

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

“Generación de escorrentía y precipitaciones para el cálculo de la disponibilidad de agua de la cuenca del río Quera en el distrito de Santa María del Valle – Huánuco 2024”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Arévalo Malpartida, Victor André

ASESOR: Trujillo Ariza, Yelen Lisseth

HUÁNUCO – PERÚ

2025

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 Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 47247449

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 70502371

Grado/Título: Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental

Código ORCID: 0000-0002-5650-3745

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Taboada Trujillo, William Paolo	Doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible	40847625	0000-0002-4594-1491
2	Cecilio Reyes, Fatima Rosaria	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	47064856	0009-0001-5016-5538
3	Valdivieso Echevarria, Martin Cesar	Maestro en gestión pública	22416570	0000-0002-0579-5135

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las 16:30 horas del día miércoles 10 de diciembre de 2025, 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:

- | | |
|--|------------|
| ❖ DR. WILLIAM PAOLO TABOADA TRUJILLO | PRESIDENTE |
| ❖ MG. FATIMA ROSARIO CECILIO REYES | SECRETARIO |
| ❖ MG. MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRIA | VOCAL |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 2718-2025-D-FI-UDH para evaluar la Tesis intitulada: “GENERACIÓN DE ESCORRENTÍA Y PRECIPITACIONES PARA EL CÁLCULO DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA DE LA CUENCA DEL RÍO QUERA EN EL DISTRITO DE SANTA MARÍA DEL VALLE – HUÁNUCO, 2024”, presentado por el (la) Bachiller. Bach: Victor Andre AREVALO MALPARTIDA, 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) APROBADO... por UNANIMIDAD... con el calificativo cuantitativo de12.... y cualitativo de SUFICIENTE..... (Art. 47).

Siendo las ...5:45... horas del día 10 del mes de diciembre del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


DR. WILLIAM PAOLO TABOADA TRUJILLO
DNI: 40847625
ORCID: 0000-0002-4594-1491
PRÉSIDENTE


MG. FATIMA ROSARIO CECILIO REYES
DNI: 47064856
ORCID: 0009-0001-5016-5538
SECRETARIO (A)


MG. MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRIA
DNI: 22416570
ORCID: 0000-0002-0579-5135
VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: VICTOR ANDRÉ ARÉVALO MALPARTIDA , de la investigación titulada "GENERACIÓN DE ESCORRENTÍA Y PRECIPITACIONES PARA EL CALCULO DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA DE LA CUENCA DEL RIO QUERA EN EL DISTRITO DE SANTAMARIA DEL VALLE - HUÁNUCO 2024", con asesor(a) YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 1231-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 17 % 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.

Huánuco, 30 de mayo 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



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorioinstitucional.uaslp.mx Fuente de Internet	3%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.ujcm.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	distancia.udh.edu.pe Fuente de Internet	1%



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

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada paso de este camino, por darme la sabiduría y perseverancia necesarias para alcanzar esta meta.

A mis padres, cuya fe inquebrantable en mí ha sido el pilar fundamental de mi vida. Gracias por su amor, apoyo constante y sacrificios, que me han motivado a superar cada desafío.

A mis hermanos, por su compañía, alegrías compartidas y palabras de aliento en los momentos más difíciles. Su confianza en mí ha sido un impulso invaluable.

A mis profesores y mentores, quienes con paciencia y dedicación me han proporcionado el conocimiento y las herramientas necesarias para forjar mi camino profesional.

A mis amigos, por estar siempre presentes con su amistad sincera y su comprensión, brindándome momentos de alegría y apoyo incondicional.

A todos aquellos que, de una u otra manera, han dejado una huella en este proceso, gracias por ser parte de esta etapa tan significativa de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de este trabajo

A Dios, por darme la fuerza, sabiduría y salud para completar esta etapa tan importante en mi vida

A mis padres, por su amor incondicional, sacrificio y constante apoyo a lo largo de mi formación académica. Sin su guía y motivación, este logro no habría sido posible.

A mis hermanos, por ser una fuente constante de inspiración y apoyo, y por siempre creer en mis capacidades.

A mis asesores y profesores, cuyo conocimiento, paciencia y orientación han sido fundamentales para el desarrollo de esta investigación. Agradezco profundamente su dedicación y el tiempo que han invertido en mi formación.

A mis compañeros de estudio y amigos, por compartir conmigo este camino, brindándome su apoyo, compañerismo y palabras de aliento en los momentos difíciles.

A las instituciones que facilitaron el acceso a la información y recursos necesarios para llevar a cabo este estudio, mi gratitud por su colaboración y disposición.

