específico de la subcuenca del río Higueras.

Importancia de las características fisiográficas: Las características del relieve, como la pendiente, el área de la cuenca, la forma y otros parámetros fisiográficos, influyen significativamente en los procesos hidrológicos. Al verificar la relación entre las teorías de Horton y Schumm en función de estas características, se puede mejorar la comprensión de la hidrología de la subcuenca del río Higueras.

Aplicabilidad en el contexto local: Al estudiar la relación entre estas teorías en la subcuenca del río Higueras, se proporciona información relevante y específica para esa área geográfica. Esto permite adaptar y mejorar los métodos de predicción de caudales y, en última instancia, contribuir al manejo sostenible de los recursos hídricos en la región.

1.5.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

La justificación metodológica para esta investigación radica en su potencial para mejorar la comprensión de los procesos hidrológicos en la subcuenca del río Higueras, validar teorías existentes y contribuir al

desarrollo de herramientas más efectivas para la gestión del agua en la región.

Contribución al conocimiento científico: La investigación contribuirá al avance del conocimiento científico en el campo de la hidrología al proporcionar nuevos insights sobre la relación entre las teorías de Horton y Schumm y su aplicabilidad en diferentes contextos geográficos. Esto puede tener implicaciones más amplias en la comprensión de los procesos hidrológicos a nivel global.

1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Una limitación metodológica potencial para este estudio podría ser la escasez de datos fisiográficos completos y actualizados para todas las subcuencas dentro del ámbito de investigación en la cuenca del río Higuera. Obtener datos detallados sobre aspectos como la pendiente, la longitud del cauce, el área de la cuenca y la densidad de drenaje podría resultar desafiante, especialmente si la información disponible es insuficiente o si la calidad de los datos es inconsistente o dudosa. Esta limitación podría comprometer la precisión y la fiabilidad de las relaciones identificadas entre las teorías de Horton y Schumm, así como la capacidad para generar hidrogramas de escorrentía directa de manera efectiva.

1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1 VIABILIDAD OPERATIVA

La viabilidad operativa de realizar este estudio dependerá de diversos factores, incluyendo la disponibilidad de recursos humanos, financieros y tecnológicos, así como el acceso a los datos requeridos y la infraestructura adecuada. Es esencial contar con expertos en hidrología y geomorfología, así como con acceso a herramientas para el análisis y modelado hidrológico. Además, se requerirá un plan de trabajo bien elaborado y un cronograma claro para ejecutar las diferentes etapas de la investigación. Si se logran cumplir con estos requisitos y se cuenta con el respaldo necesario, la investigación debería ser factible desde el punto de vista operativo.

1.7.2 VIABILIDAD TÉCNICA

La posibilidad técnica de realizar una investigación que examine la relación entre las teorías de Horton y Schumm, utilizando las

características fisiográficas para producir hidrogramas de escorrentía directa, está condicionada por diversos elementos.

En primer lugar, se requiere acceso a datos fidedignos y exhaustivos sobre las características fisiográficas de la cuenca del río Higueras, así como a registros hidrológicos históricos que permitan un análisis adecuado.

Además, se necesitará experiencia y conocimientos especializados en hidrología y geomorfología para aplicar de manera precisa las teorías de Horton y Schumm en el contexto particular de la cuenca del río Higueras.

Asimismo, resulta fundamental contar con las herramientas y software apropiados para llevar a cabo el análisis y procesamiento de los datos hidrológicos y fisiográficos, así como para generar los hidrogramas de escorrentía directa.

Por último, se debe considerar la disponibilidad de recursos financieros y humanos para ejecutar la investigación de manera efectiva y eficiente, lo que incluye el tiempo necesario para llevar a cabo el trabajo de campo y el análisis de los datos. Si todos estos aspectos son gestionados adecuadamente, la viabilidad técnica de la investigación podría ser alta.

1.7.3 VIABILIDAD ECONÓMICA – SOCIAL

La factibilidad económica y social de llevar a cabo una investigación para examinar la relación entre las teorías de Horton y Schumm, empleando las características fisiográficas para generar hidrogramas de escorrentía directa, está condicionada por diversos aspectos:

1.Aspecto financiero: Será necesario contar con recursos económicos para la adquisición de equipos, software especializado, materiales y posiblemente contratar personal técnico y científico.

2.Participación comunitaria: La implicación activa de la comunidad local en el desarrollo de la investigación puede generar beneficios sociales al incrementar la comprensión sobre la gestión del agua y la prevención de desastres naturales.

3.Colaboración institucional: Trabajar en conjunto con entidades gubernamentales y organizaciones afines puede facilitar el acceso a

financiamiento, datos y recursos adicionales, así como asegurar la pertinencia de la investigación para abordar las problemáticas reales de la comunidad.

4. Impacto social: La investigación podría tener un efecto positivo en la gestión del agua y en la capacidad para prevenir y mitigar los desastres naturales asociados con las inundaciones, potencialmente mejorando la calidad de vida de los habitantes de la cuenca del río Higuera.

En conclusión, la viabilidad económica y social dependerá de la disponibilidad de recursos financieros, la colaboración con diversas partes interesadas y el impacto positivo que la investigación pueda tener en la comunidad local y en la gestión de los recursos hídricos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Para Smith, Lopez & Tanaka (2021), en su investigación titulada “Evaluating the applicability of Horton’s infiltration model and Schumm’s empirical equations in different climatic regions”. Este estudio evalúa la aplicabilidad del modelo de infiltración de Horton y las ecuaciones empíricas de Schumm en diferentes regiones climáticas. Se llevaron a cabo análisis en cuencas en América del Norte, Europa y Asia para determinar la precisión de estos modelos en la predicción de la escorrentía directa. Los resultados mostraron que, si bien los modelos proporcionan estimaciones razonables en zonas templadas, su precisión disminuye en regiones áridas y tropicales debido a variaciones en la capacidad de infiltración y el comportamiento hidrológico del suelo. Considerando el modelo de Horton mostró una alta precisión en áreas con suelos bien drenados y coberturas vegetales estables. Las ecuaciones de Schumm fueron más fiables en regiones con datos históricos de precipitación y escorrentía bien documentados. Y la adaptación local de los parámetros de ambos modelos es crucial para mejorar la precisión de las predicciones.

Este antecedente subraya la importancia de validar modelos hidrológicos como los de Horton y Schumm en distintas condiciones climáticas y de suelo, lo cual es directamente aplicable a tu estudio en la subcuenca del río Higuera, Huánuco. La investigación también destaca la necesidad de adaptar los parámetros del modelo a las condiciones locales para obtener hidrogramas de escorrentía directa más precisos.

Para Zhicay (2020) En su tesis titulada "Caracterización Morfométrica Y Estudio Hidrológico De La Microcuenca Del Río San Francisco, Cantón Gualaceo" como parte de su programa de Ingeniería Civil, la investigación de Zhicay se centró en la creación de una herramienta informática destinada a ser incorporada en el Laboratorio Virtual de Hidrología (HydroVLab). Este software se diseñó para calcular

un modelo de lluvia-escorrentía de evento utilizando Microsoft Visual Studio .NET 2008, con el propósito de simplificar y agilizar los cálculos, que suelen ser laboriosos y, en muchos casos, bastante complejos en los estudios hidrológicos. El software desarrollado tiene la capacidad de simular la escorrentía superficial mediante el uso del hidrograma unitario adimensional del S.C.S y el método de Muskingum Cunge para el tránsito de avenidas. Esta aplicación se encuentra disponible en la sección de simulación del HYDROVLAB bajo la categoría "modelo lluvia-escorrentía". El objetivo general de esta investigación fue lograr la implementación exitosa de un modelo de lluvia-escorrentía a través de un laboratorio virtual de hidrología. Entre las ventajas que ofrece este programa se incluyen la capacidad de generar hidrogramas para hasta cuatro subcuencas y calcular la precipitación efectiva mediante la estimación de la precipitación media de la cuenca. Además, permite al usuario introducir manualmente la topología de la cuenca y, si es necesario, realizar modificaciones. Si se omite información esencial para el cálculo, el programa mostrará un mensaje de error para alertar al usuario. A medida que se desarrolla el modelo, se generan gráficas que representan visualmente cada componente del proceso.

Para Heras & Matovelle (2020), Esta tesis denominada "Análisis comparativo de las características morfométricas de sistemas hidrográficos de la vertiente del Pacífico" tuvo como objetivo el examinar 13 cuencas hidrográficas que abarcan un área de 92,775.87 km²; se empleó un enfoque estadístico para investigar las interrelaciones entre las características morfométricas, lo que permitió obtener una descripción hidrológica detallada de una región de gran influencia en la vertiente del Pacífico. Se emplearon diversos parámetros, como el factor de Horton, el coeficiente de compacidad, la densidad de drenaje, la rugosidad de la cuenca, la relación de bifurcación y la relación de elongación. Se calcularon medidas de tendencia central y de dispersión para cada parámetro, además que se realizaron pruebas estadísticas y análisis de agrupamiento para evaluar las relaciones entre los distintos sistemas, identificando similitudes morfométricas y agrupando aquellas cuencas que comparten características similares. Se obtuvo las siguientes

conclusiones: La metodología estadística utilizada ha debido adaptarse a la naturaleza cambiante de los datos generados, desde la evaluación de la normalidad hasta la aplicación de pruebas de agrupamiento. Esto es especialmente relevante en sistemas de datos tan variables como las cuencas hidrográficas, donde diversas variables físicas influyen en los resultados obtenidos, los cuales deben procesarse para desarrollar modelos estadísticos adecuados. Las cuencas hidrográficas examinadas en la vertiente del Pacífico muestran relaciones particulares entre sí, lo que ha facilitado la identificación de agrupamientos basados en condiciones naturales analizadas estadísticamente. Este hallazgo sugiere que es posible reducir significativamente el área de análisis sin perder precisión en los resultados, los cuales pueden extrapolarse a grupos con características similares.

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

Según Maravi & Melchor (2020) Este proyecto de investigación se enfocó en una comparación de las defensas ribereñas que sirven para mitigar las inundaciones del río Ica y así proponen una defensa rivereña eligiendo el más adecuado y así prevenir los daños que se pueda presentar. Esa investigación tuvo como objetivo general conducir una comparación de defensas ribereñas con el propósito de mitigar las inundaciones del río Ica y se empleó mediante el uso de herramientas donde los datos fueron obtenidos por un expediente técnico proporcionado por el senamhi realizado en el río Ica y con la combinación de los criterios empíricos, hojas de cálculo para su desarrollo en conjunto, entre los criterios empíricos se usó la ley de horton para su desarrollo obteniendo así las siguientes conclusiones: Los parámetros de forma, determinamos que el área de la cuenca es de 7291.72 km², lo que sugiere que la cuenca es de gran tamaño. Dado su extenso alcance, es probable que tenga una capacidad considerable para captar precipitación, lo que podría dar lugar a crecidas y transportes de sedimentos más significativos. Su coeficiente de asimetría es de 1.74, lo que indica que el margen derecho contribuye más al caudal del río Ica, mientras que el factor de forma es de 0.1282, indicando que la cuenca es alargada y tiene poca tendencia a ser achatada, lo que sugiere una baja probabilidad de

transformaciones de precipitaciones en caudales significativos. El caudal de diseño calculado para un período de 140 años es de 771.9 m³/s, con una velocidad promedio de 5.05 m/s y un número de Froude promedio de 0.75. Además, se observaron tirantes que alcanzan alturas de hasta 4.08 m. Dado que el modelamiento muestra cómo el río Ica inundaría gran parte del tramo de estudio, el software más adecuado para simular su comportamiento es el HecRas.

Para Silva (2019) En su tesis titulada "Generación De Información Hidrométrica Con Fines De Aprovechamiento Hídrico Para La Cuenca El Porvenir Distrito De Huarango," el objetivo principal es producir datos hidrométricos para su utilización en la gestión del recurso hídrico en la cuenca El Porvenir, ubicada en el distrito de Huarango. Se llevó a cabo la caracterización de las cuencas piloto usando la ley de Horton y de estudio, donde se observó una similitud en términos geométricos, dinámicos y cinemáticos, evaluada a través de los parámetros del índice de Gravelius, el coeficiente orográfico y la relación de confluencias, con coeficientes de variación del 4.62%, 11.82% y 3.70%, respectivamente. El análisis de similitud de los sistemas hidrológicos arrojó resultados positivos, lo que permitió la transferencia de información hidrometeorológica para los años hidrológicos 1964-1987. Mediante la aplicación del modelo Markoviano de tercer orden, se proyectaron los caudales anuales hasta el año 2017, y utilizando el método de los fragmentos, se asignaron de manera aleatoria las variaciones mensuales para cada año generado. Como resultado final, se obtuvieron los caudales promedio mensuales para la cuenca El Porvenir.

Para Gulden (2021), En su trabajo de investigación llamada "Validación De Las Leyes De Horton Y Schumm Para La Generación De Hidrogramas De Escorrentía Directa En Las Sub Cuencas Chorobal Y Cerro Blanco De La Cuenca Huamanzaña.", para lo optencion del título profesional de ingeniería civil en la línea de investigación de hidrología, de la universidad privada Antenor Orrego, siendo el objetivo principal de esta investigación validar la relación que se tiene entre los métodos de Horton y Schumn mediante unas características de las subcuencas de cerro

blanco y chorobal, después de su desarrollo se obtuvo las siguientes conclusiones: las expresiones que caracterizan la configuración del Hidrograma Unitario Instantáneo Geomorfológico de las subcuencas Cerro Blanco y Chorobal, las cuales ilustran la reacción frente a una precipitación uniforme de 1.00 mm, En el tramo correspondiente a la estación de aforo Acueducto Chorobal, se registraron caudales máximos de 120.52, 169.81, 228.80, 300.87, 425.34 y 551.88 m³/s. Estos valores fueron contrastados con el análisis de los caudales extremos históricos, que arrojaron caudales de 118.86, 171.93, 235.94, 311.95, 428.58 y 530.97 m³/s para períodos de retorno de 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años, respectivamente. Durante el proceso de validación del modelo, se obtuvo un coeficiente de correlación de Pearson $r(x,y)$ de 0.832, lo cual indica, según la tabla 13, que el modelo es válido con un nivel de confianza del 95%.

2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES

Para Teodoro (2022), en la investigación que se titula “Comparación de caudales medios mensuales aplicando el método Lutz Scholz y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higuerras, Huánuco 2017-2018”, que se elaboró para la obtención del título profesional de ingeniero civil en la Universidad de Huánuco, en dicha investigación se planteó como objetivo principal el de analizar y plantear una explicación a partir de un análisis comparativo de caudales estimados a partir de la metodología Lutz Scholz. En dicha investigación se pudo concluir: Aplicando la prueba de post hoc de Tukey se determinaron los valores de significancia de 0.89 con lo cual se pudo evidenciar que el modelo Lutz Scholz presentó un nivel de confianza del 95% dando así un valor confiable para su aplicación en microcuencas en zonas con una deficiencia de estaciones hidrométricas. Se pudo determinar que el valor del caudal medio es de 10.83 m³/s, este valor obtuvo un error estándar de 1.19 con una desviación estándar de 8.29 y el coeficiente de variabilidad de 76.53%. Los coeficientes de abastecimiento fueron de 0.3, 0.3, 0.05, 0.1, 0 y 0.25 para los meses de enero, febrero, marzo, octubre, noviembre y diciembre respectivamente. Los valores de gasto para la cuenca fueron de 0.60, 0.40, 0.27, 0.18, 0.12 y 0.08 para los meses de

abril, mayo, junio, julio, agosto y setiembre respectivamente. Con dichos valores se presentó un ajuste mejorado en la estación de caudales medios para la cuenca del río Higueras.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 DEFINICIÓN DE CUENCA

Se trata de un área geográfica que recibe sus recursos hídricos exclusivamente a través de las precipitaciones, y donde cualquier exceso de agua o de sedimentos transportados por el agua se dirige hacia un único punto de salida espacial. (Cahuana & Yugar, 2009)

La descripción previa menciona que los excesos de agua corresponden al escurrimiento superficial, dado que cada cuenca está vinculada a un acuífero cuya forma en la superficie es similar a la forma superficial, originada por la infiltración. (Aparicio, 2012)

Figura 1

Cuenca Hidrográfica de un río



Nota. (Iagua, s.f.)

2.2.1.1 CLASIFICACIÓN DE LA CUENCA

Por el tamaño

Se puede categorizar una cuenca según su magnitud en grandes y pequeñas.

- Cuenca Grande: En aquellas donde el área supera los 250 km², prevalecen aspectos fisiográficos tales como la pendiente, la altitud, el tamaño del área, el curso de agua, entre otros. (Campos, 1987)
- Cuenca pequeña: En aquellas de área inferior a 250 km², el patrón y volumen del flujo son influenciados por las propiedades físicas del suelo, como su tipo, así como por la vegetación presente en la cuenca. (Campos, 1987)

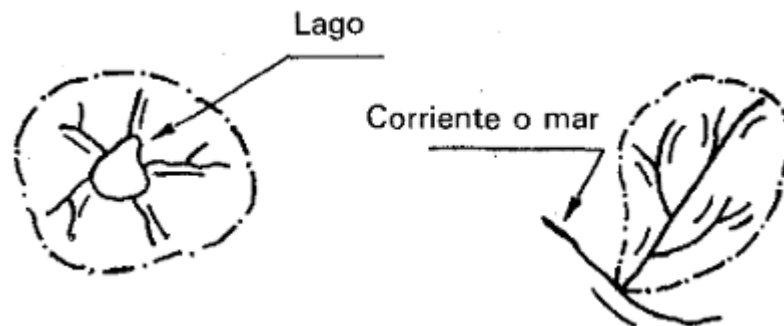
Por la desembocadura

Dependiendo de la salida de agua de una cuenca, se pueden distinguir dos tipos de cuencas.

- Cuenca Endorreica: En este caso, el punto de salida se encuentra dentro de los límites de la cuenca y suele ser un cuerpo de agua, como un lago. (Aparicio, 2012)
- Cuenca Exorreica: El punto de salida está en el límite de la cuenca y puede desembocar en otro curso de agua o en el océano. (Aparicio, 2012)

Figura 2

Cuenca Endorreica y Cuenca Exorreica



Nota. (Aparicio, 2012)

Por elevación

Además de la clasificación mencionada anteriormente, también podemos categorizarlas según la elevación relativa de sus componentes. Este enfoque se utiliza en las cuencas andinas, donde se dividen en alta, media y baja. (Cahuana & Yugar, 2009)

- Cuenca Alta: También conocida como cuenca de cabecera o de captación, esta área, debido a su ubicación, recoge y retiene agua en los glaciares y nevados de sus cumbres, así como en lagunas y represas. Recibe la mayor parte de su aporte hídrico a través de la precipitación. (Cahuana & Yugar, 2009)
- Cuenca media: Presenta una pendiente más pronunciada, lo que da lugar a un flujo de agua con corrientes rápidas y

turbulentas, que transportan sedimentos. (Cahuana & Yugar, 2009)

- Cuenca Baja: En este nivel o elevación, la pendiente relativa es más suave, lo que resulta en un flujo de agua continuo con un cauce bien definido, extensas llanuras de inundación y áreas donde se depositan sedimentos. (Cahuana & Yugar, 2009)

2.2.2 ASPECTOS MORFOLÓGICOS DE LA CUENCA:

Las características geomorfológicas son un conjunto de técnicas y métodos que analizan los atributos y la configuración del relieve de una cuenca, con el fin de comprender el sistema de relaciones espaciales que define las formas del terreno. (De Pedraza, 1996)

Elementos de la cuenca

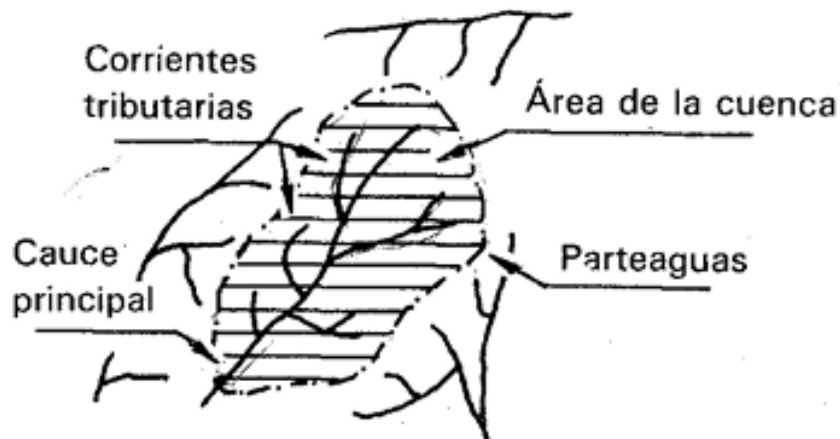
El área de la cuenca se describe como la extensión en proyección horizontal delimitada por el divisor de aguas, que es una línea imaginaria formada por los puntos de mayor elevación topográfica y que la separa de cuencas adyacentes. (Aparicio, 2012)

Cauce principal

El río principal es el curso de agua que fluye fuera de la cuenca y se aplica exclusivamente a cuencas exorreicas. Los otros cursos de agua se llaman afluentes. Además, cuanto más afluentes tenga una cuenca, más rápida será su respuesta ante la precipitación. (Aparicio, 2012)

Figura 3

Cuenca y Sus partes



Nota. : (Aparicio, 2012)

2.2.3 MORFOMETRIA DE LA CUENCA

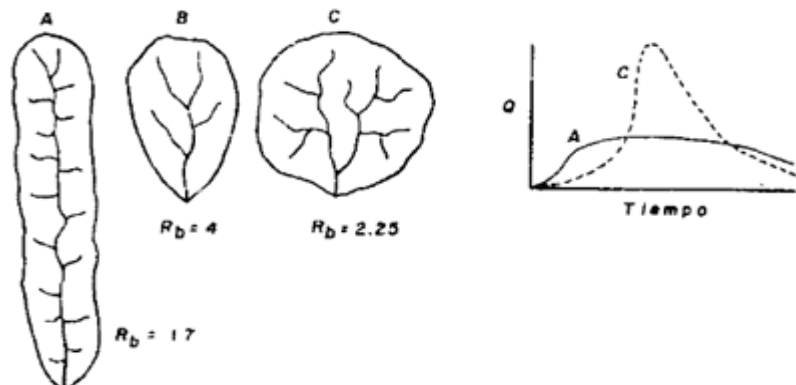
Estas descripciones nos ofrecen una visión física y espacial que facilita la comparación entre diversas cuencas hidrográficas. Además, brindan conclusiones preliminares sobre las particularidades ambientales del área a partir de una descripción detallada de la configuración geométrica de las formas terrestres. (Gasparin & otros, 2013, pág. 48)

2.2.4 PARÁMETROS DE FORMA

Dado el impacto que tiene la forma de la cuenca en el flujo del agua y en su comportamiento hidrológico, es necesario evaluar ciertos parámetros mediante el uso de índices o coeficientes. (Cahuana & Yugar, 2009)

Figura 4

Influencia de la forma de la cuenca en un hidrograma



Nota. (Campos, 1987)

2.2.5 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y LA HIDROLOGÍA

El interés compartido entre los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la hidrología ha llevado a que cada vez más investigadores en el campo utilicen los SIG para el modelado hidrológico, especialmente cuando se busca representar espacialmente una cuenca. (Morad & Triviño, 2001)

2.2.6 ANÁLISIS, TRATAMIENTO Y LOS DATOS HIDROLÓGICOS

2.2.6.1 Datos Hidrológicos

El experto que lleva a cabo un análisis hidrológico debe procurar obtener la información relevante sobre la cuenca en estudio de las instituciones responsables de la recolección de datos sobre fenómenos naturales. (Villón, 2005)

En Perú, la entidad responsable de producir y suministrar información y conocimiento meteorológico, hidrológico y climático de manera fiable, oportuna y accesible para beneficio de la sociedad peruana es el SENAMHI.

2.2.6.2 Análisis y tratamiento hidrológico

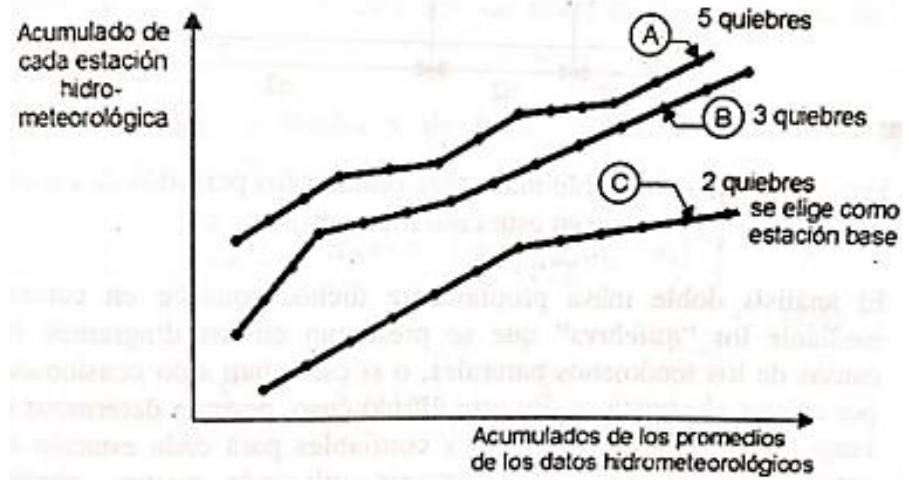
- Análisis de consistencia: Antes de emplear la serie de datos históricos en el modelo, es esencial llevar a cabo un análisis de consistencia adecuado para garantizar la fiabilidad de la serie. (Villón, 2005)
- Análisis visual gráfico: Este procedimiento se utiliza para examinar de manera visual la coherencia de los datos hidrológicos y detectar los períodos en los que la información es incierta, lo que podría manifestarse en picos inusuales, cambios bruscos o patrones atípicos. (Villón, 2005)

2.2.6.3 Análisis de doble masa

El análisis implica comparar la información hidrológica, específicamente la precipitación acumulada en la estación bajo estudio, con el promedio de la precipitación anual acumulada de un conjunto de estaciones cercanas. (Cahuana & Yugar, 2009)

Figura 5

Análisis de Doble masa



Nota. (Villón, 2005)

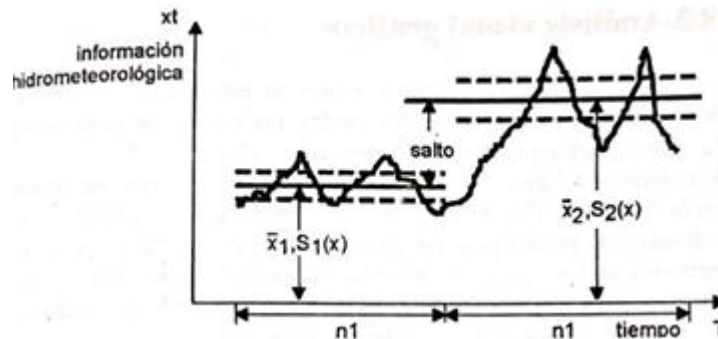
2.2.6.4 Análisis Estadístico

Después de completar los análisis previos e identificar los períodos que podrían requerir corrección, se lleva a cabo un análisis estadístico de cambios abruptos y tendencias, tanto en la media como en la desviación estándar. (Villón, 2005)

- Análisis de saltos: Los saltos son eventos determinísticos que facilitan la transición de una serie de datos históricos periódicos de un estado a otro, ya sea debido a cambios naturales o intervenciones humanas.