A todas las personas que, de alguna manera, contribuyeron a la culminación de este trabajo, les agradezco de corazón por su apoyo y confianza.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XIII
INTRODUCCIÓN	XIV
CAPITULO I	16
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	16
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	16
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	19
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	19
1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO	19
1.3. OBJETIVOS	20
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	20
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	20
1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	22
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA	23
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	25
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	27
1.6.1. VIABILIDAD OPERATIVA	27
1.6.2. VIABILIDAD TÉCNICA	29
1.6.3. VIABILIDAD ECONÓMICA – SOCIAL	30
CAPITULO II	31
MARCO TEÓRICO	31
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	31
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	31
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	33
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	35

2.2. BASES TEÓRICAS	36
2.2.1. ESCORRENTÍA	36
2.2.2. DISPONIBILIDAD DE AGUA	40
2.2.3. GLACIARES ANDINOS	43
2.2.4. DEMANDA HÍDRICO	44
2.2.5. ACTIVIDADES PRODUCTIVAS Y USOS DIVERSOS DEL AGUA	46
2.2.6. ACTIVIDADES PRODUCTIVAS Y USOS DEL AGUA EN EL PERÚ	47
2.2.7. CÁLCULO DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA Y ESCORRENTÍA FORMULAS.....	48
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES	50
2.4. HIPÓTESIS	50
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	50
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS:	50
2.5. VARIABLES	51
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE	51
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	51
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	52
CAPITULO III.....	53
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	53
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	53
3.1.1. ENFOQUE	53
3.1.2. ALCANCE O NIVEL.....	53
3.1.3. DISEÑO	53
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	54
3.2.1. POBLACIÓN	54
3.2.2. MUESTRA	54
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	55
3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	55
3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS.....	56
3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS	57
CAPITULO IV	58

RESULTADOS	58
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	58
4.1.1. PRECIPITACIÓN	58
4.1.2. ESCURRIMIENTO	82
4.1.3. DEMANDA	89
4.1.4. DISPONIBILIDAD DE AGUA SUPERFICIAL	94
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	95
CAPITULO V	98
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	98
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102
ANEXOS	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Demanda Hídrica	45
Tabla 2 Operacionalización de variables	52
Tabla 3 Precipitaciones máximas por mes de la estación Huánuco	60
Tabla 4 Precipitaciones máximas por mes de la estación Canchan	62
Tabla 5 Precipitaciones máximas por mes de la estación San Rafael	63
Tabla 6 Precipitaciones promedio por año	65
Tabla 7 Parámetros estadísticos para la estación Huánuco	72
Tabla 8 Resumen de los 3 métodos estadísticos para Huánuco	72
Tabla 9 Parámetros estadísticos para la estación Canchan	73
Tabla 10 Resumen de los 3 métodos estadísticos para Canchan	73
Tabla 11 Parámetros estadísticos para la estación San Rafael	74
Tabla 12 Resumen de los 3 métodos estadísticos para San Rafael	74
Tabla 13 Duración de las precipitaciones en Huánuco	75
Tabla 14 Intensidad máxima de las pp en Huánuco	75
Tabla 15 Periodo de retorno para $T = 20$ años	76
Tabla 16 Periodo de retorno para $T = 25$ años	77
Tabla 17 Periodo de retorno para $T = 50$ años	77
Tabla 18 Periodo de retorno para $T = 100$ años	77
Tabla 19 Regresión potencial $T = 20$ años	78
Tabla 20 Regresión potencial $T = 25$ años	78
Tabla 21 Regresión potencial $T = 50$ años	78
Tabla 22 Regresión potencial $T = 100$ años	79
Tabla 23 Cálculo de variables	79
Tabla 24 Tabla resumen de intensidad por años	79
Tabla 25 Descripción de la cuenca	82
Tabla 26 Datos de la cuenca	82
Tabla 27 Condiciones hidrológicas	83
Tabla 28 Datos Kirpitch	83
Tabla 29 Precipitaciones efectivas acumuladas	84
Tabla 30 Cuadro resumen de resultados de caudales	86
Tabla 31 Cuadro resumen estación Huánuco	86
Tabla 32 Volumen para cada periodo Huánuco	86