Figura 6

Serie de componente en la forma de salto transitoria



Nota. (Villón, 2005)

2.2.7 DISTRIBUCIONES PROBABILÍSTICAS DE VALORES EXTREMOS

En el campo de la estadística, se encuentran disponibles numerosas funciones de distribución de probabilidad teóricas

Tabla 1

Funciones de distribuciones de probabilidad teórica

Distribución	Función densidad	Función acumulada	Función acoplada	Parámetros
Gamma Parámetros	2 $\frac{x^{\alpha-1}e^{-x/\beta}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)}$	$\frac{\int_0^x t^{\alpha-1} dt}{\Gamma(\alpha)}$	$\int_0^\infty t^{\alpha-1}e^{-t} dt$	
Gamma Parámetros	3 $\frac{(x-\gamma)^{\alpha-1}e^{-\frac{(x-\gamma)}{\beta}}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)}$	$\frac{\Gamma_{x-\gamma}(\alpha)}{\Gamma(\alpha)}$	$\int_0^x t^{\alpha-1}e^{-t} dt$	α de forma β de escala γ de localización
Log Pearson Tipo III	$\frac{(\frac{\ln x - \gamma}{\beta})^{\alpha-1} e^{-\frac{\ln x}{\beta}}}{x \beta \Gamma(\alpha)}$	$\frac{\Gamma_{\ln x - \gamma}(\alpha)}{\Gamma(\alpha)}$		
Gumbel	$\frac{e^{-\frac{x-\mu}{\sigma}} e^{-\frac{x-\mu}{\sigma}}}{\sigma}$	$e^{-e^{-\frac{x-\mu}{\sigma}}}$	-	σ de escala μ de localización

Nota. (Villón, 2005)

2.2.7.1 Prueba de bondad de ajuste

Esta prueba implica verificar, tanto de manera gráfica como estadística, si la distribución de frecuencia observada en la serie analizada se ajusta a una distribución de probabilidad teórica específica. En este estudio, se empleará la Prueba de Smirnov-Kolmogorov, que contrasta las discrepancias entre la probabilidad empírica de los datos de la muestra y la probabilidad de la distribución teórica. Se toma el máximo valor absoluto de la diferencia entre el valor observado y el valor esperado según el modelo teórico.

$$\Delta = \max |F(x) - P(x)|$$

2.2.8 TRANSFORMACIÓN LLUVIA – ESCORRENTÍA

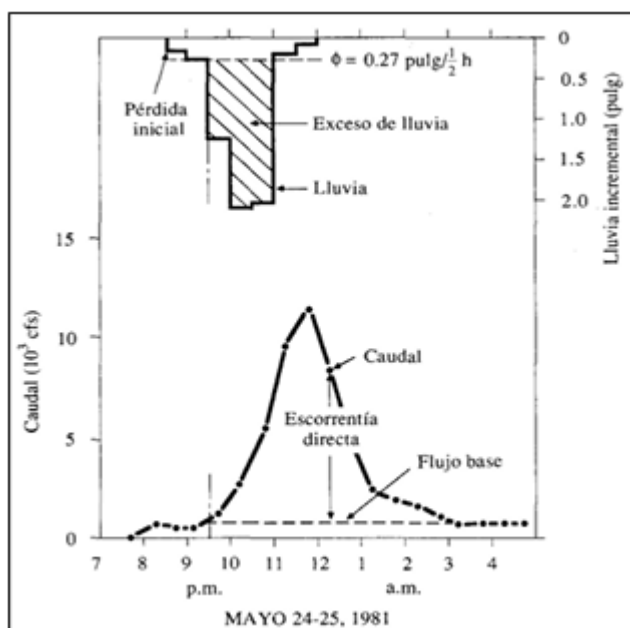
Después de examinar el patrón de precipitaciones en una cuenca, se pasa a calcular las pérdidas por infiltración, lo que resulta en la cantidad de precipitación efectiva. Posteriormente, esta lluvia se convierte en escorrentía o caudal. (Cahuana & Yugar, 2009)

2.2.8.1 Curvas precipitación – duración – periodo de retorno

Una vez que se han generado los resultados del análisis estadístico y el ajuste de probabilidades para todos los intervalos de retorno examinados, se avanza hacia la elaboración de las curvas P-D-F.

Figura 7

Ejemplo de transformación lluvia - escorrentía



Nota. (Villón, 2005)

2.2.8.2 Determinación de la ecuación y las curvas PDT cuando hay datos de precipitación diarias totales

Frecuentemente, la falta de datos recolectados por fluviógrafos y/o pluviómetros hace necesario establecer relaciones empíricas para convertir los valores de precipitación diaria a valores de precipitación de corta duración. Este proceso tiene como objetivo comprender la distribución temporal de la precipitación máxima en un período de 24 horas. Para lograr esto,

se emplean algoritmos que desagregan datos globales en incrementos temporales más pequeños.

- **Modelo Dyck y Peschke**

De acuerdo con este método de discretización, las precipitaciones de corta duración se derivan de la precipitación diaria y también pueden aplicarse a las precipitaciones máximas en un período de 24 horas. Por lo tanto, es posible generar las curvas IDT utilizando la siguiente ecuación empírica. (Villodas, 2008)

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

- **Modelo de Frederich Bell (1969)**

Con este modelo, es posible calcular la precipitación máxima para una duración específica y un determinado período de retorno. Se utiliza como punto de referencia una precipitación de una hora de duración con un período de retorno de 10 años.

$$P_D^T = (0.21 \ln T + 0.52) (0.54 D^{0.25} - 0.50) P_{60}^{10}$$

2.2.8.3 Precipitación efectiva

La precipitación efectiva se refiere a la cantidad de precipitación que no se retiene en la superficie terrestre ni se infiltra en el suelo. En su lugar, fluye a través de la cuenca y se transforma en escorrentía directa que sale de la cuenca.

- **Método SCS**

$$\frac{Fa}{S} = \frac{Pe}{P - Ia}$$

Considerando la tormenta como un evento absoluto, la precipitación efectiva (Pe) siempre es igual o menor a la altura total de precipitación (P). Además, una vez que comienza la escorrentía, la profundidad adicional del agua retenida en la cuenca (Fa) alcanza un valor máximo conocido como capacidad de retención potencial (S). Existe una cantidad inicial de precipitación antes de que ocurra el encharcamiento, donde no se produce escorrentía, llamada abstracción inicial (Ia). Después de este punto, la

escorrentía potencial se calcula restando la abstracción inicial (I_a) de la precipitación total (P).

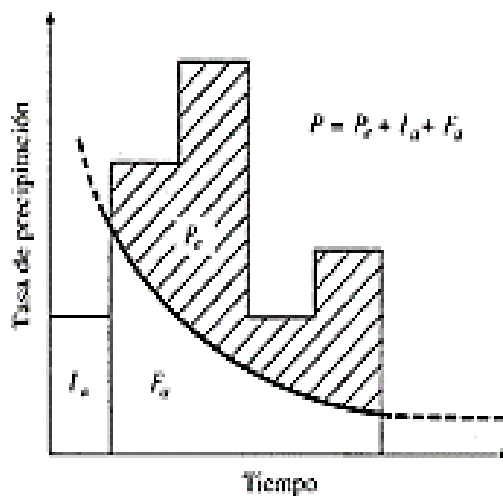
$$P = P_e + I_a + F_a$$

$$I_a = 0.2S$$

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

Figura 8

Variables del método SCS



Variables en el método de abstracciones de precipitación del SCS: I_a = abstracción inicial, P_e = exceso de precipitación, F_a = abstracción continuada, P = precipitación total.

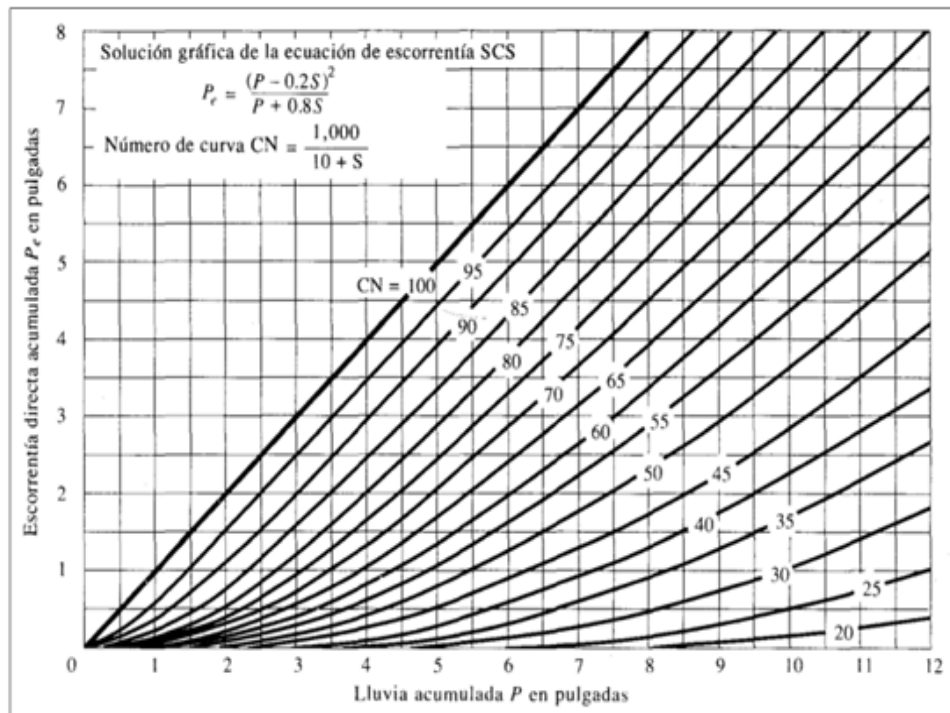
Nota. (Villón, 2005)

2.2.8.4 Cálculo del número de curva

Al graficar la información de la precipitación total (P) y la precipitación efectiva (P_e) para diversas cuencas, el Servicio de Conservación de Suelos (SCS) identificó curvas características. Con el objetivo de estandarizar estas curvas, se introduce un número adimensional de curva CN, con la condición de que su valor esté comprendido entre 0 y 100.

Figura 9

Solución gráfica de la ecuación de escorrentía



Nota. (Villón, 2005)

2.2.9 HIDROGRAMA UNITARIO

- Para una cuenca determinada, el tiempo de escorrentía permanece constante para cualquier precipitación con la misma duración de lluvia efectiva.
- Todos los hidrogramas de escorrentía directa con el mismo tiempo de escorrentía son directamente proporcionales al volumen total de escorrentía directa (o al volumen total de precipitación efectiva), lo que implica que son proporcionales entre sí.
- El hidrograma generado por un período de precipitación puede superponerse a los hidrogramas resultantes de precipitaciones anteriores.

2.2.10 HIDROGRAMA UNITARIO INSTANTÁNEO GEOMORFOLÓGICO

El modelo establece una relación entre la respuesta de una cuenca a un estímulo específico y sus características físicas, especialmente su red de drenaje, tal como se expresa en las teorías de Horton y Schumm.

2.2.11 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE PARÁMETROS, CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO

La calibración implica ajustar los valores de los parámetros en el modelo y examinar cómo cambian los resultados como resultado de esos ajustes. Se utilizan varios métodos con este propósito.

Coeficiente de nash

$$E = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{sim,i} - Q_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2}$$

Este coeficiente evalúa en qué medida la simulación explica la variabilidad de las observaciones. Una simulación perfecta se representa cuando $E=1$; por otro lado, si las observaciones se ajustan al valor promedio, entonces $E=0$.

- Error de balance de masas

Proporciona una medida cuantitativa de la relación entre el volumen del hidrograma observado y el simulado.

$$m = 100 \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{sim} - Q_i)}{\sum_{i=1}^n Q_i}$$

- Calibración de modelos hidrológicos

Implica identificar los parámetros del modelo que generan la mejor concordancia con los caudales observados. Para este fin, se emplearon el Coeficiente de Nash y el Error de Balance para determinar los parámetros óptimos en la modelización

2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Abstracciones:** Se establece que las abstracciones o pérdidas por infiltración se refieren principalmente al agua que es absorbida a través de la infiltración, interceptada y/o almacenada en la superficie, debido a las propiedades de permeabilidad del suelo. (Chow, Maidment, & Mays, 1994, pág. 135)
- **Avenida máxima:** Se define como un aumento notable en el nivel de un cuerpo de agua, que sobrepasa sustancialmente el caudal medio del mismo. (Cahuana & Yugar, 2009)
- **Geomorfología:** se define como una disciplina de la geografía y la geología que se centra en el análisis de las características y procesos que dan forma a la superficie terrestre, con el propósito de comprender su origen y su evolución actual. (Garcia, 2020)
- **Hietograma:** Se describe como un gráfico de barras que representa la precipitación en relación con el tiempo en intervalos regulares, ya sea durante un día o una tormenta específica. (Cahuana & Yugar, 2009)
- **Numero de curva:** Se señala que el índice de escorrentía es una medida de la capacidad potencial de una cuenca para generar escorrentía y está inversamente relacionado con la capacidad de retención del suelo. (Cahuana & Yugar, 2009)
- **Periodo de retorno:** Se caracteriza como un conjunto de muestras que posee su propia distribución de probabilidad o densidad de probabilidad, la cual generalmente no se conoce de antemano. (Aparicio, 2012)

2.4 HIPÓTESIS

2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL

HG: Si se aplica las teorías de Horton y Schumm utilizando características fisiográficas podrá generar hidrogramas de escorrentía directa en la subcuenca del río Higueras.

2.4.2 HIPÓTESIS ESPECIFICAS:

- Si se puede establecer las relaciones entre las teorías de Horton y Schumm a partir de las características fisiográficas de las subcuencas bajo estudio.
- Si mediante la recopilación y organización de datos se da determinar el valor de la precipitación efectiva en cada subcuenca para ciertos periodos de retorno.
- Si utilizando la metodología del Hidrograma Unitario Instantáneo Geomorfológico, nos da el hidrograma unitario instantáneo.
- Si mediante la convolución entre la precipitación efectiva y el Hidrograma Unitario Instantáneo Geomorfológico, nos genera los hidrogramas de escorrentía directa en la subcuenca.

2.5 VARIABLES

2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE

La generación de hidrogramas de escorrentía directa en la subcuenca del río Higueras.

Indicadores:

- Forma de los hidrogramas de escorrentía directa.
- Magnitud de los hidrogramas de escorrentía directa.
- Características temporales de los hidrogramas (por ejemplo, tiempo de concentración, tiempo de pico).
- Niveles de precisión en la predicción de los hidrogramas generado por las teorías de Horton y Schumm.

2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE

La aplicación de las teorías de Horton y Schumm utilizando características fisiográficas.

Indicadores:

- Método de aplicación de las teorías de Horton y Schumm.
- Utilización de características fisiográficas.
- Selección de variables específicas según las teorías de Horton y Schumm (pendiente, longitud del flujo superficial, infiltración del suelo)

.

2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES)

Tabla 2

Operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN
<p>V. dependiente</p> <p>La generación de hidrogramas de escorrentía directa en la subcuenca del río Higuera.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Periodo de retorno • Precipitaciones • Uso de suelo • Características del cauce 	<ul style="list-style-type: none"> • Forma de los hidrogramas de escorrentía directa. • Magnitud de los hidrogramas de escorrentía directa. • Características temporales de los hidrogramas • Niveles de precisión en la predicción de los hidrogramas generado por las teorías de Horton y Schumm. 	Cuantitativa.	Discreta
<p>V. independiente</p> <p>La aplicación de las teorías de Horton y Schumm utilizando características fisiográficas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Teoría de Horton • Teoría de Schumm • Validación y comparación 	<ul style="list-style-type: none"> • Método de aplicación de las teorías de Horton y Schumm. • Utilización de características fisiográficas. • Selección de variables específicas según las teorías de Horton y Schumm 	Cuantitativa.	Discreta.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 ENFOQUE

La atención de este análisis se centra en los resultados derivados de la caracterización de la cuenca, particularmente en lo que respecta a los valores mínimos de los parámetros, la recolección de datos y su evaluación subsiguiente. Hernández (2014) categoriza este método como un estudio de carácter cuantitativo.

La investigación adopta un enfoque cuantitativo al dirigirse hacia la exploración de elementos susceptibles de medición objetiva, cuantificación y expresión numérica. El método utilizado implica la creación de hidrogramas mediante la aplicación de las teorías de Horton y Schumm, las cuales se fundamentan en características fisiográficas específicas y se aplican en el contexto de la subcuenca del río Higueras.

3.1.2 ALCANCE O NIVEL

De acuerdo con Hernández y Mendoza (2018), este estudio empleó una metodología de investigación descriptiva, la cual involucró el análisis de dos variables complejas utilizando indicadores cuantitativos de manera secuencial. El propósito principal no fue establecer una relación específica entre dichas variables, sino más bien recopilar y presentar de forma objetiva datos obtenidos del río Higueras. En este contexto, la aproximación descriptiva se enfocó en comprender y detallar una situación o fenómeno particular sin profundizar en las razones subyacentes detrás de las observaciones.

3.1.3 DISEÑO

Se utilizaron enfoques de investigación no experimental o longitudinales no empíricos con el objetivo de analizar las variaciones, sus impulsores y sus efectos. Esto implicó la recopilación de datos en distintos momentos o períodos, en conformidad con las directrices establecidas por Hernández y Mendoza (2018).

En este estudio, se emplearán dos modelos de investigación: diseño documental y diseño de campo. Se utilizarán datos existentes y nuevos (datos secundarios y primarios) para cumplir con los objetivos específicos. Es crucial destacar que la investigación no busca identificar relaciones causales ni manipular variables, ya que este no es el enfoque principal.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 POBLACIÓN

La población incluye todos los casos que cumplen con diversas especificaciones, formando un conjunto que puede ser finito. Estos elementos comparten características similares y requieren análisis. (Hernandez,2014).

En consecuencia, la población de estudio comprendió la subcuenca del río Higuera ubicada en la ciudad de Huánuco, dentro de la provincia y el departamento homónimos de Huánuco.

3.2.2 MUESTRA

Según Tamayo (2004), una muestra consiste en un segmento de la población del cual se recolectan datos y puede tener una definición o límites preestablecidos. Es esencial que esta muestra refleje de manera precisa a toda la población. El investigador busca que los resultados obtenidos en la muestra sean aplicables a toda la población.

La muestra seleccionada corresponde al tramo Yacutoma – Laguna Viña del Río, debido a que representa una zona estratégica de la subcuenca del río Higuera donde se cuenta con información hidrometeorológica confiable. Este tramo presenta características fisiográficas representativas para el análisis de escorrentía y constituye un sector vulnerable a crecidas estacionales. La longitud del tramo considerado es de aproximadamente 4.3 km aproximadamente, lo cual asegura que los resultados obtenidos puedan extrapolarse al comportamiento hidrológico general de la subcuenca.

3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

3.3.1 PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Los datos de pluviometría se sacaron de la página del SENAMHI, de la estación Hco que es la más cercana a nuestro lugar de estudio.

3.3.2 PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Para los datos descargados del SENAMHI:

Figura 10

Formato en que se descarga los datos por mes

Grafico Tabla

Estación : HUANUCO				
Departamento : HUANUCO		Provincia : HUANUCO		Distrito : AMARILIS Ir : 2024-10 ▾
Latitud : 9°57'7.24" S		Longitud : 76°14'54.8" W		Altitud : 1919 msnm.
Tipo : Convencional - Meteorológica		Codigo : 109003		
Exportar a Excel		Exportar a CSV		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2024-10-01	30.3	11.5	54.3	0.0
2024-10-02	30	14.5	57.6	0.0
2024-10-03	27	17	61.7	0.0
2024-10-04	27.6	15.2	64.4	0.7
2024-10-05	16.8	15.5	94.4	3.6
2024-10-06	29.9	11.5	52.6	0.0
2024-10-07	29.8	13	55.5	0.0
2024-10-08	30.2	13.7	49.7	0.2
2024-10-09	28.6	16.8	58.9	0.0
2024-10-10	27.8	16.9	57.2	0.0

Nota. Este formato es proporcionado directamente por el SENAMHI, ya que al descargar los datos en Excel, únicamente es posible obtenerlos de forma mensual.

Para los datos de precipitación máxima:

Tabla 3

Por año-mes los datos de precipitación máxima

N°	ESTACIÓN	AÑO	Pmáx (mm)
1	Huánuco		
2	Huánuco		
3	Huánuco		
4	Huánuco		
5	Huánuco		
6	Huánuco		
7	Huánuco		
8	Huánuco		
9	Huánuco		
10	Huánuco		
11	Huánuco		

12	Huánuco
13	Huánuco
14	Huánuco
15	Huánuco
16	Huánuco
17	Huánuco
18	Huánuco
19	Huánuco
20	Huánuco
21	Huánuco
22	Huánuco
23	Huánuco
24	Huánuco
25	Huánuco

Nota. Este formato de tabla es una estructura sencilla que organiza las precipitaciones máximas, permitiendo posteriormente extraer los datos requeridos para el análisis.

3.3.3 PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

En la fase inicial, se caracterizó la cuenca de interés mediante la recopilación de información y la determinación del caudal a partir de lecturas obtenidas de una estación cercana. La recolección de datos de precipitación se realizó con estaciones próximas en la región de Huánuco. Para procesar los datos mediante fórmulas empíricas, se utilizaron hojas de cálculo en Microsoft Excel, siguiendo el formato estándar de la aplicación, y se ingresaron las fórmulas correspondientes para cada etapa del proceso.

Posteriormente, se efectuó un análisis estadístico de los datos recopilados, seguido de una evaluación de consistencia mediante la prueba de Kolmogorov–Smirnov. Se realizaron análisis con diversas distribuciones Normal, Log-normal de dos parámetros, Log-Pearson tipo III y Gumbel con el propósito de determinar cuál se ajustaba mejor a los datos hidrológicos y aportaba información relevante. Luego, se analizaron las estaciones cercanas al área de estudio y se evaluó la transformación lluvia–escorrentía para obtener el hidrograma unitario. Con esta información, se calcularon los caudales máximos de avenidas para construir el hidrograma de escorrentía directa.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1 ESTABLECER LAS RELACIONES ENTRE LAS TEORÍAS DE HORTON Y SCHUMM A PARTIR DE LAS CARACTERÍSTICAS FISIOGRAFICAS DE LAS SUBCUENCAS BAJO ESTUDIO.

Horton se centra en la infiltración y la generación de escorrentía, mientras que Schumm aborda la relación entre las formas de la cuenca.

Para este estudio nos basaremos en la generación de escorrentía para así cumplir con los hidrogramas propuestos en los objetivos y con la ayuda de la teoría de Schumm que nos brinda el número de curva y perímetro de la cuenca para el cálculo del caudal.

Primero se calculó los datos de precipitación máxima y la distribución elegida mediante le Hidroesta:

4.1.1.1 Precipitación máxima

Tabla 4

Precipitaciones máximas

Est. De medición	Meses	Valor de Lluvia máx.
Huánuco	Oct-22	4.3
Huánuco	Nov-22	11.3
Huánuco	Dic-22	16
Huánuco	Ene-23	11.4
Huánuco	Feb-23	16.1
Huánuco	Mar-23	32.4
Huánuco	Abr-23	3.4
Huánuco	May-23	10.3
Huánuco	Jun-23	13.5
Huánuco	Jul-23	0.3
Huánuco	Ago-23	0.8
Huánuco	Set-23	4
Huánuco	Oct-23	10.8
Huánuco	Nov-23	9
Huánuco	Dic-23	17.2

Huánuco	Ene-24	17.2
Huánuco	Feb-24	14.4
Huánuco	Mar-24	9
Huánuco	Abr-24	5.7
Huánuco	May-24	1.1
Huánuco	Jun-24	8.9
Huánuco	Jul-24	0.3
Huánuco	Ago-24	9.9
Huánuco	Set-24	4.2
Huánuco	Oct-24	17.9

Nota. los datos fueron descargados del SENAMHI, en los anexos se muestra la captura de las descargas por cada mes de la pagina.

Una vez obtenida las precipitaciones máximas se procedió a ingresarlo al Hidroesta, obteniendo el delta teórico menor siendo este de la distribución normal con un delta teórico de 0.0763.

Después se eligió un tiempo de retorno adecuado, para este estudio es de 5, 10, 20, 25 y 50 años.

Dándonos los siguientes:

Tabla 5

Precipitaciones máximas para cada periodo de retorno

AÑOS	PRECIPITACION MAXIMA
5	16.45
10	19.71
20	22.40
25	23.19
50	25.43

Nota. Los datos fueron obtenidos del hidroesta de la misma forma que se selecciono la distribucion, se puede ver en los anexos.

Luego se procedió a calcula la intensidad para así poder calcular la presión efectiva y cumplir con el objetivo planteado.

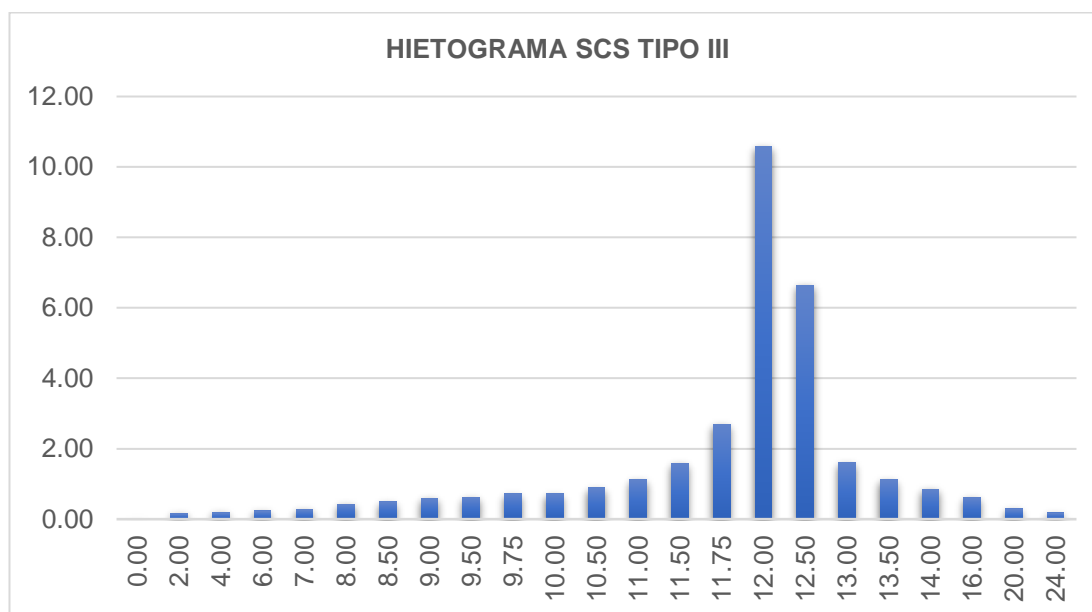
4.1.1.2 Intensidad

Se realizo esta parte mediante plantilla de Excel, esa plantilla se muestra en los anexos y se tiene las siguientes intensidades.

Tabla 6*Intensidades en minutos para 5 años*

DURACION EN MINITOS	INTENSIDADES MAXIMAS EN RELACION A LA DURACION
5	14.67
20	9.20
40	6.99
60	6.00
90	4.86
120	3.98
180	3.26
240	2.65
300	2.13
360	1.66
720	1.24
1440	0.87

Nota. La tabla muestra las intensidades en minutos para el calculo de la precipitacion efectiva, estos datos fueron reajustados, en los anexos se puede mostrar como se hizo el reajuste mediante un grafico con una linea de tendencia y nos dio estos resultados. Las intensidades sin reajustar se mostrara en el siguiente hietograma.

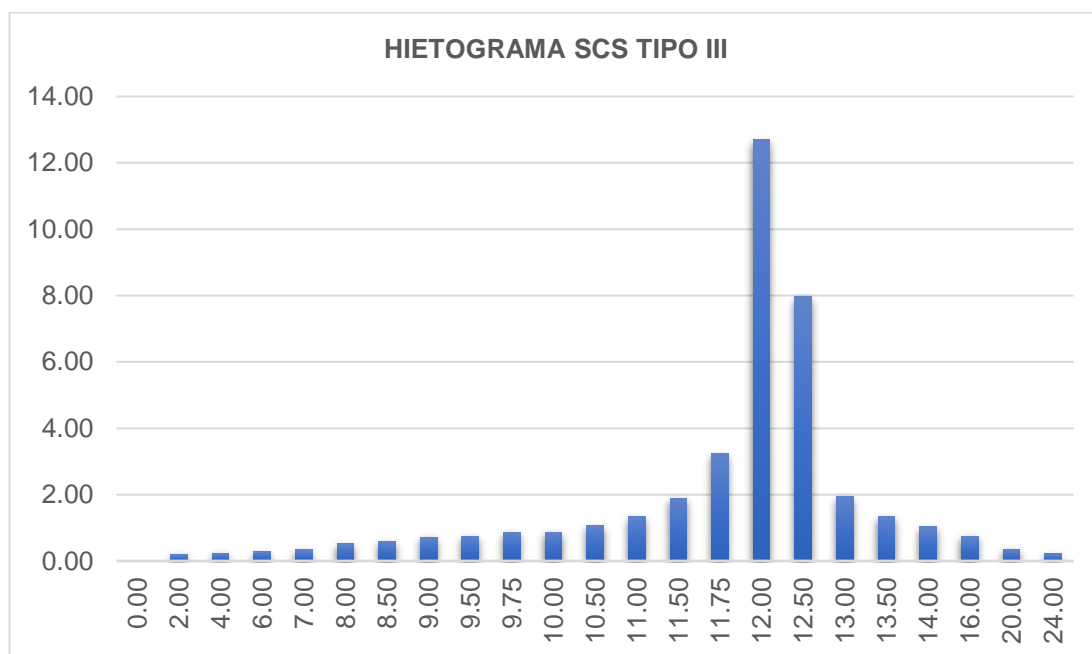
Figura 11*Hietograma 5 años*

Nota. este grafico se realizo con los datos de la tabulacion que se muestra en los anexos, se tiene para 24 horas, el calculo de las intensidades y van cada dos horas.

Tabla 7*Intensidades en minutos para 10 años*

DURACION EN MINITOS	INTENSIDADES MAXIMAS EN RELACION A LA DURACION
5	17.57
20	11.02
40	8.37
60	7.18
90	5.82
120	4.77
180	3.91
240	3.18
300	2.55
360	1.99
720	1.49
1440	1.04

Nota. La tabla muestra las intensidades en minutos para el calculo de la precipitacion efectiva, estos datos fueron reajustados, en los anexos se puede mostrar como se hizo el reajuste mediante un grafico con una linea de tendencia y nos dio estos resultados. Las intensidades sin reajustar se mostrara en el siguiente hietograma.

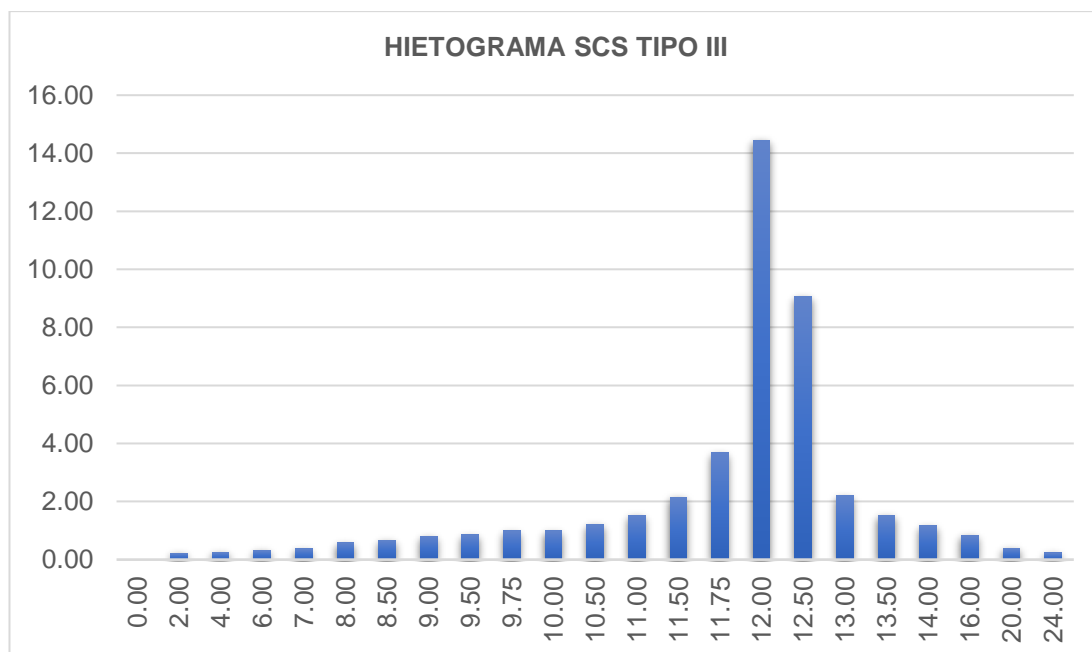
Figura 12*Hietograma 10 años*

Nota. este grafico se realizo con los datos de la tabulacion que se muestra en los anexos, se tiene para 24 horas, el calculo de las intensidades y van cada dos horas.

Tabla 8*Intensidades en minutos para 20 años*

DURACION EN MINITOS	INTENSIDADES MAXIMAS EN RELACION A LA DURACION
5	20.01
20	12.55
40	9.53
60	8.18
90	6.63
120	5.43
180	4.45
240	3.62
300	2.90
360	2.27
720	1.70
1440	1.19

Nota. La tabla muestra las intensidades en minutos para el calculo de la precipitacion efectiva, estos datos fueron reajustados, en los anexos se puede mostrar como se hizo el reajuste mediante un grafico con una linea de tendencia y nos dio estos resultados. Las intensidades sin reajustar se mostrara en el siguiente hietograma.

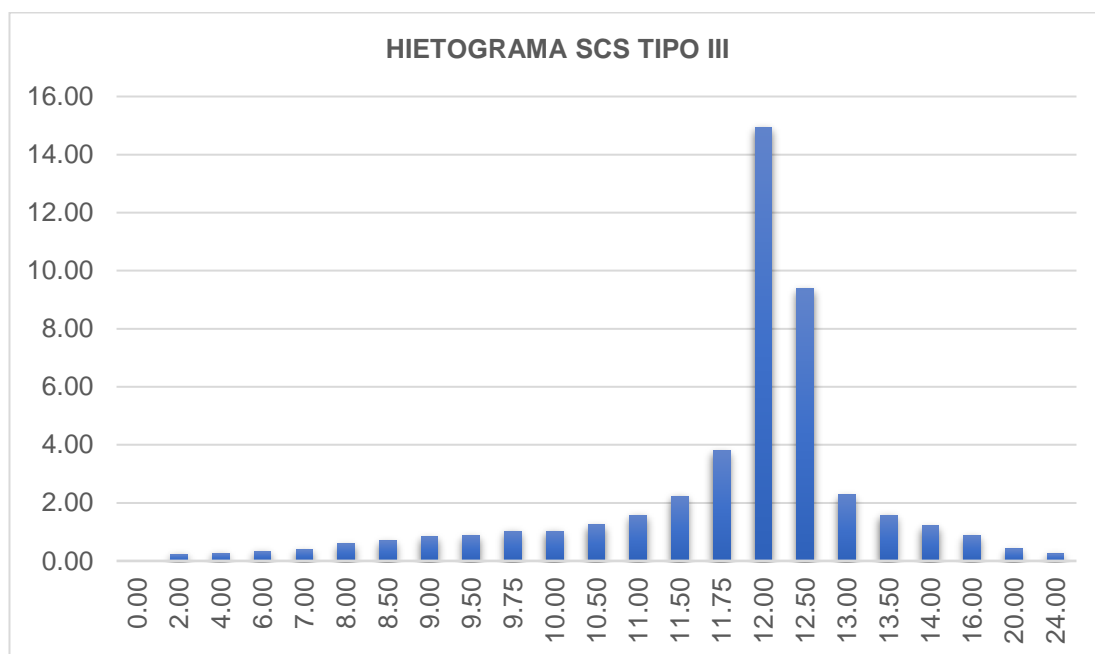
Figura 13*Hietograma 20 años*

Nota. este grafico se realizo con los datos de la tabulacion que se muestra en los anexos, se tiene para 24 horas, el calculo de las intensidades y van cada dos horas.

Tabla 9*Intensidades en minutos para 25 años*

DURACION EN MINITOS	INTENSIDADES MAXIMAS EN RELACION A LA DURACION
5	20.68
20	12.96
40	9.85
60	8.45
90	6.85
120	5.612
180	4.60
240	3.74
300	3.00
360	2.34
720	1.76
1440	1.23

Nota. La tabla muestra las intensidades en minutos para el calculo de la precipitacion efectiva, estos datos fueron reajustados, en los anexos se puede mostrar como se hizo el reajuste mediante un grafico con una linea de tendencia y nos dio estos resultados. Las intensidades sin reajustar se mostrara en el siguiente hietograma.

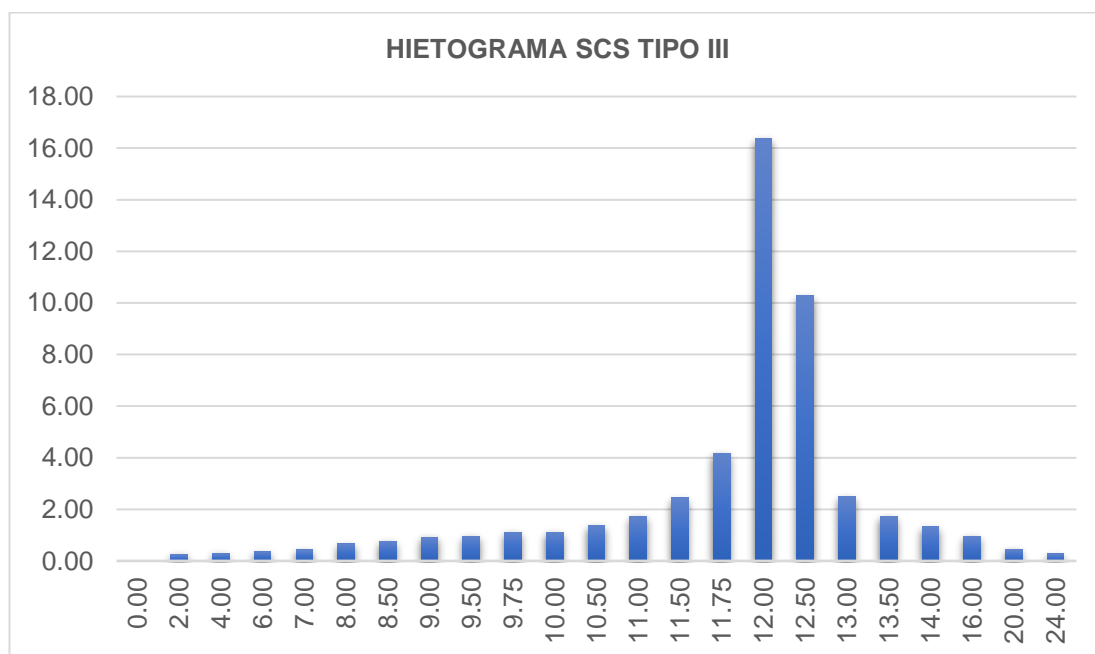
Figura 14*Hietograma 25 años*

Nota. este grafico se realizo con los datos de la tabulacion que se muestra en los anexos, se tiene para 24 horas, el calculo de las intensidades y van cada dos horas.

Tabla 10*Intensidades en minutos para 50 años*

DURACION EN MINITOS	INTENSIDADES MAXIMAS EN RELACION A LA DURACION
5	22.67
20	14.22
40	10.80
60	9.27
90	7.51
120	6.15
180	5.04
240	4.10
300	3.29
360	2.57
720	1.93
1440	1.34

Nota. La tabla muestra las intensidades en minutos para el calculo de la precipitacion efectiva, estos datos fueron reajustados, en los anexos se puede mostrar como se hizo el reajuste mediante un grafico con una linea de tendencia y nos dio estos resultados. Las intensidades sin reajustar se mostrara en el siguiente hietograma.

Figura 15*Hietograma 50 años*

Nota. este grafico se realizo con los datos de la tabulacion que se muestra en los anexos, se tiene para 24 horas, el calculo de las intensidades y van cada dos horas.

4.1.2 PRECIPITACIÓN EFECTIVA

La metodología empleada para el cálculo de la precipitación efectiva es mediante EL MÉTODO DE LA NATURAL

RESOURCES CONSERVATION SERVICE (NRCS-Ex SCS), donde los datos a emplear son el periodo de retorno, la duración de lluvia de 120 min y el número de curva de 70.

Tabla 11

Precipitación efectiva (Pe) para 5 años

Tiempo minutos	Pérdidas acumuladas			
	P (mm.)	Ia (mm.)	Fa (mm.)	Pe (mm.)
0	0.000	0.000	0.000	0.000
120	7.960	7.960	0.000	0.000
240	15.921	15.921	0.000	0.000
360	23.881	21.771	2.069	0.040
420	27.861	21.771	5.767	0.323
480	31.841	21.771	9.217	0.853
510	33.831	21.771	10.857	1.203
540	35.821	21.771	12.444	1.606
570	37.812	21.771	13.980	2.060
585	38.807	21.771	14.730	2.305
600	39.802	21.771	15.468	2.562
630	41.792	21.771	16.910	3.110
660	43.782	21.771	18.308	3.702
690	45.772	21.771	19.665	4.336
705	46.767	21.771	20.328	4.668
720	47.762	21.771	20.981	5.009
750	49.752	21.771	22.259	5.721
780	51.742	21.771	23.500	6.470
810	53.732	21.771	24.707	7.254
840	55.722	21.771	25.879	8.071
960	63.683	21.771	30.261	11.651
1200	79.603	21.771	37.767	20.064
1440	95.524	21.771	43.965	29.787

Nota. Para esta tabulación se realizó mediante el método de SCS. El P (la intensidad que se calcula por el tiempo en horas) y el Pe es la diferencia de $P - I_a - F_a$. El dato a usar es el último de 29.787 es la precipitación efectiva, lo que nos ayudara a calcular el hidrograma unitario. Para mayor detalle esta en los anexos.

Tabla 12

Precipitación efectiva (Pe) para 10 años

Tiempo minutos	Pérdidas acumuladas			
	P (mm.)	Ia (mm.)	Fa (mm.)	Pe (mm.)

0	0.000	0.000	0.000	0.000
120	9.539	9.539	0.000	0.000
240	19.078	19.078	0.000	0.000
360	28.617	21.771	6.441	0.405
420	33.387	21.771	10.496	1.120
480	38.157	21.771	14.242	2.144
510	40.541	21.771	16.010	2.760
540	42.926	21.771	17.713	3.442
570	45.311	21.771	19.354	4.185
585	46.503	21.771	20.153	4.579
600	47.696	21.771	20.938	4.986
630	50.081	21.771	22.467	5.843
660	52.465	21.771	23.943	6.751
690	54.850	21.771	25.370	7.709
705	56.043	21.771	26.065	8.206
720	57.235	21.771	26.749	8.714
750	59.620	21.771	28.084	9.764
780	62.005	21.771	29.376	10.857
810	64.389	21.771	30.627	11.991
840	66.774	21.771	31.840	13.163
960	76.313	21.771	36.336	18.206
1200	95.392	21.771	43.918	29.702
1440	114.470	21.771	50.065	42.633

Nota. Para esta tabulación se realizó mediante el método de SCS. El P (la intensidad que se calcula por el tiempo en horas) y el Pe es la diferencia de $P - I_a - F_a$. El dato a usar es el último de 42.633 es la precipitación efectiva, lo que nos ayudara a calcular el hidrograma unitario. Para mayor detalle esta en los anexos.

Tabla 13

Precipitación efectiva (Pe) para 20 años

Tiempo minutos	Pérdidas acumuladas			
	P (mm.)	I_a (mm.)	F_a (mm.)	Pe (mm.)
0	0.000	0.000	0.000	0.000
120	10.861	10.861	0.000	0.000
240	21.722	21.722	0.000	0.000
360	32.582	21.771	9.834	0.977
420	38.013	21.771	14.133	2.109
480	43.443	21.771	18.074	3.598
510	46.158	21.771	19.924	4.463
540	48.874	21.771	21.700	5.403
570	51.589	21.771	23.406	6.411
585	52.946	21.771	24.235	6.940

600	54.304	21.771	25.047	7.485
630	57.019	21.771	26.626	8.622
660	59.734	21.771	28.147	9.816
690	62.450	21.771	29.612	11.066
705	63.807	21.771	30.325	11.710
720	65.165	21.771	31.026	12.368
750	67.880	21.771	32.389	13.719
780	70.595	21.771	33.706	15.118
810	73.310	21.771	34.978	16.561
840	76.026	21.771	36.208	18.046
960	86.886	21.771	40.743	24.371
1200	108.608	21.771	48.304	38.533
1440	130.329	21.771	54.354	54.204

Nota. Para esta tabulación se realizó mediante el método de SCS. El P (la intensidad que se calcula por el tiempo en horas) y el Pe es la diferencia de P – Ia – Fa. El dato a usar es el último de 54.204 es la precipitación efectiva, lo que nos ayudara a calcular el hidrograma unitario. Para mayor detalle esta en los anexos.

Tabla 14

Precipitación efectiva (Pe) para 25 años

Tiempo minutos	Pérdidas acumuladas			
	P (mm.)	Ia (mm.)	Fa (mm.)	Pe (mm.)
0	0.000	0.000	0.000	0.000
120	11.223	11.223	0.000	0.000
240	22.447	21.771	0.671	0.004
360	33.670	21.771	10.726	1.172
420	39.282	21.771	15.084	2.426
480	44.894	21.771	19.071	4.051
510	47.699	21.771	20.940	4.988
540	50.505	21.771	22.733	6.001
570	53.311	21.771	24.454	7.085
585	54.714	21.771	25.289	7.653
600	56.117	21.771	26.108	8.237
630	58.923	21.771	27.698	9.453
660	61.729	21.771	29.229	10.729
690	64.535	21.771	30.702	12.061
705	65.937	21.771	31.419	12.747
720	67.340	21.771	32.122	13.447
750	70.146	21.771	33.492	14.883
780	72.952	21.771	34.813	16.368

810	75.758	21.771	36.089	17.898
840	78.564	21.771	37.321	19.471
960	89.787	21.771	41.861	26.155
1200	112.234	21.771	49.406	41.057
1440	134.681	21.771	55.423	57.486

Nota. Para esta tabulación se realizó mediante el método de SCS. El P (la intensidad que se calcula por el tiempo en horas) y el Pe es la diferencia de $P - I_a - F_a$. El dato a usar es el último de 57.486 es la precipitación efectiva, lo que nos ayudara a calcular el hidrograma unitario. Para mayor detalle esta en los anexos.

Tabla 15

Precipitación efectiva (Pe) para 50 años

Tiempo minutos	Pérdidas acumuladas			
	P (mm.)	I_a (mm.)	F_a (mm.)	Pe (mm.)
0	0.000	0.000	0.000	0.000
120	12.307	12.307	0.000	0.000
240	24.614	21.771	2.770	0.072
360	36.921	21.771	13.298	1.851
420	43.074	21.771	17.816	3.486
480	49.227	21.771	21.926	5.530
510	52.304	21.771	23.845	6.688
540	55.381	21.771	25.681	7.929
570	58.458	21.771	27.439	9.247
585	59.996	21.771	28.290	9.934
600	61.534	21.771	29.124	10.638
630	64.611	21.771	30.742	12.098
660	67.688	21.771	32.294	13.622
690	70.764	21.771	33.787	15.206
705	72.303	21.771	34.511	16.020
720	73.841	21.771	35.222	16.848
750	76.918	21.771	36.603	18.543
780	79.995	21.771	37.934	20.289
810	83.071	21.771	39.216	22.084
840	86.148	21.771	40.453	23.923
960	98.455	21.771	44.990	31.693
1200	123.069	21.771	52.471	48.827
1440	147.682	21.771	58.382	67.529

Nota. Para esta tabulación se realizó mediante el método de SCS. El P (la intensidad que se calcula por el tiempo en horas) y el Pe es la diferencia de $P - I_a - F_a$. El dato a usar es el último de 67.529 es la precipitación efectiva, lo que nos ayudara a calcular el hidrograma unitario. Para mayor detalle esta en los anexos.

4.1.3 HIDROGRAMA UNITARIO INSTANTÁNEO

Para el desarrollo del hidrograma unitario se empleó también una plantilla Excel en la cual, se ingresaron los datos que se calcularon previamente, como la intensidad, duración que se hizo para 2 horas y la precipitación efectiva, también se consideró los datos de Schumn como en número de curva de 70.

Tabla 16

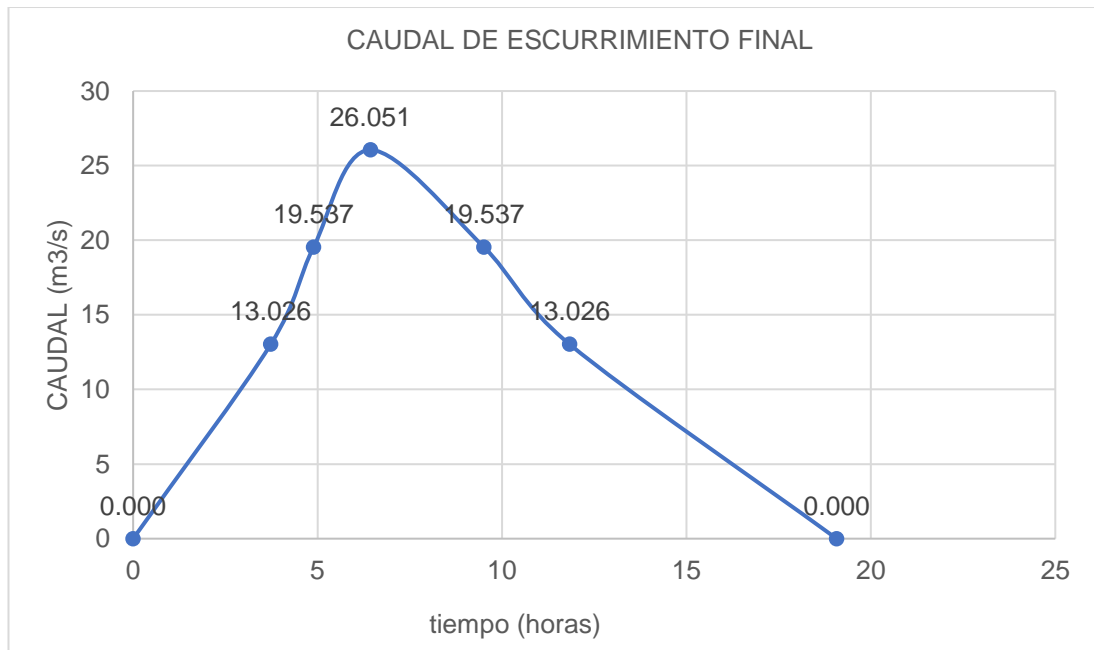
Caudal 5 años

Tiempo (h)	Qe final (m3/s)
0.000	0.000
3.731	13.026
4.892	19.537
6.432	26.051
9.511	19.537
11.833	13.026
19.072	0.000

Nota. Para esta tabulación nos da el caudal final siendo este el caudal de punta de 26.051, el tiempo es para realizar el grafico del hidrograma, mediante el tiempo en horas y así darnos el caudal máximo.

Figura 16

Hidrograma unitario 5 años



Nota. Para la elaboración del grafico es con los datos mostrados en la tabla anterior, el caudal seleccionado es el mayor el caudal puntual, en caso el estudio nos depara cierta hora puede cambiar pero para este se elige el mayor.

Tabla 17

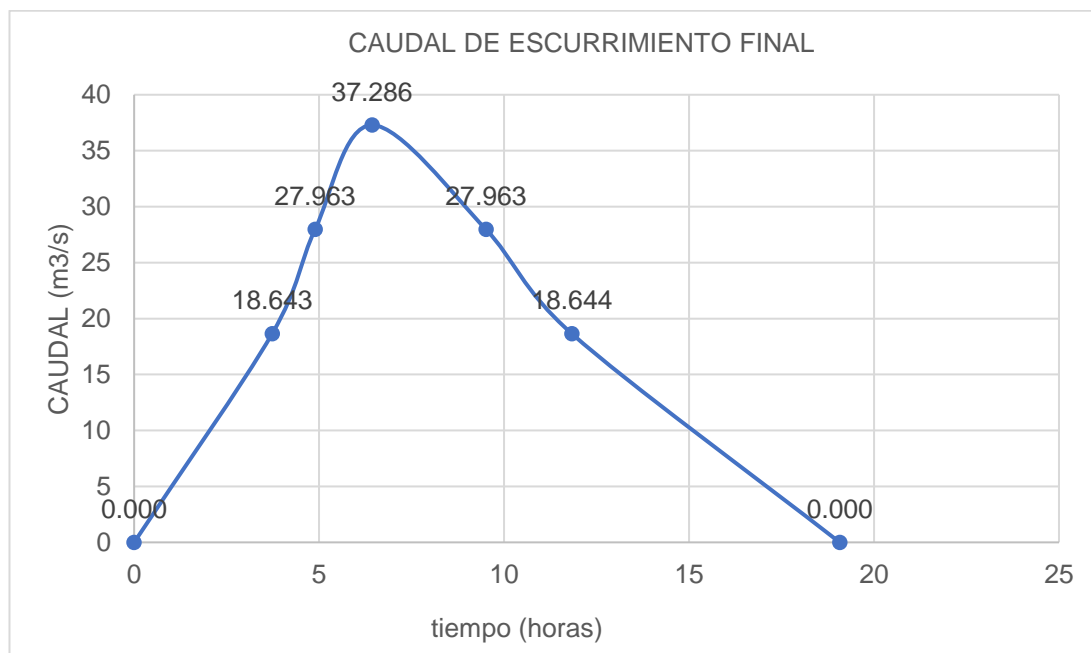
Caudal 10 años

Tiempo (h)	Qe final (m3/s)
0.000	0.000
3.731	18.643
4.892	27.963
6.432	37.286
9.511	27.963
11.833	18.644
19.072	0.000

Nota. Para esta tabulación nos da el caudal final siendo este el caudal de punta de 37.286, el tiempo es para realizar el grafico del hidrograma, mediante el tiempo en horas y así darnos el caudal máximo.

Figura 17

Hidrograma unitario 10 años



Nota. Para la elaboración del grafico es con los datos mostrados en la tabla anterior, el caudal seleccionado es el mayor el caudal puntual, en caso el estudio nos depara cierta hora puede cambiar pero para este se elige el mayor.

Tabla 18

Caudal 20 años

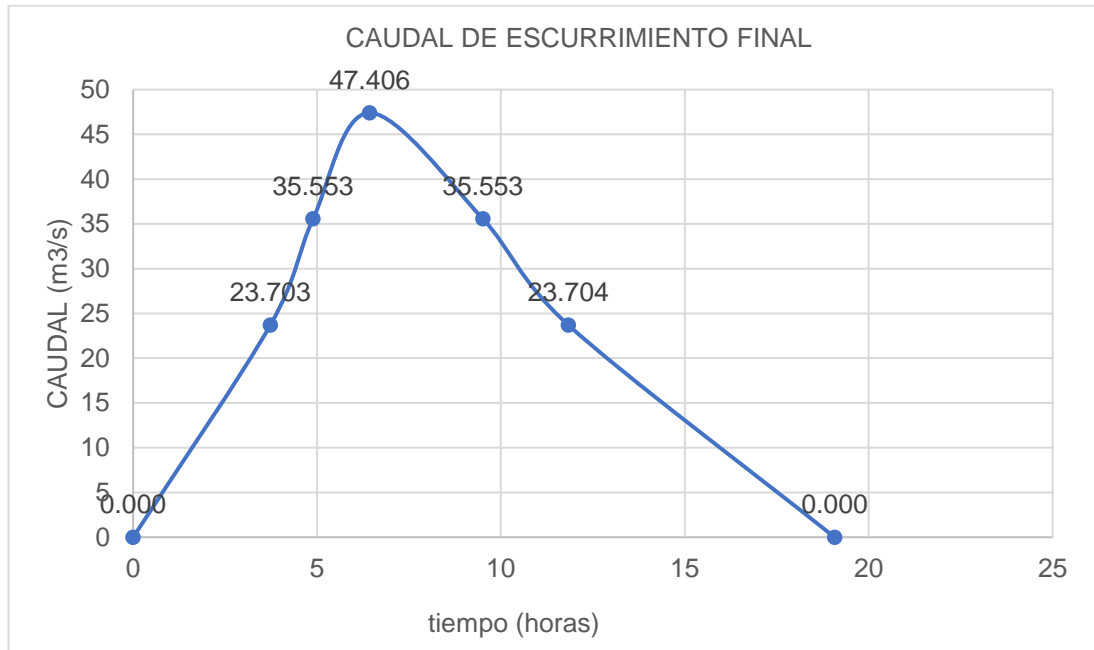
Tiempo (h)	Qe final (m3/s)
0.000	0.000
3.731	23.703
4.892	35.553
6.432	47.406

9.511	35.553
11.833	23.704
19.072	0.000

Nota. Para esta tabulación nos da el caudal final siendo este el caudal de punta de 47.406, el tiempo es para realizar el grafico del hidrograma, mediante el tiempo en horas y así darnos el caudal máximo.

Figura 18

Hidrograma unitario 20 años



Nota. Para la elaboración del grafico es con los datos mostrados en la tabla anterior, el caudal seleccionado es el mayor el caudal puntual, en caso el estudio nos depara cierta hora puede cambiar pero para este se elige el mayor.

Tabla 19

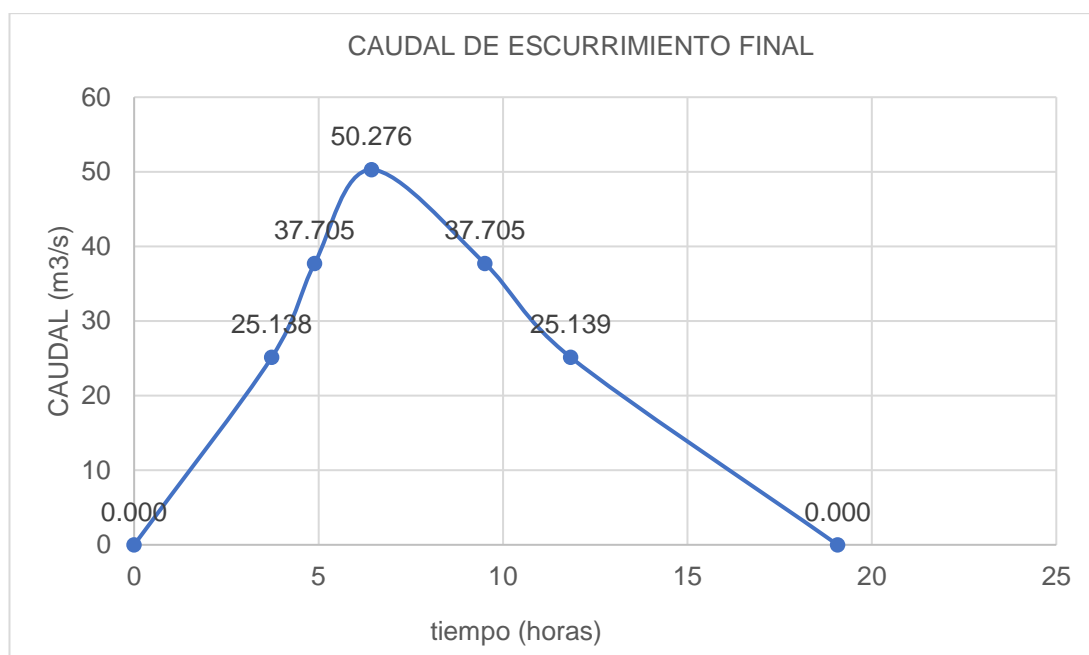
Caudal 25 años

Tiempo (h)	Qe final (m3/s)
0.000	0.000
3.731	25.138
4.892	37.705
6.432	50.276
9.511	37.705
11.833	25.139
19.072	0.000

Nota. Para esta tabulación nos da el caudal final siendo este el caudal de punta de 50.276, el tiempo es para realizar el grafico del hidrograma, mediante el tiempo en horas y así darnos el caudal máximo.

Figura 19

Hidrograma unitario 25 años



Nota. Para la elaboración del grafico es con los datos mostrados en la tabla anterior, el caudal seleccionado es el mayor el caudal puntual, en caso el estudio nos depara cierta hora puede cambiar pero para este se elige el mayor.

Tabla 20

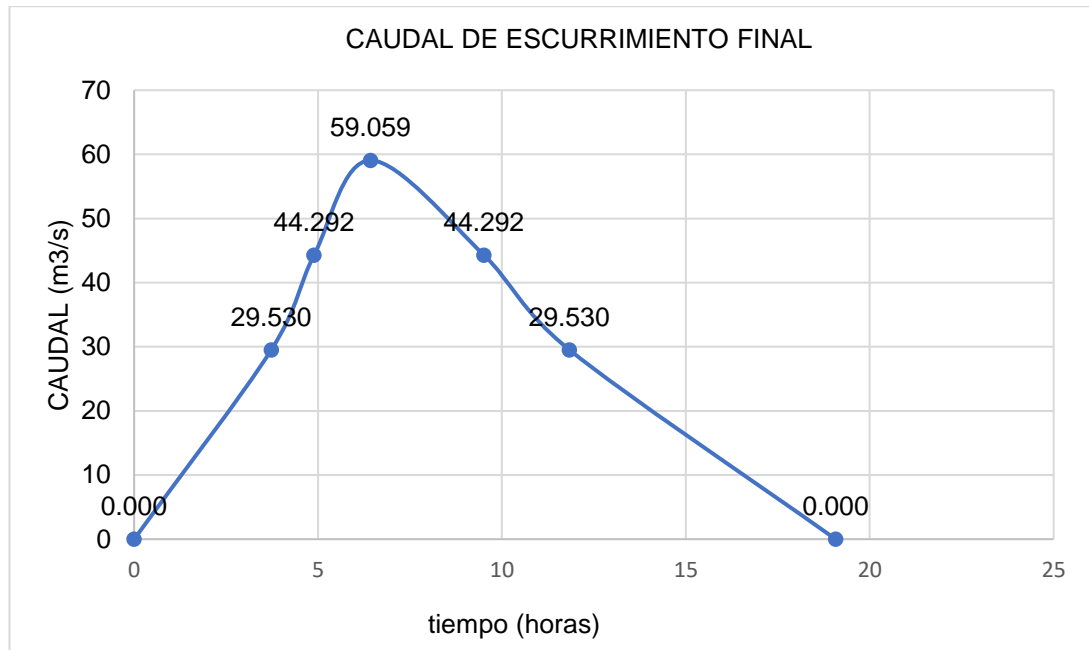
Caudal 50 años

Tiempo (h)	Qe final (m3/s)
0.000	0.000
3.731	29.530
4.892	44.292
6.432	59.059
9.511	44.292
11.833	29.530
19.072	0.000

Nota. Para esta tabulación nos da el caudal final siendo este el caudal de punta de 59.059, el tiempo es para realizar el grafico del hidrograma, mediante el tiempo en horas y así darnos el caudal máximo.

Figura 20

Hidrograma unitario 50 años



Nota. Para la elaboración del grafico es con los datos mostrados en la tabla anterior, el caudal seleccionado es el mayor el caudal puntual, en caso el estudio nos depara cierta hora puede cambiar pero para este se elige el mayor.

4.1.4 HIDROGRAMAS DE ESCORRENTÍA DIRECTA ENTRE LA PRECIPITACIÓN EFECTIVA Y EL HIDROGRAMA UNITARIO INSTANTÁNEO

Tabla 21

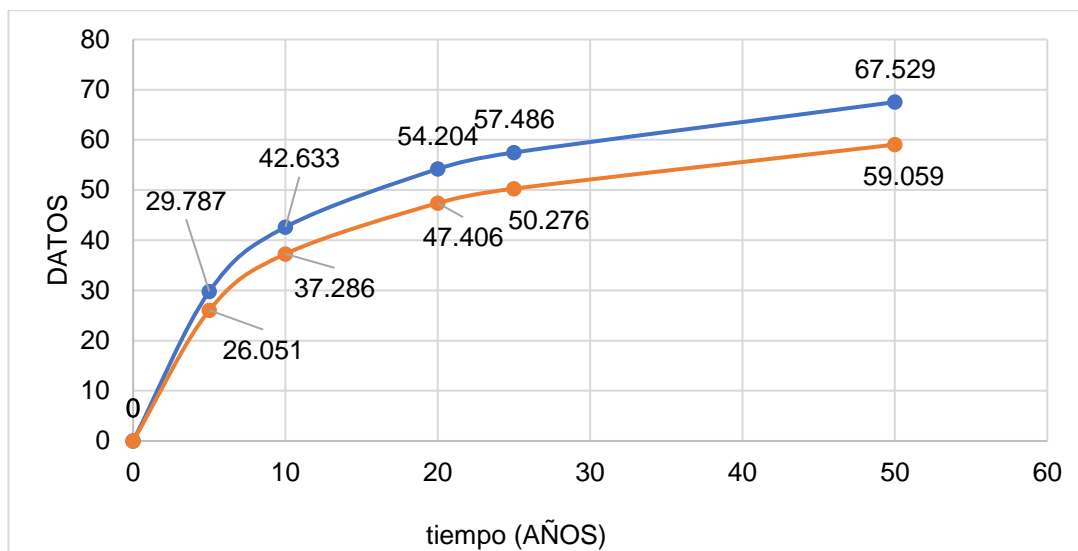
Relación entre Pe e Hidrograma unitario

Tiempo de retorno	Pe	Hidrograma unitario
5 años	29.787 mm	26.051 m³/s
10 años	42.633 mm	37.286 m³/s
20 años	54.204 mm	47.406 m³/s
25 años	57.486 mm	50.276 m³/s
50 años	67.529 mm	59.059 m³/s

Nota. Estos datos nos ayudaron para ver la relación que se tiene entre ellos mediante hidrogramas de comparación, a simple vista se muestra que mientras más incremento de la misma forma lo hace le hidrograma unitario.

Figura 21

Gráfico de relación



Nota. Se observa que la relación que se tiene entre ambos es cercana y directamente proporcional.

4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

HG: Si se aplica las teorías de Horton y Schumm utilizando características fisiográficas podrá generar hidrogramas de escorrentía directa en la subcuenca del río Higueras.

Validación: Los resultados obtenidos de la precipitación efectiva y del hidrograma unitario para diferentes periodos de retorno (5, 10, 20, 25 y 50 años) indican que la metodología aplicada fue efectiva para desarrollar la escorrentía directa. Esto respalda la hipótesis general, ya que las teorías de Horton y Schumm, junto con las características fisiográficas de la subcuenca, permitieron establecer los hidrogramas necesarios, validando la generación de hidrogramas de escorrentía directa en función de estos enfoques teóricos.

He1: Si se puede establecer las relaciones entre las teorías de Horton y Schumm a partir de las características fisiográficas de las subcuencas bajo estudio.

Validación: Los datos obtenidos, como el número de curva de 70 y el delta teórico en la distribución normal de 0.0763, muestran que se ha logrado relacionar las características fisiográficas con los parámetros de escorrentía de las teorías de Horton y Schumm. Estos valores, basados en el análisis de

la fisiografía de la cuenca, ayudan a comprender la relación entre las características del terreno y la respuesta hidrológica, validando esta hipótesis.

He2: Si mediante la recopilación y organización de datos se da determinar el valor de la precipitación efectiva en cada subcuenca para ciertos periodos de retorno.

Validación: La precipitación efectiva calculada para los periodos de retorno (29.787 mm para 5 años, 42.633 mm para 10 años, y así sucesivamente) confirma que se lograron obtener estos valores gracias a una recopilación organizada de datos.

Tabla 22

Precipitación efectiva

Tiempo de retorno	Pe
5 años	29.787 mm
10 años	42.633 mm
20 años	54.204 mm
25 años	57.486 mm
50 años	67.529 mm

Esto valida la hipótesis específica al proporcionar valores precisos de precipitación para distintos escenarios, permitiendo así un análisis completo de la escorrentía.

He3: Si utilizando la metodología del Hidrograma Unitario Instantáneo Geomorfológico, nos da el hidrograma unitario instantáneo.

Validación: Los hidrogramas unitarios obtenidos (26.051 m³/s para 5 años, 37.286 m³/s para 10 años, y así sucesivamente) demuestran que la metodología del hidrograma unitario instantáneo. Estos resultados validan la hipótesis al indicar que la metodología aplicada fue adecuada y generó hidrogramas representativos para diferentes periodos de retorno.:

Tabla 23

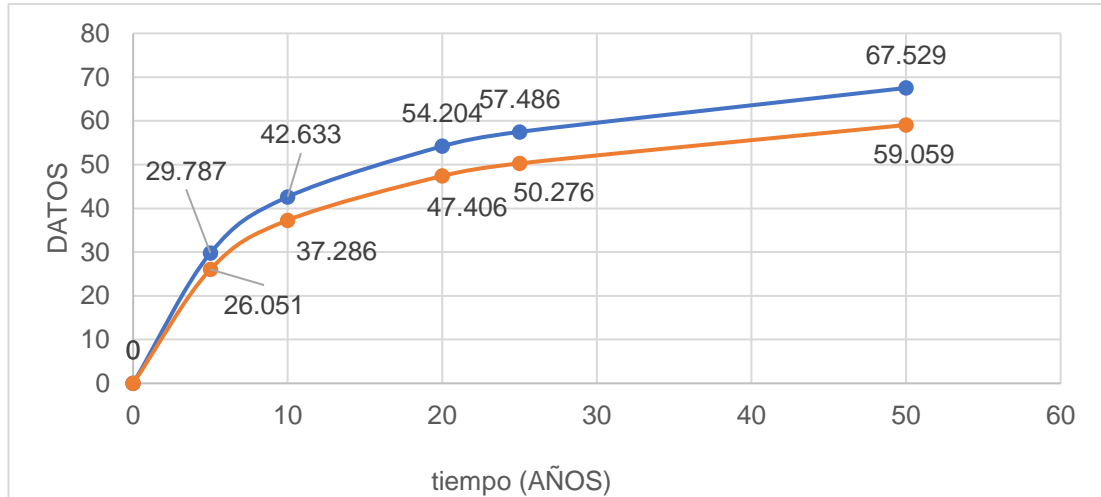
Hidrograma unitario

Tiempo de retorno	Hidrograma unitario
5 años	26.051 m ³ /s
10 años	37.286 m ³ /s
20 años	47.406 m ³ /s
25 años	50.276 m ³ /s
50 años	59.059 m ³ /s

He4: Si mediante la convolución entre la precipitación efectiva y el Hidrograma Unitario Instantáneo Geomorfológico, nos genera los hidrogramas de escorrentía directa en la subcuenca.

Figura 22

Hidrogramas en relación a la precipitación e hidrograma unitario



Nota. Cuando se relaciona la precipitación efectiva y el hidrograma unitario también se relaciona con la intensidad así como con la escorrentía directa, se acuerdo a lo desarrollado todo guarda relación entre ellas, para el cálculo de uno depende del otro por ende nos da como válida la hipótesis si se da una convolución entre la Pe y el hidrograma nos genera hidrogramas para cada periodo de retorno o como se muestra en el gráfico de manera total en conjunto.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados mostraron que la precipitación efectiva (P_e) aumentó con el periodo de retorno, y que este incremento se reflejó en mayores caudales pico de los hidrogramas generados. Este patrón es consistente con el marco conceptual de la transformación lluvia–escorrentía y con el uso del método NRCS–CN, donde un $CN \approx 70$ representa condiciones de infiltración moderada y cobertura vegetal intermedia; en tales escenarios, la respuesta hidrológica se intensifica a medida que crece la intensidad de la lluvia de diseño (Villón, 2005; Aparicio, 2012).

Desde la perspectiva geomorfológica, la construcción del Hidrograma Unitario Instantáneo Geomorfológico apoyada en las leyes de ordenamiento de Horton y la relación de áreas de Schumm permitió incorporar la forma y la red de drenaje en la respuesta temporal del caudal. En términos físicos, esto explica que, manteniendo constantes las hipótesis de uniformidad de la tormenta, la concentración del flujo y la conectividad de la red aceleren el tiempo al pico y amplifiquen la magnitud de la escorrentía directa (Cahuana & Yugar, 2009; Villón, 2005).

El aumento del caudal pico entre aproximadamente $26.051 \text{ m}^3/\text{s}$ ($TR=5$ años) y $59.059 \text{ m}^3/\text{s}$ ($TR=50$ años) es coherente con lo reportado en estudios que aplican Hidrograma Unitario Instantáneo Geomorfológico o marcos morfométricos en cuencas andinas y del Pacífico, donde la pendiente y la elongación condicionan la rapidez de la respuesta (Heras & Matovelle, 2020). Asimismo, la necesidad de calibrar parámetros a condiciones locales es destacada por la evidencia comparativa reciente: si bien los enfoques de Horton/Schumm son aplicables de forma amplia, su desempeño mejora al ajustar parámetros y supuestos al contexto climático y edáfico de la cuenca (Smith, López & Tanaka, 2021).

En ese sentido, los hallazgos son consistentes con Gulden (2021), quien, al validar leyes de Horton y Schumm en subcuencas de la costa norte

peruana, reportó correspondencia entre hidrogramas modelados y caudales extremos históricos, una vez ajustada la parametrización a la fisiografía local. La presente investigación se alinea con ese enfoque: la verificación de la relación teórica se materializó en hidrogramas cuya tendencia concuerda con las IDF adoptadas (Pérez & Senemt, 2017) y con la estructura de la red de drenaje.

CONCLUSIONES

- ✓ En la subcuenca del río Higuera se verificó la relación operativa entre las teorías de Horton (infiltración/escorrentía) y Schumm (control morfométrico), al aplicar sus supuestos y parámetros a la caracterización fisiográfica y a la generación de hidrogramas. La respuesta obtenida fue consistente con lo esperado por dichas teorías bajo las condiciones locales analizadas.
- ✓ La precipitación efectiva (P_e) aumentó con el periodo de retorno, en concordancia con las IDF adoptadas y con un $CN \approx 70$. Este comportamiento sustentó la construcción de los hidrogramas y explicó la variación de volúmenes y tiempos característicos.
- ✓ El Hidrograma Unitario Instantáneo Geomorfológico generado con parámetros fisiográficos de la subcuenca reprodujo adecuadamente la forma temporal de la respuesta, permitiendo identificar tiempos al pico y caudales máximos acordes con el incremento de P_e .
- ✓ La tendencia creciente del caudal pico entre aproximadamente 26.051 m^3/s ($TR=5$) y 59.059 m^3/s ($TR=50$) indica que el diseño de drenajes y medidas de control de inundaciones debe considerar escenarios de TR altos y la actualización periódica de parámetros (IDF, CN), a fin de sostener niveles adecuados de desempeño y seguridad.

RECOMENDACIONES

- ✓ Ampliar la recopilación de datos meteorológicos: Se recomienda una mayor recopilación y análisis de datos de precipitación y caudal en la subcuenca para mejorar la precisión en la estimación de hidrogramas y facilitar la validación de los modelos hidrológicos en diferentes escenarios climáticos.
- ✓ Incorporar modelado para escenarios de cambio climático: Considerando la variabilidad climática y el impacto potencial del cambio climático, sería beneficioso integrar análisis de escenarios futuros para evaluar cómo los cambios en las precipitaciones podrían afectar la escorrentía y los caudales máximos en la subcuenca.
- ✓ Aplicar la metodología en otras cuencas de características similares: Para ampliar el alcance de los hallazgos, se recomienda aplicar la metodología de hidrogramas geomorfológicos en otras subcuencas de la región con características fisiográficas y climáticas similares. Esto permitiría evaluar la consistencia de los resultados y mejorar la generalización de la metodología en la región.
- ✓ Utilizar los resultados en la planificación de infraestructura hidráulica: Los hidrogramas unitarios generados pueden servir como base para diseñar y dimensionar adecuadamente obras de infraestructura hidráulica en la subcuenca, como defensas ribereñas y sistemas de drenaje, contribuyendo a una gestión eficiente del riesgo de inundaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (30 de 07 de 2015). Obtenido de Gruposacsa:
<https://www.gruposacsa.com.mx/propiedades-de-los-suelos-arenosos/>
- Accostupa, Y. (2017). *Fenómeno El Niño y su relación con la variabilidad climática en la provincia de Cusco*.
- Aliaga, A. S. (1983). *Tratamiento de datos hidrometeorológicos*. Lima-Perú.
- Alvarado, R. E. (2018). *Modelacion del proceso lluvia escorrentia usando sistemas de informacion geografica*. Piura.
- ANA, A. N. (2015). *Generación del mapa temático de curva número (CN)*.
- Aparicio, M. F. (2012). *Fundamentos de hidrología de superficie*. Mexico.
- Aráoz, G. F., & Luccioni, B. M. (2008). *Curva de fragilidad para muro de mampostería bajo cargas explosivas a partir de simulaciones numéricas*.
- Becerra, M. A. (1999). *Escorrentía, erosión y conservación de suelos*. .
- Breña, A. (2006). *Principios y Fundamentos de la Hidrologia Superficial* . México.
- Cahuana, A. A., & Yugar, M. W. (2009). *Material de apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de hidrología*.
- Camino, M. A., Bó, J., M., Cionchi, J. L., Del Rio, J., & Lopez de Amentia, A. &. (2018). *Estudio morfométrico de las cuencas de drenaje de la vertiente sur del sudeste de la provincia de Buenos Aires*.
- Campos, A. D. (1987). *Procesos del Ciclo Hidrológico*. Mexico.
- CENEPRED. (2014). *Manual De Guía Metodológica De Centro Nacional De Estimación, Prevención Y Reducción De Riesgos De Desastres*.
- Chaupis, A. C. (2022). *Análisis y modelamiento del transporte de sedimentos de fondo en el Río Huallaga en tramos de San Rafael y Ambo*.
- Chow, V. T., Maidment, D., & Mays, L. W. (1994). *Hidrologia Aplicada*. Bogota: Mc Graw Hill.
- Clima*. (23 de 04 de 2024). Obtenido de <http://es.contenidos.climantica.org/unidades/3/a-auga-en-movimiento/evapotranspiracion-e-escorrentia/escorrenti-a-superficial-e-subterra-nea>

- Colala, D. J. (2021). *ESTUDIO DE LA EROSIÓN Y PÉRDIDA DE SUELOS EMPLEANDO UN SIMULADOR DE LLUVIAS EN LA CIUDAD DE CHONGOYAPE - CHICLAYO*. Chiclayo - Perú.
- Cortez, G., & Vivien, L. (2018). *ECaracterización de las aguas residuales de la parte sur de la ciudad de Cajamarca y propuesta de tratamiento en la zona de Huacariz*.
- Cuello, C. F. (2020). *APLICACIÓN DE PROGRAMA PARA MODELACION DE LLUVIA-ESCORRENTIA EN LA CUENCA DEL RIO CABRERA, DEPARTAMENTO DEL HUILA*. Bogota - Colombia.
- De Pedraza, G. J. (1996). *Geomorfología Principios, métodos y aplicaciones*. Madrid - España.
- Delgado, A. (2010). *Mofometría de Cuencas*. Lima.
- Didasko. (27 de 10 de 2021). Obtenido de <https://www.facebook.com/didasko.pe/photos/a.142148854583911/296940975771364/?type=3>
- Eslamian, S., & Saeideh, P. (2021). *Engineering Hydrology: Impact on Sustainable Development*.
- Fernandez, B., & Montt, J. P. (2001). *Estimación del periodo de retorno de sequías meteorológicas e hidrológicas mensuales*.
- Fernández, P., Luque, J., & Paoloni, J. (1971). *Análisis de la Infiltración y su aplicación para diseño de riego en el valle inferior del Río Colorado*.
- Flores, J. (2020). *Análisis de caudales máximos y su aplicación en la gestión del riesgo hídrico en la cuenca del río Mantaro*. Lima - Perú.
- Garay, S. G., & Vicente, T. H. (2021). *ANALISIS HIDRAULICO PARA REDUCIR RIESGOS DE INUNDACION DEL RÍO NUPE, EN EL CENTRO POBLADO DE PILCOCANCHA, DISTRITO DE RONDOS . HUANUCO - PERÚ*.
- Garcia, R. L. (2020). *Propuesta y análisis de metodologías para la evaluación de recursos mediante modelos precipitación-escorrentía*. Valencia - España.
- Garrido, A. M. (2018). *Cálculo de la transformación lluvia-escorrentía mediante un modelo Saint Venant 2D. Validación mediante datos de campo y laboratorio*. Coruña.

- Gasparin, F., & otros. (2013). *Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas*.
- Gonzales, A. I. (2018). *Evaluación del Riesgo de sequía operativa, en el sistema de recursos Hídricos de la cuenca del río Tepalcatepec*. Mexico.
- González, J., Martínez, F., & López, A. (2021). *Application of the Témez Method for Flood Estimation in Ungauged Basins in Spain*.
- Gulden, G. J. (2021). *Validación de las leyes de Horton y Schumm para la generación de hidrogramas de escorrentía directa en las subcuencas Chorobal y Cerro Blanco de la cuenca Huamantla. Trujillo - Perú*.
- HEC - HMS. (2015). *Hec-Hms Manual*.
- Heras, D., & Matovelle, C. (2020). *Análisis comparativo de las características morfométricas de sistemas hidrográficos de la vertiente del Pacífico*. Ecuador.
- Herencia, B. G., & Carrera, C. E. (2019). *Estimación caudales medios y máximos de la cuenca del río Checras mediante ecuaciones sintéticas y racionales*. Lima.
- Hernandez, R. F. (2014). *Metodología de la Investigación*. (6ta ed.). México D.F.: McGraw-Hill.
- Hernández, S. R. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGraw-Hill.
- agua*. (s.f.). Obtenido de <https://www.iagua.es/respuestas/cuenca-hidrografica-rio>
- Ibañez, S., Moreno, H., & Gisbert, J. (2011). *Morfología de las cuencas hidrográficas*.
- INDECI. (2018). *Emergencias ordenadas por fecha*. Obtenido de Instituto Nacional de Defensa Civil : <http://sinpad.indeci.gob.pe/sinpad/emergencias/mapa/ListadoEmergencias.asp?e>
- Julcamoro, J. F. (2017). *Evaluación de la disponibilidad del recurso hídrico en la microcuenca del río el Tuyo en el distrito de Catilluc, provincia de San Miguel – Cajamarca, 2017*. Universidad Nacional de Cajamarca, Peru. Cajamarca - Peru.

- Lopez, S. M. (Dic de 2010). *researchgate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/figure/FIGURA-4-Pluviometria-tridimensional-del-emisor-espaciado-a-1-90-metros-y-a-una-presion_fig2_262512177
- Lux, B. (2016). *Conceptos básicos de morfometría de cuencas hidrográficas*.
- Maidment, D. (1993). *Handbook of Hydrology*.
- Maravi, A. F., & Melchor, A. L. (2020). *La mitigación de inundaciones del río Ica*. Lima - Perú.
- Meted. (2024). Obtenido de www.meted.ucar.edu.
- Morad, M., & Triviño, P. A. (2001). *SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y MODELIZACIONES HIDROLÓGICAS: UNA APROXIMACIÓN A LAS VENTAJAS Y DIFICULTADES DE SU APLICACIÓN*.
- Moreno, L. (2002). *Depuración de aguas residuales urbanas mediante infiltración directa sobre el terreno*. España.
- MTC, M. d. (2011). *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*.
- Narváez, G. L. (2023). *Determinación de escorrentía superficial y calidad de agua en la cuenca de abastecimiento de la parroquia de Aloasí*.
- Ortiz, S. O. (2016). *Similitud hidráulica de sistemas hidrológicos altoandinos y transferencia de información hidrometeorológica*. Lima-Peru.
- Perez, J., & Senemt, J. (2017). *Curvas intensidad-duración-frecuencia de tormentas de corta duración en la cuenca del río Segura*. España.
- Pérez, J., Castillo, M., & Salazar, A. (2021). *Aplicación del Método Témez para la Estimación de Caudales Máximos en la Cuenca del Río Rímac*.
- Pértegas, S., & Pita, S. (2001). *La distribución normal*. Cad Aten Primaria 2001, 8, 268-274.
- Pineda, A. J. (24 de 04 de 2024). Obtenido de <https://encolombia.com/economia/agroindustria/agronomia/suelos-limosos/>
- Puig, B. M. (2018). *Modelización hidrológica distribuida con esquemas en volúmenes finitos*. Coruña.
- Ramirez, C. F. (2020). *Determinación de la Calidad del Agua Potable en el distrito de Paucarcolla-Puno-2019*. Perú.

- Rogers, S. (2012). *ProFantasy Software Ltd. [En línea]*. Obtenido de <http://rpgmaps.profantasy.com/?p=2017>
- Rojas, M., Vargas, L., & Quispe, D. (2022). *Estimación de Caudales Máximos en la Cuenca del Río Chillón Utilizando el Método de Témez*.
- Sarmiento, H. Y. (2024). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE MODELOS HIDROLÓGICOS PRECIPITACIÓN Y ESCORRENTÍA BAJO DIFERENTES ESQUEMAS DE DISCRETIZACIÓN APLICADOS A LA CUENCA DEL RIO COATA*. Puno.
- Silva, G. R. (2019). *GENERACIÓN DE INFORMACIÓN HIDROMÉTRICA CON FINES DE APROVECHAMIENTO HÍDRICO PARA LA CUENCA EL PORVENIR DISTRITO DE HUARANGO*. Cajamarca.
- Silva, R. (2019). *Generación de información hidrométrica con fines de aprovechamiento hídrico para la cuenca El Porvenir distrito de Huarango*. Cajamarca.
- Smith, J., Lopez, M., & Tanaka, H. (2021). *Evaluating the applicability of Horton's infiltration model and Schumm's empirical equations in different climatic regions*. Journal of Hydrological Sciences.
- Sotmayor, P. G. (2019). *Adaptación de los recursos hídricos al cambio climático: aplicación de modelos hidrológicos al caso de la cuenca del río Babahoyo*. Ecuador.
- Sotomayor. (2019). *Adaptacion de los recursos hidricos al cambio climatico*. Ecuador.
- Teodoro, D. (2022). *Comparación de caudales medios mensuales aplicando el método Lutz Scholz y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higuerras, Huánuco 2017-2018*. Universidad de Huánuco.
- Valer, M. J. (2021). *Evaluación de volúmenes de vinaza sobre la erosión hídrica de suelo*. Lima - Perú.
- Villodas, R. (2008). *Hidrología*. Facultad de ingeniería Civil UNC.
- Villón, B. M. (2005). *Hidrología*.
- Zaragoza, P. E. (2021). *Análisis multitemporal de la cobertura del terreno y su asociación con las tasas de erosión hídrica en Aocolco, Puebla*. Mexico.

Zhicay, L. J. (2020). *CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA Y ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO SAN FRANCISCO, CANTÓN GUALACEO*. Ecuador.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Gonzales Sandoval, J. (2026). Verificación de las leyes de Horton y Schumm en la producción de hidrogramas de escorrentía directa en la sub cuenca del rio higueras, Huánuco, 2024 [Tesis de pregrado, universidad de Huánuco], Repositorio institucional UDH, url: <http://repositorio@udh.edu.pe>

ANEXOS

ANEXO 1
MATRIZ DE CONSISTENCIA

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS
<p>Problema General</p> <p>¿En qué medida se verifica la relación entre las teorías de Horton y Schumm, aplicando las características fisiográficas, para generar hidrogramas de escorrentía directa en la subcuenca del río Higueras (Huánuco) durante 2024?</p> <p>Problemas Específicos</p> <p>¿De qué manera se manifiestan y pueden caracterizarse las relaciones entre las teorías de Horton y Schumm a partir de las características fisiográficas de las subcuencas bajo estudio?</p> <p>¿Cómo se puede estimar la precipitación efectiva en cada subcuenca para ciertos periodos de retorno, mediante la recopilación y organización de datos?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Verificar la relación entre las teorías de Horton y Schumm aplicando las características fisiográficas para generar hidrogramas de escorrentía directa en la subcuenca del río Higueras (Huánuco) durante 2024.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <p>Establecer las relaciones entre las teorías de Horton y Schumm a partir de las características fisiográficas de las subcuencas bajo estudio.</p> <p>Determinar el valor de la precipitación efectiva en cada subcuenca para ciertos periodos de retorno, mediante la recopilación y organización de datos.</p> <p>Desarrollar el hidrograma unitario instantáneo utilizando la metodología del Hidrograma unitario instantáneo geomorfológico.</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>H1: Si se aplica las teorías de Horton y Schumm utilizando características fisiográficas podrá generar hidrogramas de escorrentía directa en la subcuenca del río Higueras.</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <p>Si se puede establecer las relaciones entre las teorías de Horton y Schumm a partir de las características fisiográficas de las subcuencas bajo estudio.</p> <p>Si mediante la recopilación y organización de datos se da determinar el valor de la precipitación efectiva en cada subcuenca para ciertos periodos de retorno.</p> <p>Si utilizando la metodología del Hidrograma Unitario Instantáneo Geomorfológico, nos da el hidrograma unitario instantáneo.</p>

¿De qué forma puede construirse y parametrizarse el hidrograma unitario instantáneo utilizando la metodología del Hidrograma unitario instantáneo geomorfológico?	Generar los hidrogramas de escorrentía directa en la subcuenca mediante la convolución entre la precipitación efectiva y el Hidrograma Unitario Instantáneo Geomorfológico.	Si mediante la convolución entre la precipitación efectiva y el Hidrograma Unitario Instantáneo Geomorfológico, nos genera los hidrogramas de escorrentía directa en la subcuenca.
---	---	--

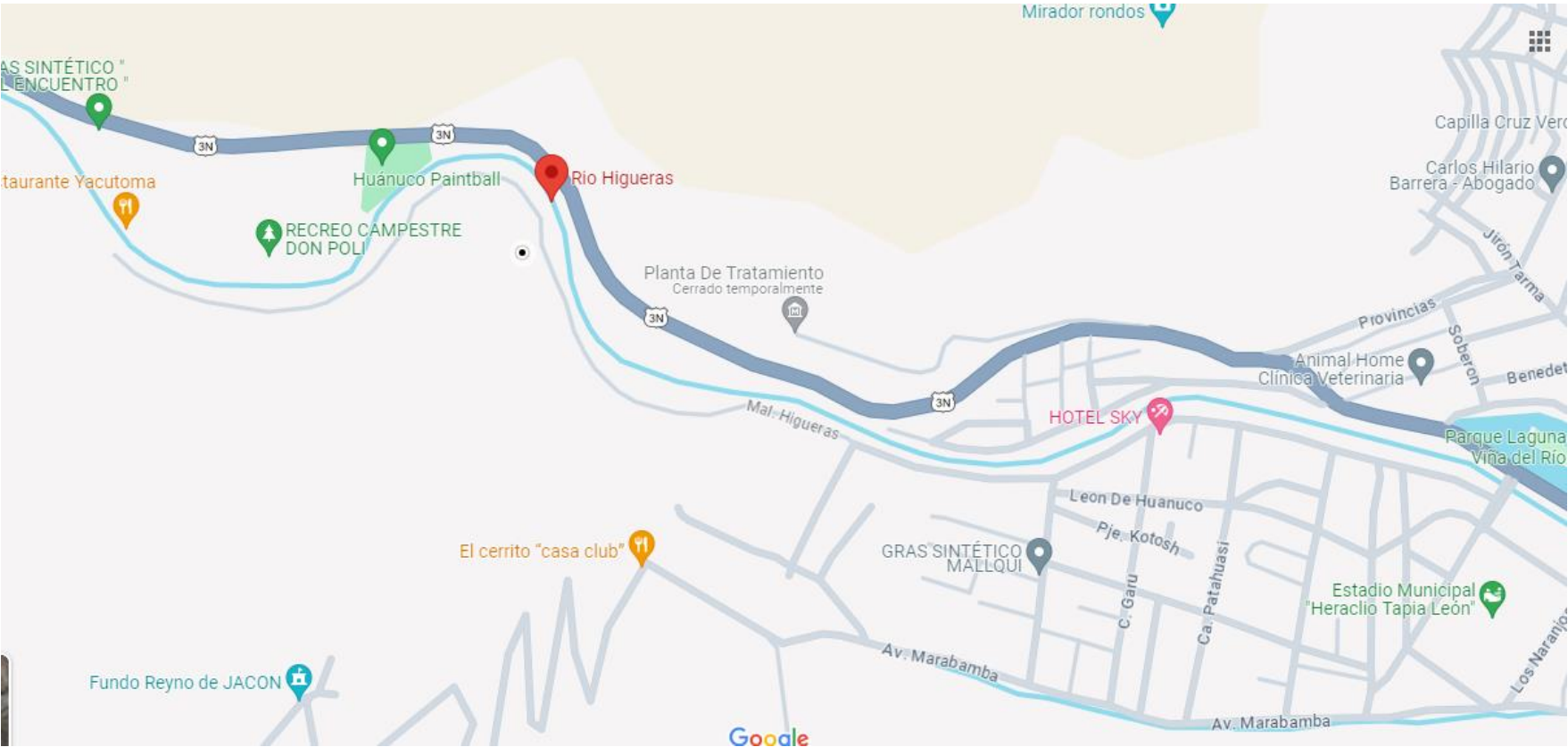
¿Cómo evolucionan y qué comportamiento presentan los hidrogramas de escorrentía directa en la subcuenca mediante la convolución entre la precipitación efectiva y el Hidrograma Unitario Instantáneo Geomorfológico?

ENFOQUE, ALCANCE Y DISEÑO	POBLACIÓN Y MUESTRA	VARIABLES
<p>Enfoque: Cuantitativo.</p> <p>Alcance o nivel: descriptivo.</p> <p>Diseño: No experimental.</p>	<p>Población: La población de estudio comprendió la subcuenca del río Higueras ubicada en la ciudad de Huánuco, dentro de la provincia y el departamento homónimos de Huánuco</p> <p>Muestra: Esta investigación utiliza como muestra los datos obtenidos de la población en la subcuenca del río Higueras, específicamente en el tramo desde el recreo Yacutoma hasta la laguna Viña del río.</p>	<p>Variable dependiente</p> <p>La generación de hidrogramas de escorrentía directa en la subcuenca del río Higueras.</p> <p>Variable independiente</p> <p>La aplicación de las teorías de Horton y Schumm utilizando características fisiográficas.</p>

ANEXO 2
PLANO DE UBICACIÓN

Figura 23

Imagen satelital



ANEXO 3 DATOS DEL SENAMHI

Figura 24

Huánuco 2024-oct

Grafico Tabla

Estación : HUANUCO				
Departamento : HUANUCO		Provincia : HUANUCO		Distrito : AMARILIS Ir : 2024-10 ▼
Latitud : 9°57'7.24" S		Longitud : 76°14'54.8" W		Altitud : 1919 msnm.
Tipo : Convencional - Meteorológica		Codigo : 109003		
Exportar a Excel		Exportar a CSV		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2024-10-01	30.3	11.5	54.3	0.0
2024-10-02	30	14.5	57.6	0.0
2024-10-03	27	17	61.7	0.0
2024-10-04	27.6	15.2	64.4	0.7
2024-10-05	16.8	15.5	94.4	3.6
2024-10-06	29.9	11.5	52.6	0.0
2024-10-07	29.8	13	55.5	0.0
2024-10-08	30.2	13.7	49.7	0.2
2024-10-09	28.6	16.8	58.9	0.0
2024-10-10	27.8	16.9	57.2	0.0

Figura 25

Huánuco 2024-set

Grafico Tabla

Estación : HUANUCO				
Departamento : HUANUCO		Provincia : HUANUCO		Distrito : AMARILIS Ir : 2024-09 ▼
Latitud : 9°57'7.24" S		Longitud : 76°14'54.8" W		Altitud : 1919 msnm.
Tipo : Convencional - Meteorológica		Codigo : 109003		
Exportar a Excel		Exportar a CSV		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2024-09-01	27.5	12.8	55.3	0.3
2024-09-02	24.7	15.1	57.9	0.0
2024-09-03	28.9	10.5	52.3	0.0
2024-09-04	29.9	10.7	55.7	0.0
2024-09-05	29	15.5	56.4	0.0
2024-09-06	27.5	16.2	55.0	0.0
2024-09-07	26.6	13.2	59.5	0.0
2024-09-08	29	12.2	53.0	0.0
2024-09-09	28.2	14.9	53.7	0.0
2024-09-10	29.8	12.4	56.4	0.0

Figura 26

Huánuco 2024-agst



Figura 27

Huánuco 2024-jul

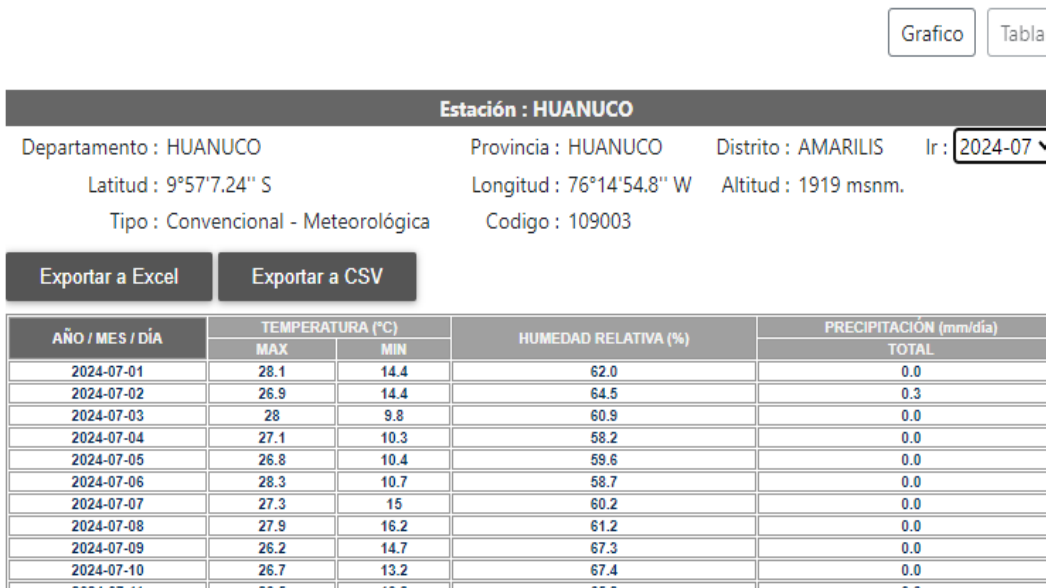


Figura 28

Huánuco 2024-jun



Figura 29

Huánuco 2024-may

Grafico Tabla

Estación : HUANUCO				
Departamento : HUANUCO		Provincia : HUANUCO		Distrito : AMARILIS Ir : 2024-05 ▼
Latitud : 9°57'7.24" S		Longitud : 76°14'54.8" W		Altitud : 1919 msnm.
Tipo : Convencional - Meteorológica		Codigo : 109003		
Exportar a Excel		Exportar a CSV		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2024-05-01	31.4	14.8	59.6	0.0
2024-05-02	30.7	16.6	57.9	0.8
2024-05-03	26.5	17.5	80.9	1.1
2024-05-04	25.4	15.7	80.1	0.5
2024-05-05	28.5	15.5	65.0	0.0
2024-05-06	30.3	15.9	63.9	0.0
2024-05-07	29.1	18	64.6	0.0
2024-05-08	29.6	15.6	64.7	0.0
2024-05-09	30.1	17.7	61.0	0.0
2024-05-10	30.1	18.5	62.5	0.0

Figura 30

Huánuco 2024-abr

Grafico Tabla

Estación : HUANUCO				
Departamento : HUANUCO		Provincia : HUANUCO		Distrito : AMARILIS Ir : 2024-04 ▼
Latitud : 9°57'7.24" S		Longitud : 76°14'54.8" W		Altitud : 1919 msnm.
Tipo : Convencional - Meteorológica		Codigo : 109003		
Exportar a Excel		Exportar a CSV		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2024-04-01	22.2	17.8	81.9	1.7
2024-04-02	29.4	15.5	69.3	T
2024-04-03	26.2	17.6	73.2	0.1
2024-04-04	29.6	16.5	62.6	0.3
2024-04-05	24.4	17.1	74.4	0.4
2024-04-06	28.3	15.5	66.8	5.7
2024-04-07	28.6	16.5	66.5	0.0
2024-04-08	27.9	17.4	72.4	0.2
2024-04-09	30.7	16.7	62.3	0.2
2024-04-10	29.3	16.9	64.0	0.2

Figura 31

Huánuco 2024-marz

Grafico Tabla

Estación : HUANUCO				
Departamento : HUANUCO		Provincia : HUANUCO		Distrito : AMARILIS Ir : 2024-03 ▼
Latitud : 9°57'7.24" S		Longitud : 76°14'54.8" W		Altitud : 1919 msnm.
Tipo : Convencional - Meteorológica		Codigo : 109003		
Exportar a Excel		Exportar a CSV		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2024-03-01	24	16.6	71.1	T
2024-03-02	25.7	16.8	73.4	-887.6
2024-03-03	29.5	16.1	65.2	5.1
2024-03-04	27.3	17.2	73.2	0.6
2024-03-05	27.8	17.4	64.4	2.4

Figura 32

Huánuco 2024-feb

Grafico Tabla

Estación : HUANUCO				
Departamento : HUANUCO		Provincia : HUANUCO		Distrito : AMARILIS Ir : 2024-02 ▼
Latitud : 9°57'7.24" S		Longitud : 76°14'54.8" W		Altitud : 1919 msnm.
Tipo : Convencional - Meteorológica		Codigo : 109003		
Exportar a Excel		Exportar a CSV		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2024-02-01	26.8	16.7	75.0	0.8
2024-02-02	27	17.5	72.0	0.8
2024-02-03	27.8	16.8	64.7	0.5
2024-02-04	28.1	17.3	66.9	0.0
2024-02-05	27.7	14.7	63.8	0.0
2024-02-06	27.9	12.6	65.3	0.4
2024-02-07	25.6	15.7	69.3	0.3
2024-02-08	29.2	16.4	63.3	0.1
2024-02-09	28	17.5	70.1	2.7
2024-02-10	28.3	16.7	65.1	0.0
2024-02-11	26.7	16.5	64.7	0.0

Figura 33

Huánuco 2024-ene

Grafico Tabla

Estación : HUANUCO				
Departamento : HUANUCO		Provincia : HUANUCO		Distrito : AMARILIS Ir : 2024-01 ▼
Latitud : 9°57'7.24" S		Longitud : 76°14'54.8" W		Altitud : 1919 msnm.
Tipo : Convencional - Meteorológica		Codigo : 109003		
Exportar a Excel		Exportar a CSV		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2024-02-01	26.8	16.7	75.0	0.8
2024-02-02	27	17.5	72.0	0.8
2024-02-03	27.8	16.8	64.7	0.5
2024-02-04	28.1	17.3	66.9	0.0
2024-02-05	27.7	14.7	63.8	0.0
2024-02-06	27.9	12.6	65.3	0.4
2024-02-07	25.6	15.7	69.3	0.3
2024-02-08	29.2	16.4	63.3	0.1
2024-02-09	28	17.5	70.1	2.7
2024-02-10	28.3	16.7	65.1	0.0
2024-02-11	26.7	16.5	64.7	0.0

Figura 34

Huánuco 2023-dic

Grafico Tabla

Estación : HUANUCO				
Departamento : HUANUCO		Provincia : HUANUCO		Distrito : AMARILIS Ir: 2023-12
Latitud : 9°57'7.24" S		Longitud : 76°14'54.8" W		Altitud : 1919 msnm.
Tipo : Convencional - Meteorológica		Codigo : 109003		
Exportar a Excel		Exportar a CSV		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2023-12-01	25.6	17.9	67.5	0.5
2023-12-02	27	15.5	67.0	0.0
2023-12-03	29.1	16.8	60.0	T
2023-12-04	27.8	17.7	62.7	0.0
2023-12-05	23.8	17.2	72.1	1.2
2023-12-06	27.5	16.6	66.2	0.0
2023-12-07	26.6	16.4	66.1	0.2
2023-12-08	26.3	17.4	81.6	3.2
2023-12-09	26.5	16.7	70.2	0.3
2023-12-10	29.3	17	62.7	0.0
2023-12-11	29.5	16.5	62.2	0.4

Figura 35

Huánuco 2023-nov

Grafico Tabla

Estación : HUANUCO				
Departamento : HUANUCO		Provincia : HUANUCO		Distrito : AMARILIS Ir: 2023-11
Latitud : 9°57'7.24" S		Longitud : 76°14'54.8" W		Altitud : 1919 msnm.
Tipo : Convencional - Meteorológica		Codigo : 109003		
Exportar a Excel		Exportar a CSV		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2023-11-01	21.8	17	78.9	0.0
2023-11-02	27	12.5	66.4	0.0
2023-11-03	29.7	15.7	62.6	0.6
2023-11-04	24.5	17.4	72.1	0.1
2023-11-05	24.3	16	74.3	0.3
2023-11-06	27.5	15.3	66.9	T
2023-11-07	29.4	15.5	61.5	0.0
2023-11-08	29.3	17	61.5	0.0
2023-11-09	24.1	18	67.7	0.0
2023-11-10	30.1	17	64.5	0.0
2023-11-11	29.2	16.2	67.2	0.0

Figura 36

Huánuco 2023-oct

Grafico Tabla

Estación : HUANUCO				
Departamento : HUANUCO		Provincia : HUANUCO		Distrito : AMARILIS Ir : 2023-10 ▼
Latitud : 9°57'7.24" S		Longitud : 76°14'54.8" W		Altitud : 1919 msnm.
Tipo : Convencional - Meteorológica		Codigo : 109003		
Exportar a Excel		Exportar a CSV		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2023-10-01	27.5	17	66.6	0.1
2023-10-02	31.2	17.7	59.5	0.0
2023-10-03	26.1	18.4	72.3	6.8
2023-10-04	28.4	17.3	69.4	T
2023-10-05	29.5	17.6	64.4	0.0
2023-10-06	30.5	13.8	58.3	0.0
2023-10-07	30.9	18.2	60.3	0.0
2023-10-08	28.1	17.3	64.5	3.1
2023-10-09	24.3	17.5	79.4	6.2
2023-10-10	27.5	16.5	68.9	0.2

Figura 37

Huánuco 2023-set

Grafico Tabla

Estación : HUANUCO				
Departamento : HUANUCO		Provincia : HUANUCO		Distrito : AMARILIS Ir : 2023-09 ▼
Latitud : 9°57'7.24" S		Longitud : 76°14'54.8" W		Altitud : 1919 msnm.
Tipo : Convencional - Meteorológica		Codigo : 109003		
Exportar a Excel		Exportar a CSV		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2023-09-01	28	15.8	56.9	0.0
2023-09-02	29.5	12.7	57.4	0.0
2023-09-03	28.6	17.3	57.1	0.6
2023-09-04	27.4	17.2	59.7	T
2023-09-05	25.8	15.2	74.1	4.0
2023-09-06	27.9	16	59.4	0.0
2023-09-07	28.5	13.7	61.0	0.0
2023-09-08	29.6	15.1	55.5	0.0
2023-09-09	28	14.5	61.2	0.0
2023-09-10	29.4	14.3	57.7	0.0

Figura 38

Huánuco 2023-agst

Grafico Tabla

Estación : HUANUCO				
Departamento : HUANUCO		Provincia : HUANUCO		Distrito : AMARILIS Ir : 2023-08 ▼
Latitud : 9°57'7.24" S		Longitud : 76°14'54.8" W		Altitud : 1919 msnm.
Tipo : Convencional - Meteorológica		Codigo : 109003		
Exportar a Excel		Exportar a CSV		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2023-09-01	28	15.8	56.9	0.0
2023-09-02	29.5	12.7	57.4	0.0
2023-09-03	28.6	17.3	57.1	0.6
2023-09-04	27.4	17.2	59.7	T
2023-09-05	25.8	15.2	74.1	4.0
2023-09-06	27.9	16	59.4	0.0
2023-09-07	28.5	13.7	61.0	0.0
2023-09-08	29.6	15.1	55.5	0.0
2023-09-09	28	14.5	61.2	0.0
2023-09-10	29.4	14.3	57.7	0.0
2023-09-11	28.3	14.6	56.5	0.0

Figura 39

Huánuco 2023-jul

Grafico Tabla

Estación : HUANUCO				
Departamento : HUANUCO		Provincia : HUANUCO		Distrito : AMARILIS Ir : 2023-07 ▼
Latitud : 9°57'7.24" S		Longitud : 76°14'54.8" W		Altitud : 1919 msnm.
Tipo : Convencional - Meteorológica		Codigo : 109003		
Exportar a Excel		Exportar a CSV		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2023-07-01	27.8	12.5	58.7	0.0
2023-07-02	28.7	10.5	61.0	0.0
2023-07-03	29.7	9.9	55.0	0.0
2023-07-04	28.9	9.4	61.5	0.0
2023-07-05	28	10.8	66.5	0.0
2023-07-06	27.8	11.8	S/D	0.0
2023-07-07	27.7	15	50.7	0.0
2023-07-08	27.2	14.5	62.5	0.0
2023-07-09	26.8	15	64.1	0.0
2023-07-10	27.7	14.5	60.1	0.0
2023-07-11	28	13.4	62.7	0.0

Figura 40

Huánuco 2023-jun

Grafico

Tabla

Estación : HUANUCO				
Departamento : HUANUCO		Provincia : HUANUCO		Distrito : AMARILIS Ir : 2023-06 ▼
Latitud : 9°57'7.24" S		Longitud : 76°14'54.8" W		Altitud : 1919 msnm.
Tipo : Convencional - Meteorológica		Codigo : 109003		
Exportar a Excel		Exportar a CSV		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2023-06-01	28.2	12.5	51.0	0.0
2023-06-02	28.6	9.4	53.9	0.0
2023-06-03	27.1	12	56.4	0.0
2023-06-04	27	9.9	61.9	0.0
2023-06-05	27.6	13	55.7	0.0
2023-06-06	26.8	13.4	59.0	0.0
2023-06-07	26.6	16.3	65.5	0.0
2023-06-08	27.9	14	62.1	0.0
2023-06-09	27.8	15.8	62.0	0.0
2023-06-10	28	14.4	60.6	T
2023-06-11	25.4	10.8	64.6	T

Figura 41

Huánuco 2023-may

Grafico

Tabla

Estación : HUANUCO				
Departamento : HUANUCO		Provincia : HUANUCO		Distrito : AMARILIS Ir : 2023-05 ▼
Latitud : 9°57'7.24" S		Longitud : 76°14'54.8" W		Altitud : 1919 msnm.
Tipo : Convencional - Meteorológica		Codigo : 109003		
Exportar a Excel		Exportar a CSV		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2023-05-01	28.4	12.9	64.3	0.0
2023-05-02	28.6	13.6	62.0	0.0
2023-05-03	28.7	15.7	62.0	0.0
2023-05-04	29	16.6	62.0	0.0
2023-05-05	27.6	17.2	S/D	0.0
2023-05-06	28	17.6	65.2	0.9
2023-05-07	25.2	16.6	80.3	4.2
2023-05-08	22.7	16.5	82.7	8.0
2023-05-09	23.8	15.3	82.6	10.3
2023-05-10	27.7	14.4	75.3	5.8
2023-05-11	27.5	14.5	74.4	5.7

Figura 42

Huánuco 2023-abr

Grafico Tabla

Estación : HUANUCO				
Departamento : HUANUCO		Provincia : HUANUCO		Distrito : AMARILIS Ir : 2023-04 ▼
Latitud : 9°57'7.24" S		Longitud : 76°14'54.8" W		Altitud : 1919 msnm.
Tipo : Convencional - Meteorológica		Codigo : 109003		
Exportar a Excel		Exportar a CSV		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2023-05-01	28.4	12.9	64.3	0.0
2023-05-02	28.6	13.6	62.0	0.0
2023-05-03	28.7	15.7	62.0	0.0
2023-05-04	29	16.6	62.0	0.0
2023-05-05	27.6	17.2	S/D	0.0
2023-05-06	28	17.6	65.2	0.9
2023-05-07	25.2	16.6	80.3	4.2
2023-05-08	22.7	16.5	82.7	8.0
2023-05-09	23.8	15.3	82.6	10.3
2023-05-10	27.7	14.4	75.3	5.8
2023-05-11	27.5	14.5	74.4	5.7

Figura 43

Huánuco 2023-marz

Grafico Tabla

Estación : HUANUCO				
Departamento : HUANUCO		Provincia : HUANUCO		Distrito : AMARILIS Ir : 2023-03 ▼
Latitud : 9°57'7.24" S		Longitud : 76°14'54.8" W		Altitud : 1919 msnm.
Tipo : Convencional - Meteorológica		Codigo : 109003		
Exportar a Excel		Exportar a CSV		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2023-03-01	27.6	17	63.1	0.2
2023-03-02	29.4	14.8	60.0	0.0
2023-03-03	22.5	16.5	87.2	12.1
2023-03-04	28	14.5	69.2	0.0
2023-03-05	26	17	81.8	10.2
2023-03-06	23.5	16.2	78.8	0.9
2023-03-07	29.4	15.8	66.1	T
2023-03-08	28.3	15.7	67.7	0.0
2023-03-09	27.2	16	71.4	32.4
2023-03-10	16.3	15.8	89.6	17.1
2023-03-11	25.2	14.2	74.6	T

Figura 44

Huánuco 2023-feb

Grafico

Tabla

Estación : HUANUCO				
Departamento : HUANUCO		Provincia : HUANUCO		Distrito : AMARILIS Ir : 2023-02 ▼
Latitud : 9°57'7.24" S		Longitud : 76°14'54.8" W		Altitud : 1919 msnm.
Tipo : Convencional - Meteorológica		Codigo : 109003		
Exportar a Excel		Exportar a CSV		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2023-03-01	27.6	17	63.1	0.2
2023-03-02	29.4	14.8	60.0	0.0
2023-03-03	22.5	16.5	87.2	12.1
2023-03-04	28	14.5	69.2	0.0
2023-03-05	26	17	81.8	10.2
2023-03-06	23.5	16.2	78.8	0.9
2023-03-07	29.4	15.8	66.1	T
2023-03-08	28.3	15.7	67.7	0.0
2023-03-09	27.2	16	71.4	32.4
2023-03-10	16.3	15.8	89.6	17.1
2023-03-11	25.2	14.2	74.2	T

Figura 45

Huánuco 2023-ene

Grafico

Tabla

Estación : HUANUCO				
Departamento : HUANUCO		Provincia : HUANUCO		Distrito : AMARILIS Ir : 2023-01 ▼
Latitud : 9°57'7.24" S		Longitud : 76°14'54.8" W		Altitud : 1919 msnm.
Tipo : Convencional - Meteorológica		Codigo : 109003		
Exportar a Excel		Exportar a CSV		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2023-01-01	18.3	15.4	93.5	1.0
2023-01-02	27.8	13.2	69.6	0.1
2023-01-03	28.4	16.1	66.6	0.2
2023-01-04	24	16.3	80.2	1.9
2023-01-05	22.6	15.4	75.9	11.4
2023-01-06	20.5	14.8	81.4	0.1
2023-01-07	25.5	13.8	66.4	0.0
2023-01-08	29.4	13.4	59.4	0.0
2023-01-09	28	17.2	60.3	2.9
2023-01-10	27.2	16.3	63.7	0.3
2023-01-11	27.2	15.7	62.2	0.4

Figura 46

Huánuco 2022-dic

Grafico Tabla

Estación : HUANUCO				
Departamento : HUANUCO		Provincia : HUANUCO		Distrito : AMARILIS Ir : 2022-12 ▾
Latitud : 9°57'7.24" S		Longitud : 76°14'54.8" W		Altitud : 1919 msnm.
Tipo : Convencional - Meteorológica		Codigo : 109003		
Exportar a Excel		Exportar a CSV		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2022-12-01	30	14.8	63.4	0.0
2022-12-02	29	16.5	57.9	0.1
2022-12-03	26	14.5	64.1	0.0
2022-12-04	26.6	12.2	65.4	0.4
2022-12-05	27	10.8	53.6	0.0
2022-12-06	27.3	12.5	50.5	0.0
2022-12-07	24.7	16.2	56.2	0.0
2022-12-08	29	14.6	55.6	0.0
2022-12-09	28.6	17.5	59.1	3.0
2022-12-10	25.5	16.1	70.4	2.0

Figura 47

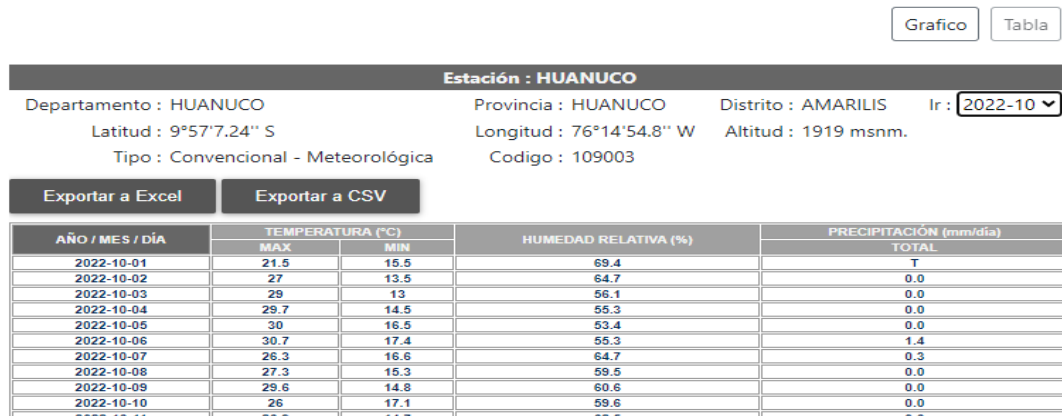
Huánuco 2022-nov

Grafico Tabla

Estación : HUANUCO				
Departamento : HUANUCO		Provincia : HUANUCO		Distrito : AMARILIS Ir : 2022-11 ▾
Latitud : 9°57'7.24" S		Longitud : 76°14'54.8" W		Altitud : 1919 msnm.
Tipo : Convencional - Meteorológica		Codigo : 109003		
Exportar a Excel		Exportar a CSV		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2022-11-01	26.5	16.5	74.5	11.3
2022-11-02	22.8	15	77.2	T
2022-11-03	25.5	13.3	65.1	0.0
2022-11-04	27	14.9	64.4	0.0
2022-11-05	26.8	16.8	61.5	0.0
2022-11-06	25.8	16.3	61.8	0.0
2022-11-07	28.2	12.7	57.2	0.0
2022-11-08	29.7	13.5	54.1	0.0
2022-11-09	28.5	16	65.4	1.2
2022-11-10	25.8	15.5	64.9	0.0

Figura 48

Huánuco 2022-oct



ANEXO 4 HIDROESTA

Figura 49

Distribución normal

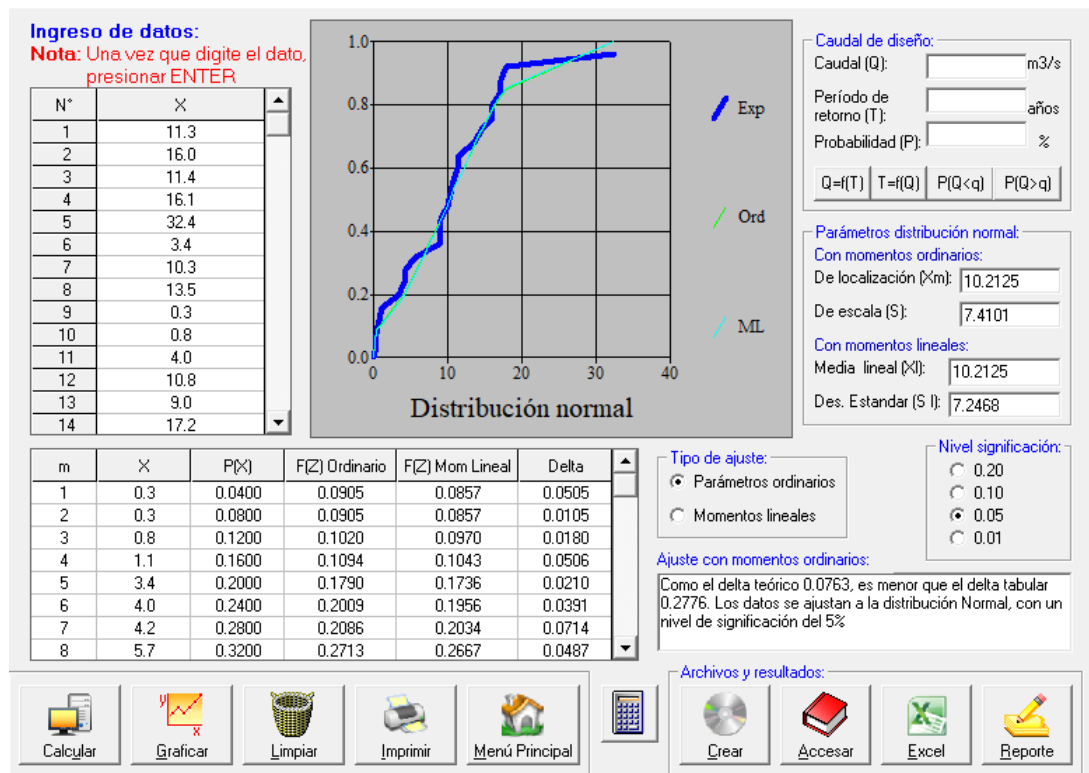


Figura 50

Distribución log normal

Ingreso de datos:
Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

N°	X
1	11.3
2	16.0
3	11.4
4	16.1
5	32.4
6	3.4
7	10.3
8	13.5
9	0.3
10	0.8
11	4.0
12	10.8
13	9.0
14	17.2

Distribución log-Normal 2 parámetros

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	0.3	0.0400	0.0080	0.0045	0.0320
2	0.3	0.0800	0.0080	0.0045	0.0720
3	0.8	0.1200	0.0510	0.0378	0.0690
4	1.1	0.1600	0.0830	0.0663	0.0770
5	3.4	0.2000	0.3093	0.2944	0.1093
6	4.0	0.2400	0.3557	0.3439	0.1157
7	4.2	0.2800	0.3701	0.3593	0.0901
8	5.7	0.3200	0.4635	0.4604	0.1435

Caudal de diseño:
 Caudal (Q): m3/s
 Período de retorno (T): años
 Probabilidad (P): %
 Q=f(T) T=f(Q) P(Q<q) P(Q>q)

Parámetros distribución log-normal:
Con momentos ordinarios:
 De escala (μy): 1.857
 De forma (Sy): 1.2718
Con momentos lineales:
 De escala (μy): 1.857
 De forma (Sy): 1.1711

Tipo de ajuste:
 Parámetros ordinarios
 Momentos lineales

Nivel significación:
 0.20
 0.10
 0.05
 0.01

Ajuste con momentos ordinarios:
 Como el delta teórico 0.2421, es menor que el delta tabular 0.2776. Los datos se ajustan a la distribución logNormal 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%

Archivos y resultados:
 Crear Accesar Excel Reporte

Calcular Graficar Limpiar Imprimir Menú Principal

Figura 51

Distribución Gumbel

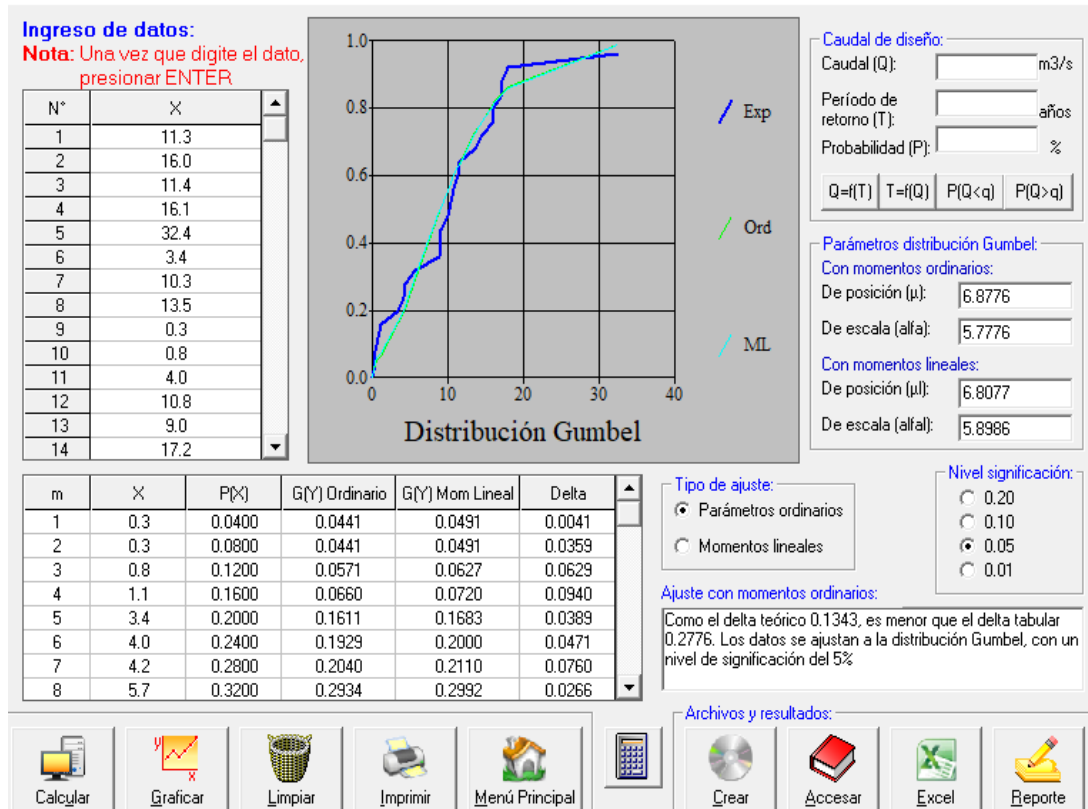


Figura 52

Distribución normal 5 años

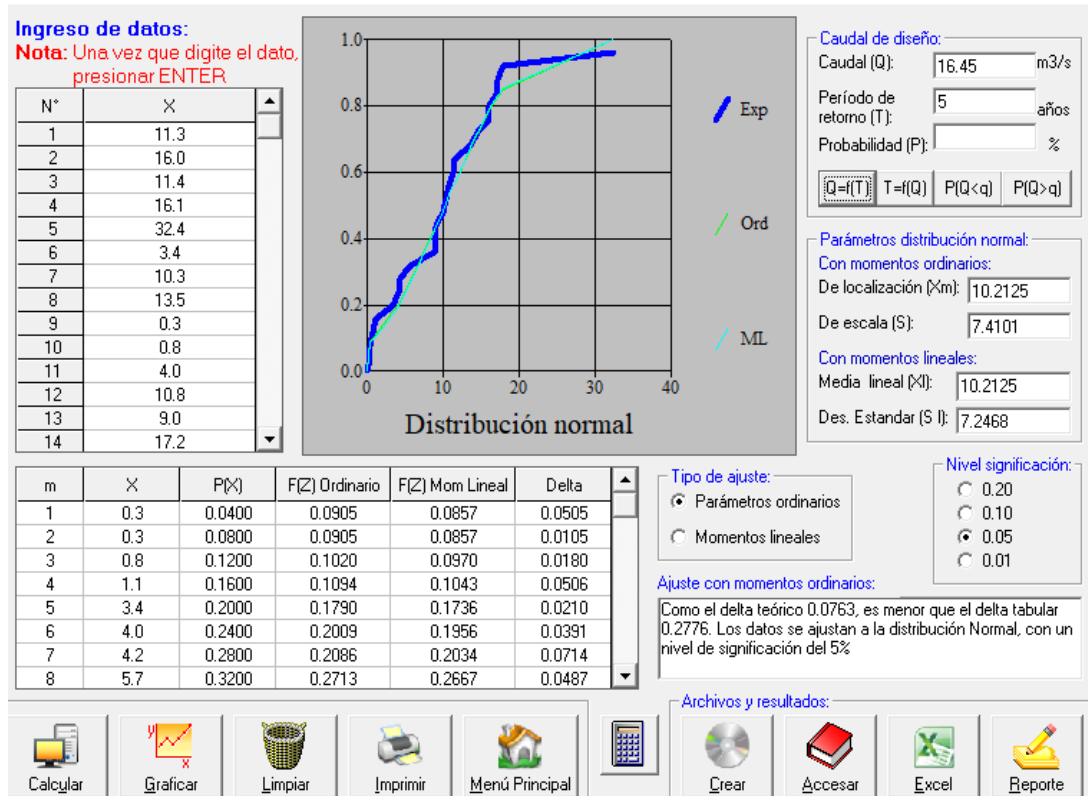


Figura 53

Distribución normal 10 años

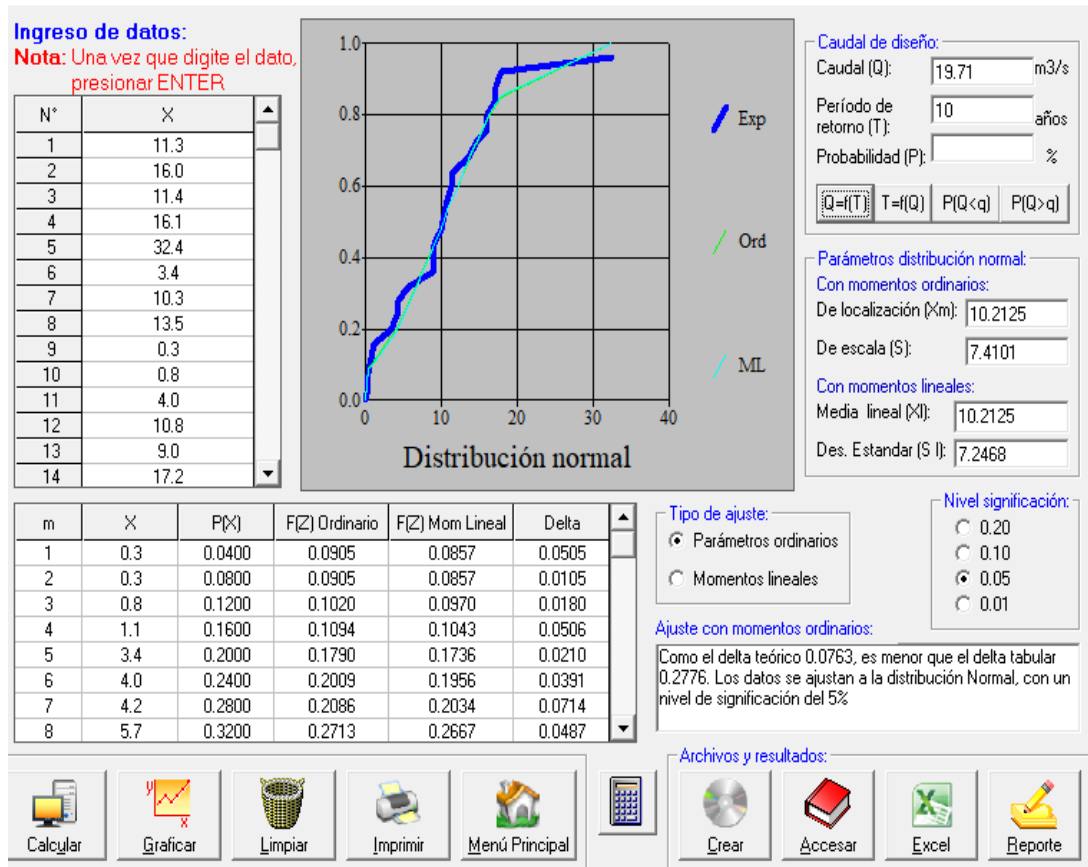


Figura 54

Distribución normal de 20 años

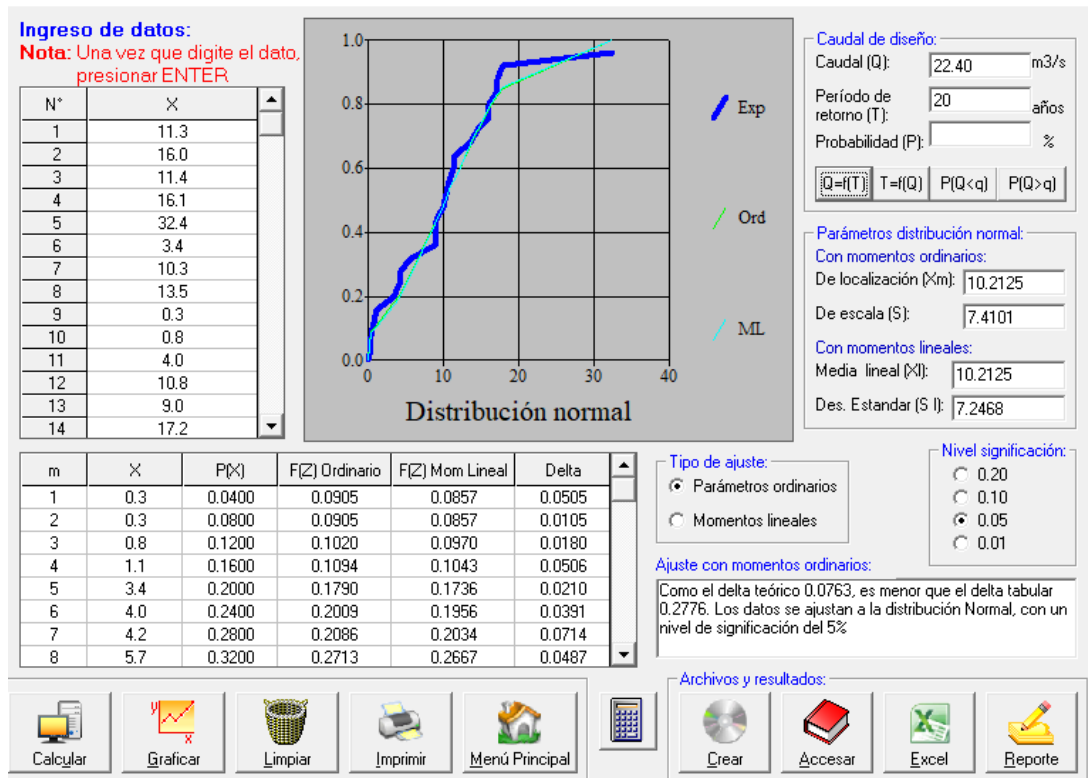


Figura 55

Distribución normal de 25 años

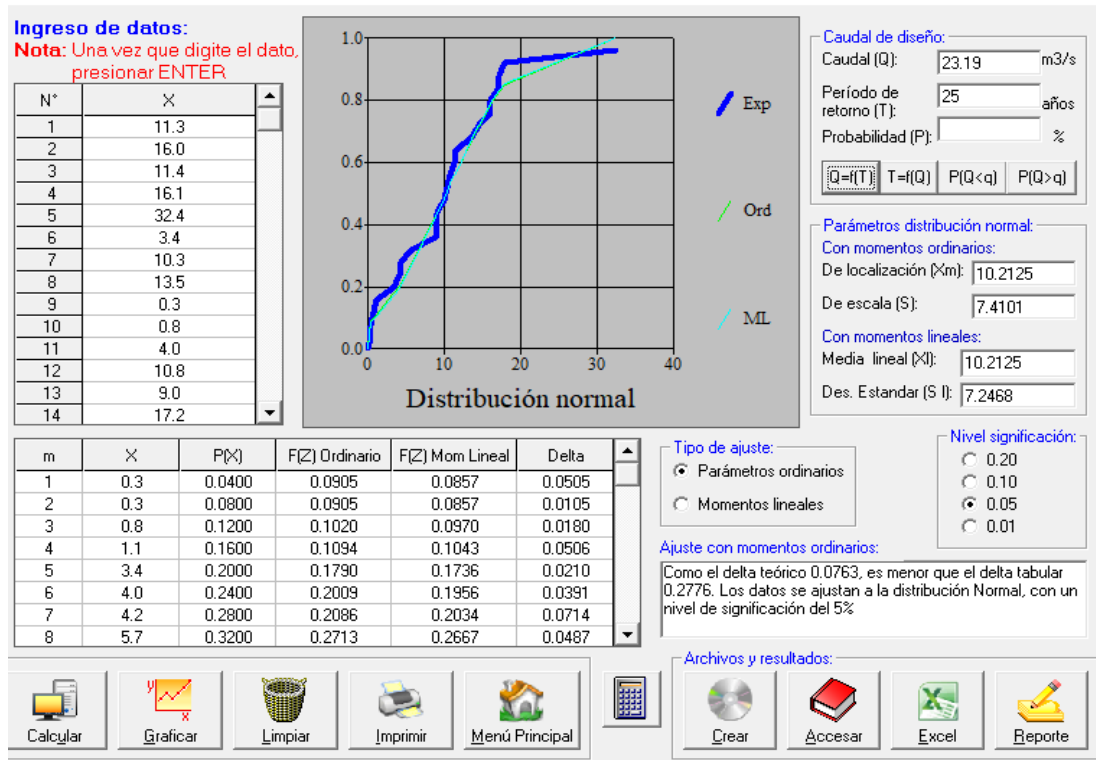
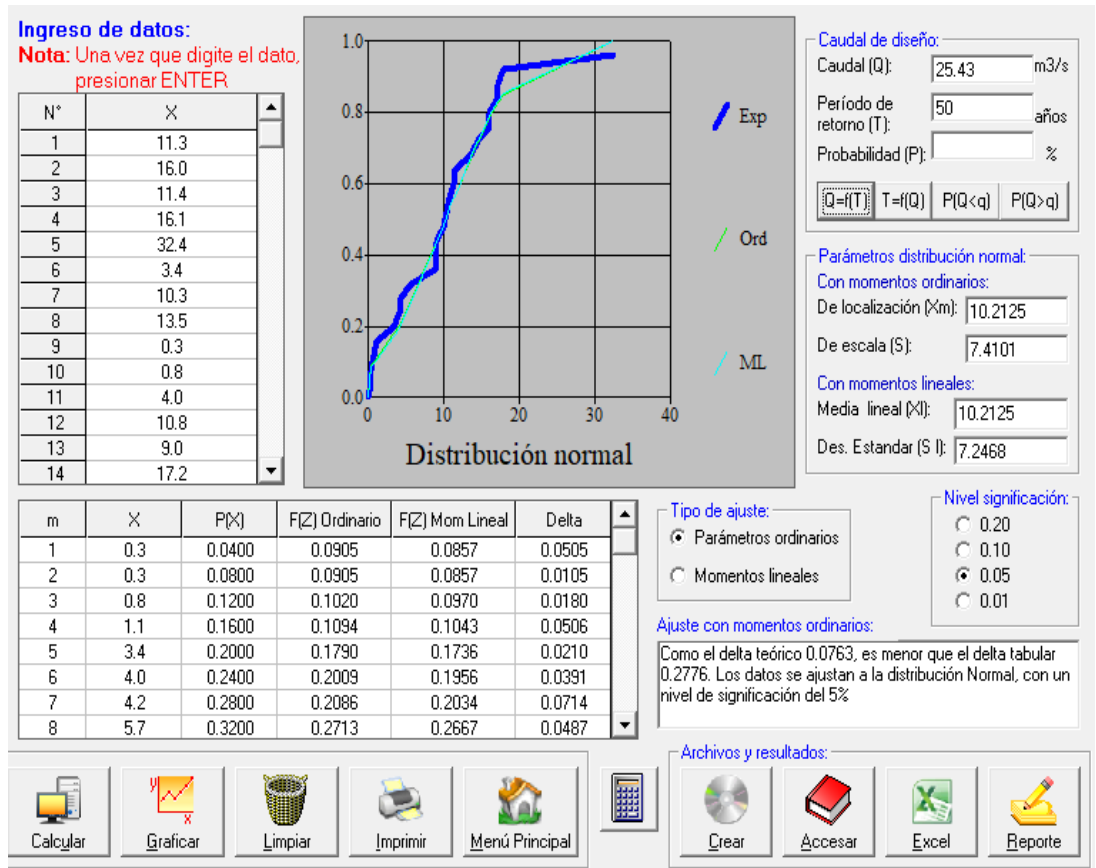


Figura 56

Distribución normal de 50 años



ANEXO 5 INTENSIDAD

Figura 57

Para 5 años parte 1

Datos:				
Per.Returno	:	5	(Dato)	
Pmax24h	:	16.45	normal	
Nº	Hora t	Precipitación de 24 horas		
		Tipo III	Pacum. (mm.)	I (mm./hr)
1	0.00	0.000	0.00	0.00
2	2.00	0.020	0.33	0.16
3	4.00	0.043	0.71	0.19
4	6.00	0.072	1.18	0.24
5	7.00	0.089	1.46	0.28
6	8.00	0.115	1.89	0.43
7	8.50	0.130	2.14	0.49
8	9.00	0.148	2.43	0.59
9	9.50	0.167	2.75	0.63
10	9.75	0.178	2.93	0.72
11	10.00	0.189	3.11	0.72
12	10.50	0.216	3.55	0.89
13	11.00	0.250	4.11	1.12
14	11.50	0.298	4.90	1.58
15	11.75	0.339	5.58	2.70
16	12.00	0.500	8.23	10.59
17	12.50	0.702	11.55	6.65
18	13.00	0.751	12.35	1.61
19	13.50	0.785	12.91	1.12
20	14.00	0.811	13.34	0.86
21	16.00	0.886	14.57	0.62
22	20.00	0.957	15.74	0.29
23	24.00	1.000	16.45	0.18

Para 15 minutos (0.25 horas)	Para 30 minutos (0.5 horas)	Para 60 minutos (1 hora)	Para 90 minutos (1.5 horas)	Para 120 minutos (2 horas)	Para 180 minutos (3 horas)	Para 240 minutos (4 horas)	Para 300 minutos (5 horas)	Para 360 minutos (6 horas)	Para 720 minutos (12 horas)	Para 1440 minutos (24 horas)
0.72	0.49	0.28	0.45	0.18	0.25	0.18	0.23	0.20	0.69	0.69
0.72	0.59	0.43	0.57	0.19	0.42	0.21	0.35	0.26	1.08	
2.70	0.63	0.54	0.65	0.24	0.55	0.30	0.59	0.40	1.16	
10.59	0.72	0.67	0.75	0.71	0.74	0.48	1.35	1.17	1.15	
	0.89	1.00	0.91	0.61	0.92	0.66	2.08	1.81	0.69	
	1.12	4.11	1.20	0.71	1.93	1.58	2.18	1.91		
	1.58	4.13	3.11	0.84	2.93	2.35	2.75	1.91		
	6.65	0.99	4.96	1.08	3.08	2.48	2.09	0.40		
	6.65	0.61	4.97	1.32	3.12	2.54				
	1.61	0.81	3.13	2.56	3.08	2.56				
	1.12	1.35	1.20	4.00	0.74	1.59				
	0.86	6.65		4.12		0.29				
		1.37		4.01		0.18				
10.59	6.65	6.65	4.97	4.12	3.12	2.56	2.18	1.91	1.16	0.69

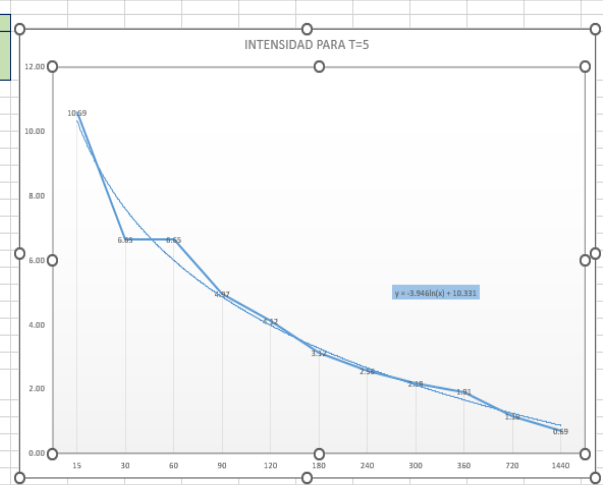
Figura 58

Para 5 años parte 2

Nº	TIEMPOS (minutos)	INTENSIDAD I: s	C1			C2			C3		
1	15	10.59	0.33	1.33	2.33						
2	30	6.65									
3	60	6.65									
4	90	4.97									
5	120	4.12									
6	180	3.12									
7	240	2.56									
8	300	2.18									
9	360	1.91									
10	720	1.16									
11	1440	0.69									

INTENSIDADES DE DISEÑO PARA TIEMPOS INTERMEDIOS Y REAJUSTADOS CON LÍNEA DE AJUSTE DE TENDENCIA, CALCULADOS USANDO LA ECUACIÓN DEL GRÁFICO

N	TIEMPOS	X	INTENSIDADES
1	5	0.33	14.67
2	20	1.33	9.20
3	40	2.33	6.99
4	60	3	6.00
5	90	4	4.66
6	120	5	3.98
7	180	6	3.26
8	240	7	2.65
9	300	8	2.13
10	360	9	1.66
11	720	10	1.24
12	1440	11	0.87



DATOS DE LA ECUACIÓN
-3.946 10.331

HISTOGRAMA SCS TIPO III

Figura 59

Para 10 años parte 1

Dato:			
Per.Returno	:	10	(Dato)
Pmáx24h	:	19.71	normal

Nº	Hora t	Precipitación de 24 horas		
		Tipo III	Pacum. (mm.)	I (mm./hr)
1	0.00	0.000	0.00	0.00
2	2.00	0.020	0.39	0.20
3	4.00	0.043	0.85	0.23
4	6.00	0.072	1.42	0.29
5	7.00	0.089	1.75	0.34
6	8.00	0.115	2.27	0.51
7	8.50	0.130	2.56	0.59
8	9.00	0.148	2.92	0.71
9	9.50	0.167	3.29	0.75
10	9.75	0.178	3.51	0.87
11	10.00	0.189	3.73	0.87
12	10.50	0.216	4.26	1.06
13	11.00	0.230	4.93	1.34
14	11.50	0.298	5.87	1.89
15	11.75	0.339	6.68	3.23
16	12.00	0.500	9.86	12.69
17	12.50	0.702	13.84	7.96
18	13.00	0.751	14.80	1.93
19	13.50	0.785	15.47	1.34
20	14.00	0.811	15.98	1.02
21	16.00	0.886	17.46	0.74
22	20.00	0.937	18.86	0.35
23	24.00	1.000	19.71	0.21

Para 15 minutos (0.25 horas)	Para 30 minutos (0.5 horas)	Para 60 minutos (1 hora)	Para 90 minutos (1.5 horas)	Para 120 minutos (2 horas)	Para 180 minutos (3 horas)	Para 240 minutos (4 horas)	Para 300 minutos (5 horas)	Para 360 minutos (6 horas)	Para 720 minutos (12 horas)	Para 1440 minutos (24 horas)
0.87	0.59	0.34	0.54	0.20	0.30	0.21	0.27	0.24	0.82	0.82
0.87	0.71	0.51	0.68	0.23	0.50	0.26	0.41	0.31	1.30	
3.23	0.75	0.65	0.78	0.29	0.66	0.35	0.70	0.48	1.38	
12.69	0.87	0.81	0.89	0.83	0.89	0.58	1.62	1.41	1.38	
1.06	1.20	1.09	0.73	1.10	0.79	2.51	2.17	0.82		
1.34	4.93	1.43	0.85	2.31	1.90	2.61	2.29			
1.89	4.95	3.73	1.01	3.51	2.82	2.58	2.29			
7.96	1.18	5.94	1.29	3.69	2.97	2.51	0.48			
7.96	0.73	5.95	1.59	3.74	3.05					
1.93	0.97	3.74	3.06	3.69	3.06					
1.34	1.62	1.43	4.79	0.89	1.90					
1.02	7.96		4.94	0.35						
	1.64		4.80	0.21						
12.69	7.96	7.96	5.95	4.94	3.74	3.06	2.61	2.29	1.38	0.82

Figura 60

Para 10 años parte 2

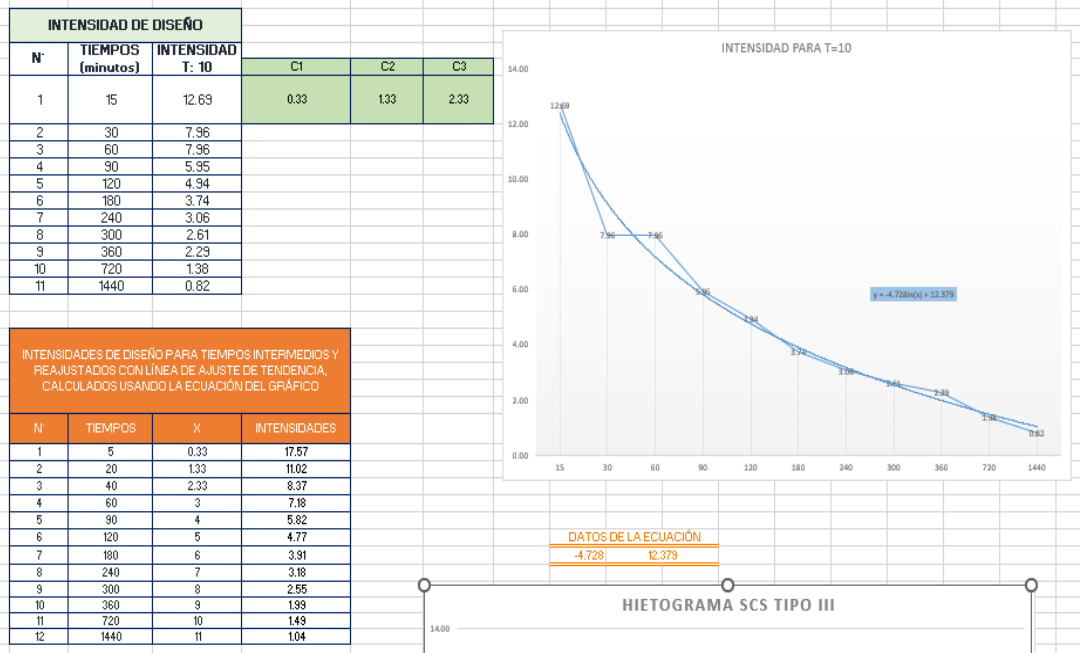


Figura 61

Para 20 años parte 1

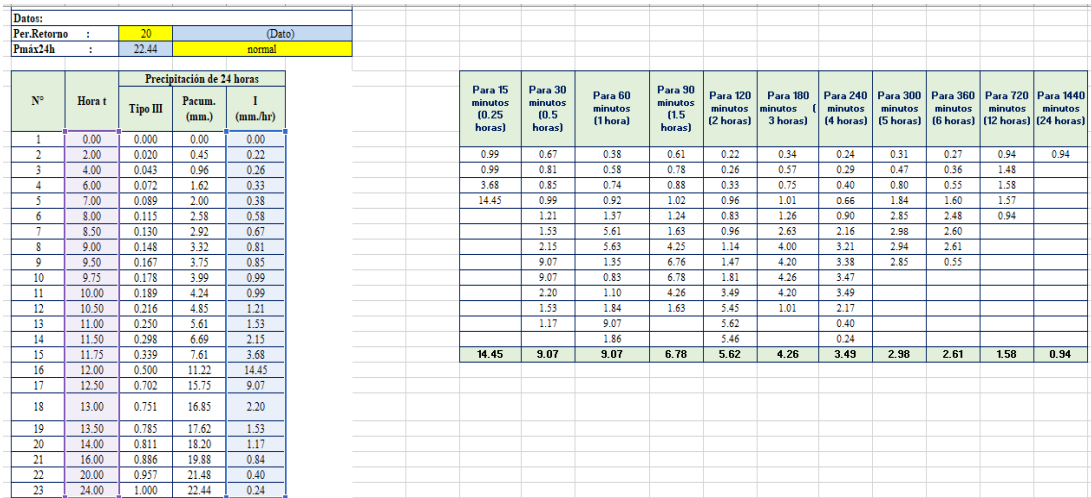


Figura 62

Para 20 años parte 2

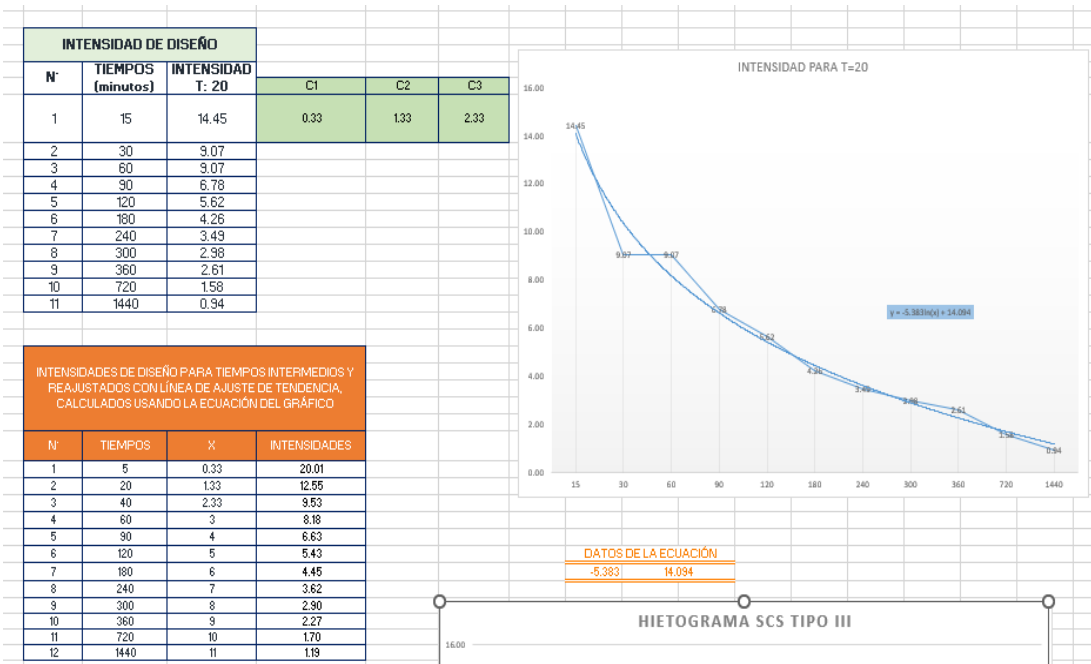


Figura 63

Para 25 años parte 1

Datos:			
Per.Returno :	25	(Dato)	
Pmáx24h :	23.19	normal	

Nº	Hora t	Precipitación de 24 horas		
		Tipo III	Pacum. (mm.)	I (mm./hr)
1	0.00	0.000	0.00	0.00
2	2.00	0.020	0.46	0.23
3	4.00	0.043	1.00	0.27
4	6.00	0.072	1.67	0.34
5	7.00	0.089	2.06	0.39
6	8.00	0.115	2.67	0.60
7	8.50	0.130	3.01	0.70
8	9.00	0.148	3.43	0.83
9	9.50	0.167	3.87	0.88
10	9.75	0.178	4.13	1.02
11	10.00	0.189	4.38	1.02
12	10.50	0.216	5.01	1.25
13	11.00	0.230	5.80	1.58
14	11.50	0.298	6.91	2.23
15	11.75	0.339	7.86	3.80
16	12.00	0.500	11.60	14.93
17	12.50	0.702	16.28	9.37
18	13.00	0.751	17.42	2.27
19	13.50	0.785	18.20	1.58
20	14.00	0.811	18.81	1.21
21	16.00	0.886	20.55	0.87
22	20.00	0.937	22.19	0.41
23	24.00	1.000	23.19	0.25

Para 15 minutos (0.25 horas)	Para 30 minutos (0.5 horas)	Para 60 minutos (1 hora)	Para 90 minutos (1.5 horas)	Para 120 minutos (2 horas)	Para 180 minutos (3 horas)	Para 240 minutos (4 horas)	Para 300 minutos (5 horas)	Para 360 minutos (6 horas)	Para 720 minutos (12 horas)	Para 1440 minutos (24 horas)
1.02	0.70	0.39	0.63	0.23	0.36	0.25	0.32	0.28	0.97	0.97
1.02	0.83	0.60	0.80	0.27	0.59	0.30	0.49	0.37	1.53	
3.80	0.88	0.77	0.91	0.34	0.77	0.42	0.83	0.56	1.63	
14.93	1.02	0.95	1.05	1.00	1.04	0.68	1.91	1.65	1.63	
1.25	1.41	1.28	0.86	1.30	0.93	2.95	2.56	0.97		
1.58	5.80	1.69	1.00	2.72	2.23	3.07	2.69			
2.23	5.82	4.39	1.18	4.14	3.32	3.04	2.69			
9.37	1.39	6.99	1.52	4.34	3.50	2.95	0.56			
9.37	0.86	7.00	1.87	4.40	3.58					
2.27	1.14	4.41	3.61	4.34	3.61					
1.58	1.90	1.69	5.64	1.04	2.24					
1.21	9.37		5.81		0.41					
	1.92		5.65		0.25					
14.93	9.37	9.37	7.00	5.61	4.40	3.61	3.07	2.69	1.63	0.97

Figura 64

Para 25 años parte 2

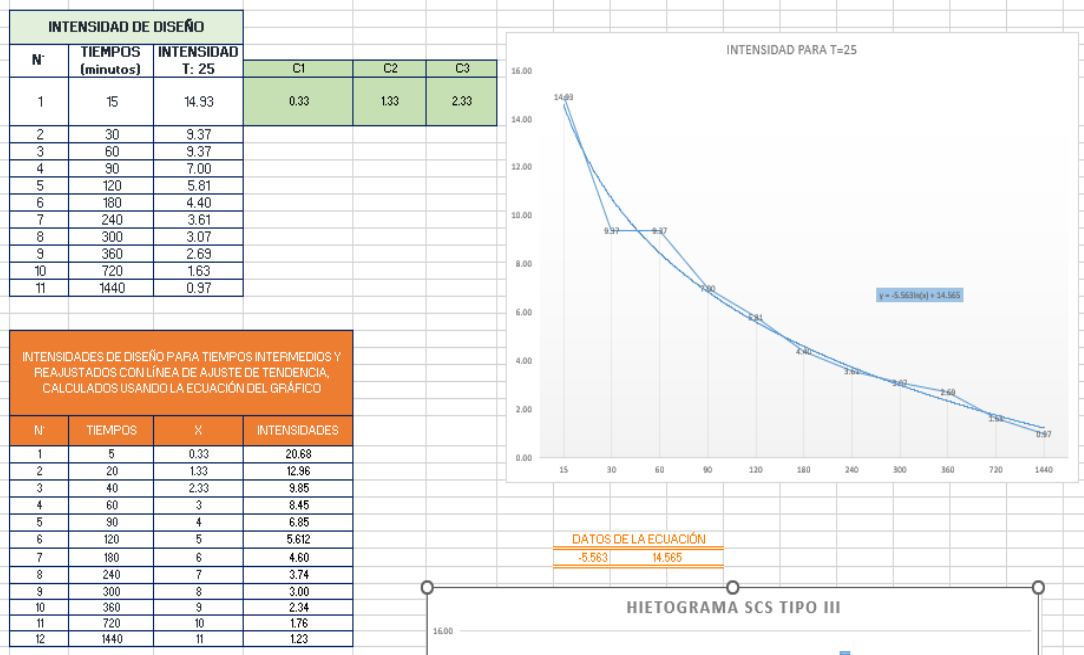


Figura 65

Para 50 años parte 1

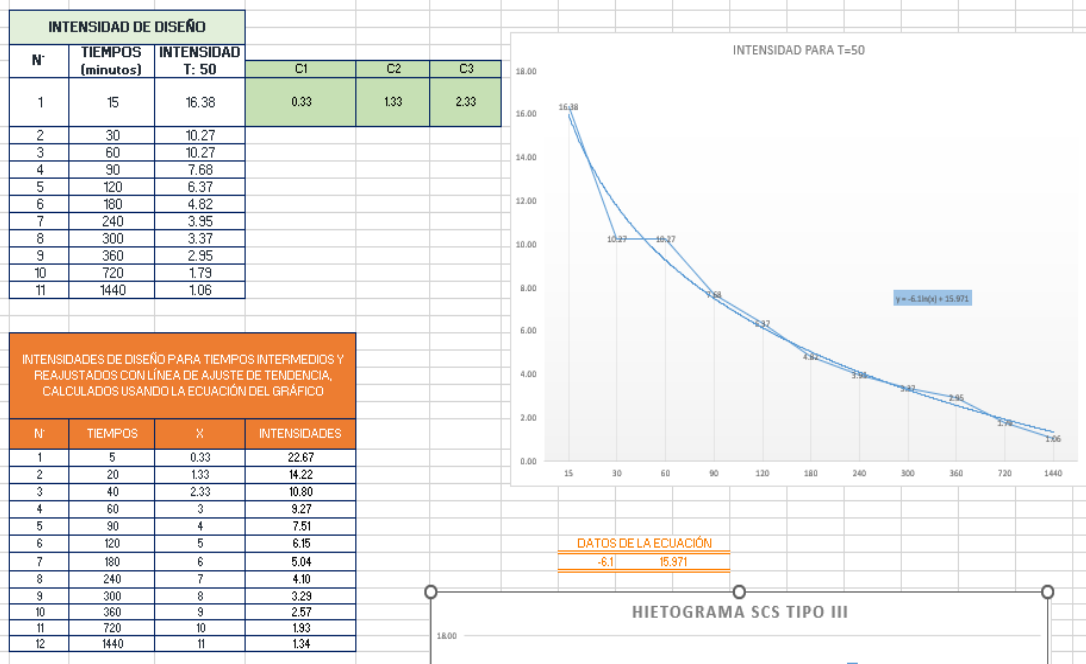
Datos:			
Per.Returno	50	(Dato)	
Pmax24h	25.43	normal	

Nº	Hora t	Precipitación de 24 horas		
		Tipo III	Pacum. (mm.)	I (mm./hr)
1	0.00	0.000	0.00	0.00
2	2.00	0.020	0.51	0.25
3	4.00	0.043	1.09	0.29
4	6.00	0.072	1.83	0.37
5	7.00	0.089	2.26	0.43
6	8.00	0.115	2.92	0.66
7	8.50	0.130	3.31	0.76
8	9.00	0.148	3.76	0.92
9	9.50	0.167	4.25	0.97
10	9.75	0.178	4.53	1.12
11	10.00	0.189	4.81	1.12
12	10.50	0.216	5.49	1.37
13	11.00	0.250	6.36	1.73
14	11.50	0.298	7.58	2.44
15	11.75	0.339	8.62	4.17
16	12.00	0.500	12.72	16.38
17	12.50	0.702	17.85	10.27
18	13.00	0.751	19.10	2.49
19	13.50	0.785	19.96	1.73
20	14.00	0.811	20.62	1.32
21	16.00	0.886	22.53	0.95
22	20.00	0.937	24.34	0.45
23	24.00	1.000	25.43	0.27

Para 15 minutos (0.25 horas)	Para 30 minutos (0.5 horas)	Para 60 minutos (1 hora)	Para 90 minutos (1.5 horas)	Para 120 minutos (2 horas)	Para 180 minutos (3 horas)	Para 240 minutos (4 horas)	Para 300 minutos (5 horas)	Para 360 minutos (6 horas)	Para 720 minutos (12 horas)	Para 1440 minutos (24 horas)
1.12	0.76	0.43	0.70	0.25	0.39	0.27	0.35	0.31	1.06	1.06
1.12	0.92	0.66	0.88	0.29	0.64	0.33	0.53	0.40	1.68	
4.17	0.97	0.84	1.00	0.37	0.85	0.46	0.91	0.62	1.79	
16.38	1.12	1.04	1.15	1.09	1.14	0.74	2.09	1.81	1.78	
	1.37	1.55	1.41	0.94	1.42	1.02	3.23	2.81	1.06	
	1.73	6.36	1.85	1.09	2.98	2.45	3.37	2.95		
	2.44	6.38	4.81	1.30	4.54	3.64	3.33	2.95		
	10.27	1.53	7.66	1.67	4.76	3.83	3.23	0.62		
	10.27	0.94	7.68	2.05	4.82	3.93				
	2.49	1.25	4.83	3.95	4.76	3.95				
	1.73	2.09	1.85	6.18	1.14	2.45				
	1.32	10.27		6.37		0.45				
		2.11		6.19		0.27				
16.38	10.27	10.27	7.68	6.37	4.82	3.95	3.37	2.95	1.79	1.06

Figura 66

Para 50 años parte 2



Pe

Figura 67

Pe de 5 años

DATOS							
Período de Retorno	5	años					Dato
Duración de lluvia (D)	120	mín.	2.000	horas			Dato
Intensidad (i)	3.980	mm./hr					
Precipitación acum.	7.960	mm.					
Intervalos de lluvia (Δt)	440k. Tipo III	horas	indicado	horas			Dato
Número de Intervalos	indicado	horas					
Precipitación por c/ Δt	indicado	horas					
Número de Curva (CN)	70						Dato
Abstracción Máxima (S)	108.857	mm.	$S = \frac{25400}{CN} - 254$				
Abstracción Inicial (Ia)	21.771	mm.	$I_a = 0.20 S$				
N°	Tiempo		Pérdidas acumuladas				
	minutos	horas	P (mm.)	Ia (mm.)	Fa (mm.)	Pe (mm.)	Pe (cm.)
1	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	120	2.000	7.960	7.960	0.000	0.000	0.000
3	240	4.000	15.921	15.921	0.000	0.000	0.000
4	360	6.000	23.881	21.771	2.069	0.040	0.004
5	420	7.000	27.861	21.771	5.767	0.323	0.032
6	480	8.000	31.841	21.771	9.217	0.853	0.085
7	510	8.500	33.831	21.771	10.857	1.203	0.120
8	540	9.000	35.821	21.771	12.444	1.606	0.161
9	570	9.500	37.812	21.771	13.980	2.060	0.206
10	585	9.750	38.807	21.771	14.730	2.305	0.231
11	600	10.000	39.802	21.771	15.468	2.562	0.256
12	630	10.500	41.792	21.771	16.910	3.110	0.311
13	660	11.000	43.782	21.771	18.308	3.702	0.370
14	690	11.500	45.772	21.771	19.665	4.336	0.434
15	705	11.750	46.767	21.771	20.328	4.668	0.467
16	720	12.000	47.762	21.771	20.981	5.009	0.501
17	750	12.500	49.752	21.771	22.259	5.721	0.572
18	780	13.000	51.742	21.771	23.500	6.470	0.647
19	810	13.500	53.732	21.771	24.707	7.254	0.725
20	840	14.000	55.722	21.771	25.879	8.071	0.807
21	960	16.000	63.683	21.771	30.261	11.651	1.165
22	1200	20.000	79.603	21.771	37.767	20.064	2.006
23	1440	24.000	95.524	21.771	43.965	29.787	2.979

Figura 68

Pe de 10 años

DATOS							
	Período de Retorno	10	años				Dato
	Duración de lluvia (D)	120	mín.	2.000	horas		Dato
	Intensidad (i)	4.770	mm./hr				
	Precipitación acum.	9.539	mm.				
	Intervalos de lluvia (Δt)	444. Tipo III	horas	indicado	horas		Dato
	Número de Intervalos	indicado	horas				
	Precipitación por $c/\Delta t$	indicado	horas				
	Número de Curva (CN)	70					Dato
	Abstracción Máxima (S)	108.857	mm.	$S = \frac{25400}{CN} - 254$			
	Abstracción Inicial (Ia)	21.771	mm.	$I_a = 0.20 S$			
N°	Tiempo		Pérdidas acumuladas				
	minutos	horas	P (mm.)	Ia (mm.)	Fa (mm.)	Pe (mm.)	Pe (cm.)
1	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	120	2.000	9.539	9.539	0.000	0.000	0.000
3	240	4.000	19.078	19.078	0.000	0.000	0.000
4	360	6.000	28.617	21.771	6.441	0.405	0.041
5	420	7.000	33.387	21.771	10.496	1.120	0.112
6	480	8.000	38.157	21.771	14.242	2.144	0.214
7	510	8.500	40.541	21.771	16.010	2.760	0.276
8	540	9.000	42.926	21.771	17.713	3.442	0.344
9	570	9.500	45.311	21.771	19.354	4.185	0.419
10	585	9.750	46.503	21.771	20.153	4.579	0.458
11	600	10.000	47.696	21.771	20.938	4.986	0.499
12	630	10.500	50.081	21.771	22.467	5.843	0.584
13	660	11.000	52.465	21.771	23.943	6.751	0.675
14	690	11.500	54.850	21.771	25.370	7.709	0.771
15	705	11.750	56.043	21.771	26.065	8.206	0.821
16	720	12.000	57.235	21.771	26.749	8.714	0.871
17	750	12.500	59.620	21.771	28.084	9.764	0.976
18	780	13.000	62.005	21.771	29.376	10.857	1.086
19	810	13.500	64.389	21.771	30.627	11.991	1.199
20	840	14.000	66.774	21.771	31.840	13.163	1.316
21	960	16.000	76.313	21.771	36.336	18.206	1.821
22	1200	20.000	95.392	21.771	43.918	29.702	2.970
23	1440	24.000	114.470	21.771	50.065	42.633	4.263

Figura 69

Pe de 20 años

DATOS							
	Período de Retorno	20	años				Dato
	Duración de lluvia (D)	120	mín.	2.000	horas		Dato
	Intensidad (i)	5.430	mm./hr				
	Precipitación acum.	10.861	mm.				
	Intervalos de lluvia (Δt)	7/480, Tipo III	horas	indicado	horas		Dato
	Número de Intervalos	indicado	horas				
	Precipitación por c/ Δt	indicado	horas				
	Número de Curva (CN)	70					Dato
	Abstracción Máxima (S)	108.857	mm.	$S = \frac{25400}{CN} - 254$			
	Abstracción Inicial (Ia)	21.771	mm.	$I_a = 0.20 S$			

N°	Tiempo		Pérdidas acumuladas				
	minutos	horas	P (mm.)	Ia (mm.)	Fa (mm.)	Pe (mm.)	Pe (cm.)
1	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	120	2.000	10.861	10.861	0.000	0.000	0.000
3	240	4.000	21.722	21.722	0.000	0.000	0.000
4	360	6.000	32.582	21.771	9.834	0.977	0.098
5	420	7.000	38.013	21.771	14.133	2.109	0.211
6	480	8.000	43.443	21.771	18.074	3.598	0.360
7	510	8.500	46.158	21.771	19.924	4.463	0.446
8	540	9.000	48.874	21.771	21.700	5.403	0.540
9	570	9.500	51.589	21.771	23.406	6.411	0.641
10	585	9.750	52.946	21.771	24.235	6.940	0.694
11	600	10.000	54.304	21.771	25.047	7.485	0.749
12	630	10.500	57.019	21.771	26.626	8.622	0.862
13	660	11.000	59.734	21.771	28.147	9.816	0.982
14	690	11.500	62.450	21.771	29.612	11.066	1.107
15	705	11.750	63.807	21.771	30.325	11.710	1.171
16	720	12.000	65.165	21.771	31.026	12.368	1.237
17	750	12.500	67.880	21.771	32.389	13.719	1.372
18	780	13.000	70.595	21.771	33.706	15.118	1.512
19	810	13.500	73.310	21.771	34.978	16.561	1.656
20	840	14.000	76.026	21.771	36.208	18.046	1.805
21	960	16.000	86.886	21.771	40.743	24.371	2.437
22	1200	20.000	108.608	21.771	48.304	38.533	3.853
23	1440	24.000	130.329	21.771	54.354	54.204	5.420

Figura 70

Pe de 25 años

DATOS:							
	Período de Retorno (T)	25	años				Dato
	Duración de lluvia (D)	120	mín.	2.000	horas		Dato
	Intensidad (i)	5.612	mm./hr				
	Precipitación acum. (P)	11.223	mm.				
	Intervalos de lluvia (Δt)	rd ús. Tipo III	horas	indicado	horas		Dato
	Número de Intervalos	indicado	horas				
	Precipitación por $c/\Delta t$	indicado	horas				
	Número de Curva (CN)	70					Dato
	Abstracción Máxima (S)	108.857	mm.	$S = \frac{25400}{CN} - 254$			
	Abstracción Inicial (Ia)	21.771	mm.	$I_a = 0.20 S$			
N°	Tiempo		Pérdidas acumuladas				
	minutos	horas	P (mm.)	Ia (mm.)	Fa (mm.)	Pe (mm.)	Pe (cm.)
1	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	120	2.000	11.223	11.223	0.000	0.000	0.000
3	240	4.000	22.447	21.771	0.671	0.004	0.000
4	360	6.000	33.670	21.771	10.726	1.172	0.117
5	420	7.000	39.282	21.771	15.084	2.426	0.243
6	480	8.000	44.894	21.771	19.071	4.051	0.405
7	510	8.500	47.699	21.771	20.940	4.988	0.499
8	540	9.000	50.505	21.771	22.733	6.001	0.600
9	570	9.500	53.311	21.771	24.454	7.085	0.709
10	585	9.750	54.714	21.771	25.289	7.653	0.765
11	600	10.000	56.117	21.771	26.108	8.237	0.824
12	630	10.500	58.923	21.771	27.698	9.453	0.945
13	660	11.000	61.729	21.771	29.229	10.729	1.073
14	690	11.500	64.535	21.771	30.702	12.061	1.206
15	705	11.750	65.937	21.771	31.419	12.747	1.275
16	720	12.000	67.340	21.771	32.122	13.447	1.345
17	750	12.500	70.146	21.771	33.492	14.883	1.488
18	780	13.000	72.952	21.771	34.813	16.368	1.637
19	810	13.500	75.758	21.771	36.089	17.898	1.790
20	840	14.000	78.564	21.771	37.321	19.471	1.947
21	960	16.000	89.787	21.771	41.861	26.155	2.616
22	1200	20.000	112.234	21.771	49.406	41.057	4.106
23	1440	24.000	134.681	21.771	55.423	57.486	5.749
24							

Figura 71

Pe de 50 años

DATOS						
Período de Retorno	50	años				Dato
Duración de lluvia (D)	120	mín.	2.000	horas		Dato
Intensidad (i)	6.153	mm./hr				
Precipitación acum.	12.307	mm.				
Intervalos de lluvia (Δt)	77 Dist. Tipo III	horas	indicado	horas		Dato
Número de Intervalos	indicado	horas				
Precipitación por c/dt	indicado	horas				
Número de Curva (CN)	70					Dato
Abstracción Máxima (S)	108.857	mm.	$S = \frac{25400}{CN} - 254$			
Abstracción Inicial (Ia)	21.771	mm.	$I_a = 0.20 S$			

N°	Tiempo		Pérdidas acumuladas				
	minutos	horas	P (mm.)	Ia (mm.)	Fa (mm.)	Pe (mm.)	Pe (cm.)
1	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	120	2.000	12.307	12.307	0.000	0.000	0.000
3	240	4.000	24.614	21.771	2.770	0.072	0.007
4	360	6.000	36.921	21.771	13.298	1.851	0.185
5	420	7.000	43.074	21.771	17.816	3.486	0.349
6	480	8.000	49.227	21.771	21.926	5.530	0.553
7	510	8.500	52.304	21.771	23.845	6.688	0.669
8	540	9.000	55.381	21.771	25.681	7.929	0.793
9	570	9.500	58.458	21.771	27.439	9.247	0.925
10	585	9.750	59.996	21.771	28.290	9.934	0.993
11	600	10.000	61.534	21.771	29.124	10.638	1.064
12	630	10.500	64.611	21.771	30.742	12.098	1.210
13	660	11.000	67.688	21.771	32.294	13.622	1.362
14	690	11.500	70.764	21.771	33.787	15.206	1.521
15	705	11.750	72.303	21.771	34.511	16.020	1.602
16	720	12.000	73.841	21.771	35.222	16.848	1.685
17	750	12.500	76.918	21.771	36.603	18.543	1.854
18	780	13.000	79.995	21.771	37.934	20.289	2.029
19	810	13.500	83.071	21.771	39.216	22.084	2.208
20	840	14.000	86.148	21.771	40.453	23.923	2.392
21	960	16.000	98.455	21.771	44.990	31.693	3.169
22	1200	20.000	123.069	21.771	52.471	48.827	4.883
23	1440	24.000	147.682	21.771	58.382	67.529	6.753

Hidrograma Unitario

Figura 72

5 años p-1

CUADRO N° 10: CÁLCULO DEL HIDROGRAMA UNITARIO SINTÉTICO DE SNYDER Y EL HIDROGRAMA DE CUENCA PARA T=5, D=120							
DATOS				Cálculos			DATOS PARA COMPARACIÓN ES DE HS
Longitud del curso principal (L)	10.000	km	Dato	Pendiente	0.000	m/m	
Longitud del curso del CG de salida Lc	25.000	km	Dato	Retardo de la cuenca (Tp)	5.896	hr	Tiempo (h)
Cota máxima				Tiempo de duración estándar (Ds)	1.072	hr	Q (m3/s)
Cota mínima				Caudal pico por unidad de área por unidad de lluvia (ap)	0.292	(m3/s.cm)	
Área	30.000	km²	Dato	Tiempo base (tb)	19.072	hr	
Constante 1 que depende de S. Unid. (C1)	0.750		Dato	Ancho al 50% de la descarga pico (W50%)	8.101	hr	
Parámetro 1 de la cuenca (Ct)	1.500	Usé promedio	Dato	Un tercio del ancho del pico al 50%	2.700	hr	
Constante 2 que depende de S. Unid (C2)	2.750		Dato	Dos tercios del ancho después del pico al 50%	5.401	hr	
Parámetro 2 de la cuenca (Cp)	0.625		Dato	Ancho 75% de la descarga pico (W75%)	4.619	hr	
Constante 3 que depende de S. Unid (C3)	5.560		Dato	Un tercio del ancho de pico al 75%	1.540	hr	
Constante Cw para el 50% de la descarga pico (Cw50)	2.140		Dato	Dos tercios del ancho después del pico al 75%	3.079	hr	
Constante Cw para el 75% de la descarga pico (Cw75)	1.220		Dato	Coordenadas x del C.G. de la lluvia	0.536	hr	
Intensidad (i)	3.980	mm/hr		Coordenadas X del pico	6.432	hr	
Duración	2.000	horas	120 min	Coordenadas Y del pico	8.746	m3/seg.cm	
Precipitación efectiva	25.787	mm	2.98 cm				
Caudal base	0.000	m3/s	0 m3/s				
CARACTERIZACIÓN DEL NÚMERO DE CURVA (CN):							
Número de curva (CN) para pastizal regular	70						

Figura 73

5 años p-2

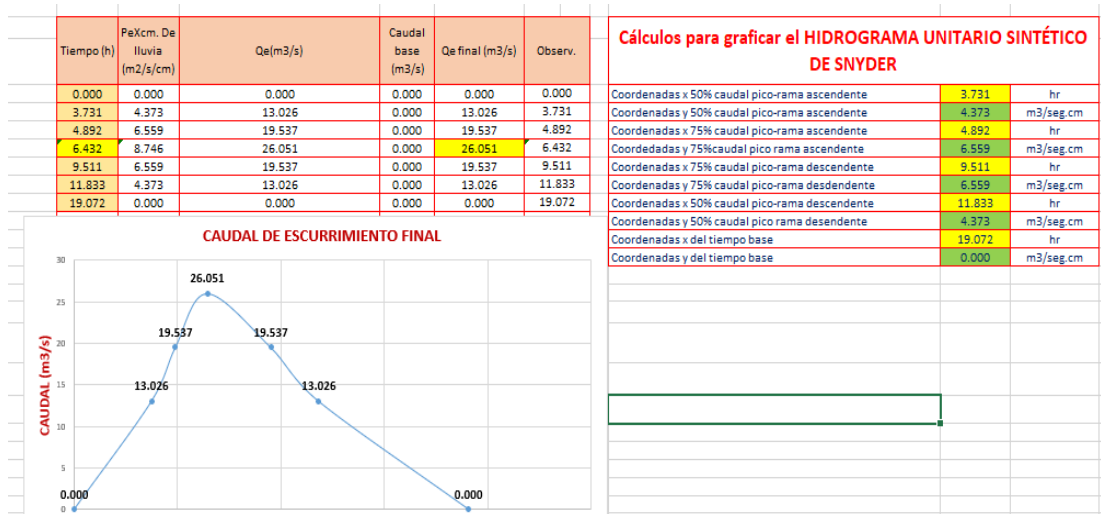


Figura 74

10 años p-2

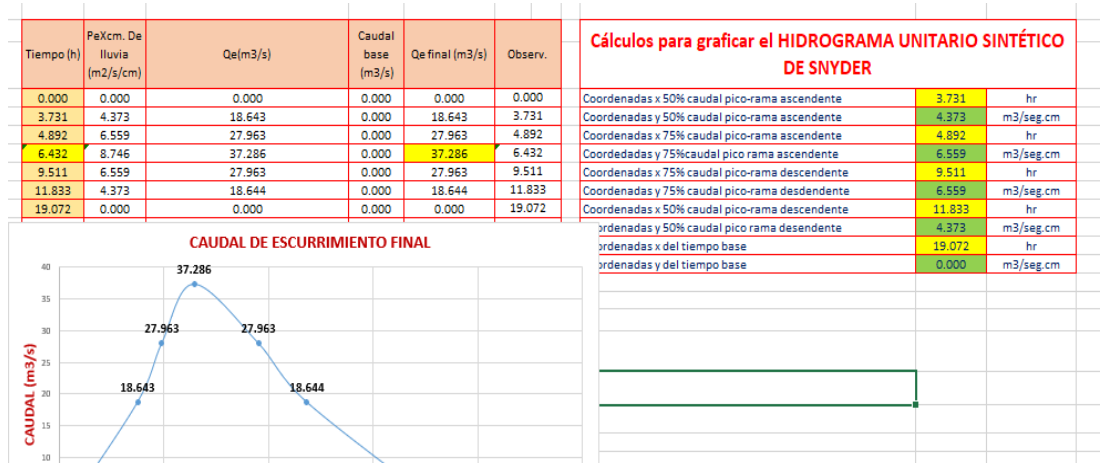


Figura 75

20 años p-2

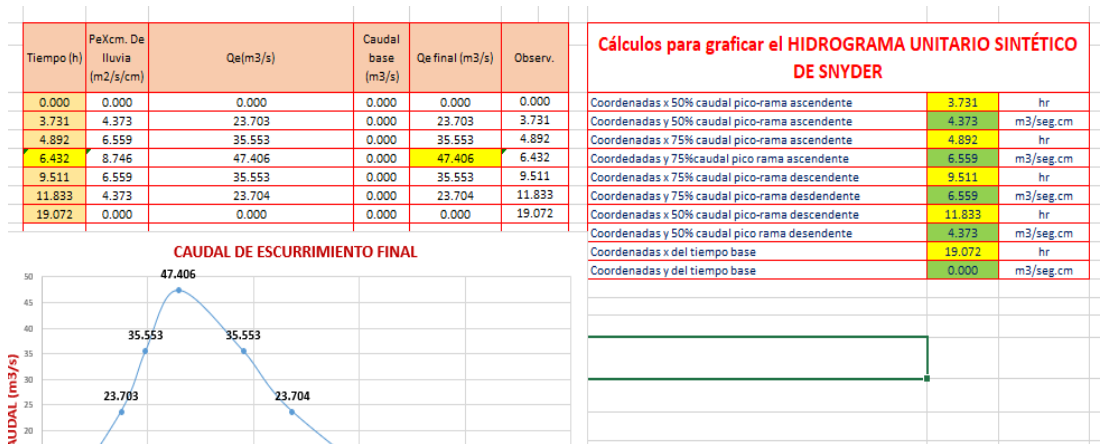


Figura 76

25 años p-2

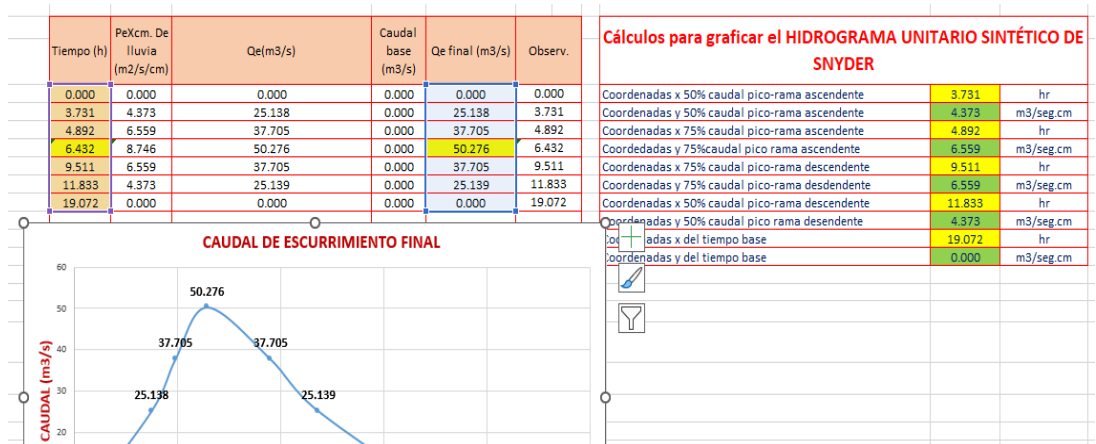


Figura 77

50 años p-2