Tabla 33 Cuadro resumen estación Canchan	87
Tabla 34 Volumen para cada periodo Canchan	87
Tabla 35 Cuadro resumen estación San Rafael.....	87
Tabla 36 Volumen para cada periodo San Rafael.....	87
Tabla 37 Caudal y volumen ponderado en la cuenca del río Quera.....	88
Tabla 38 Datos de demanda para 20, 25, 50 y 100 años.....	94
Tabla 39 Disponibilidad de agua superficial	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Escorrentía	37
Figura 2 Captura de los coeficientes de escorrentía	39
Figura 3 Disponibilidad de Agua	42
Figura 4 Población, oferta hídrica y numero de cuencas según vertientes...	43
Figura 5 Grupo de montañas en el Perú/andes	44
Figura 6 Uso del Agua en escala	46
Figura 7 Disponibilidad Hídrica	49
Figura 8 Mes- Año y Precipitación máxima por estación.....	56
Figura 9 Formato para las precipitaciones por año.	56
Figura 10 Longitud de Cause.....	58
Figura 11 HidroEsta distribución normal para un T: 20 años.....	66
Figura 12 HidroEsta distribución normal para un T: 25 años.....	66
Figura 13 HidroEsta distribución normal para un T: 50 años.....	67
Figura 14 HidroEsta distribución normal para un T: 100 años.....	67
Figura 15 HidroEsta distribución log-normal para un T: 20 años.....	68
Figura 16 HidroEsta distribución log-normal para un T: 25 años.....	68
Figura 17 HidroEsta distribución log-normal para un T: 50 años.....	69
Figura 18 HidroEsta distribución log-normal para un T: 100 años.....	69
Figura 19 HidroEsta distribución Gumbel para un T: 20 años	70
Figura 20 HidroEsta distribución Gumbel para un T: 25 años	70
Figura 21 HidroEsta distribución Gumbel para un T: 50 años	71
Figura 22 HidroEsta distribución Gumbel para un T: 100 años	71
Figura 23 Grafica general Intensidad-duración-frecuencia.....	80
Figura 24 Grafica Intensidad-duración-frecuencia, T=20	80
Figura 25 Grafica Intensidad-duración-frecuencia, T=25	81
Figura 26 Grafica Intensidad-duración-frecuencia, T=50	81
Figura 27 Grafica Intensidad-duración-frecuencia, T=100	82
Figura 28 Áreas de cultivo Quera	90
Figura 29 HidroEsta distribución normal para un T: 20 años.....	119
Figura 30 HidroEsta distribución normal para un T: 25 años.....	119
Figura 31 HidroEsta distribución normal para un T: 50 años.....	120
Figura 32 HidroEsta distribución normal para un T: 100 años.....	120

Figura 33 HidroEsta distribución log-normal para un T: 20 años.....	121
Figura 34 HidroEsta distribución log-normal para un T: 25 años.....	121
Figura 35 HidroEsta distribución log-normal para un T: 50 años.....	122
Figura 36 HidroEsta distribución log-normal para un T: 100 años.....	122
Figura 37 HidroEsta distribución Gumbel para un T: 20 años	123
Figura 44 HidroEsta distribución Gumbel para un T: 25 años	123
Figura 39 HidroEsta distribución Gumbel para un T: 50 años	124
Figura 40 HidroEsta distribución Gumbel para un T: 100 años	124
Figura 41 HidroEsta distribución normal para un T: 20 años.....	125
Figura 42 HidroEsta distribución normal para un T: 25 años.....	125
Figura 43 HidroEsta distribución normal para un T: 50 años.....	126
Figura 44 HidroEsta distribución normal para un T: 100 años.....	126
Figura 45 HidroEsta distribución log-normal para un T: 20 años.....	127
Figura 46 HidroEsta distribución log-normal para un T: 25 años.....	127
Figura 47 HidroEsta distribución log-normal para un T: 50 años.....	128
Figura 48 HidroEsta distribución log-normal para un T: 100 años.....	128
Figura 49 HidroEsta distribución Gumbel para un T: 20 años	129
Figura 50 HidroEsta distribución Gumbel para un T: 25 años	129
Figura 51 HidroEsta distribución Gumbel para un T: 50 años	130
Figura 52 HidroEsta distribución Gumbel para un T: 100 años	130

RESUMEN

La gestión adecuada de los recursos hídricos es fundamental para garantizar el desarrollo sostenible en áreas donde el agua es un recurso limitado y esencial para las actividades humanas y productivas. En este contexto, la cuenca del río Quera, ubicada en el distrito de Santa María del Valle, Huánuco, se ha seleccionado como objeto de estudio debido a la importancia de los recursos hídricos en la región y la necesidad de evaluar su disponibilidad en el año 2024. Esta investigación tiene como objetivo principal evaluar la disponibilidad de agua superficial en la cuenca del río Quera mediante el análisis de las precipitaciones y la generación de escurrimientos, lo que permitirá obtener una visión integral de la capacidad de la cuenca para abastecer las necesidades hídricas de la población y las actividades económicas locales.

Para alcanzar este objetivo, se cuantificó la cantidad total de precipitación recibida en la cuenca utilizando datos de tres estaciones meteorológicas (Huánuco, Canchán, San Rafael) pertenecientes al SENAMHI, con registros históricos de precipitaciones máximas diarias desde 1999 hasta 2024, se estimó la generación de escurrimientos en función de los caudales máximos para diferentes períodos de retorno (20, 25, 50 y 100 años) y se determinó la disponibilidad de agua superficial para diversos usos, incluyendo el abastecimiento humano y agrícola. La metodología empleada incluyó el análisis de distribuciones de probabilidad (Normal, Log-Normal y Gumbel) mediante el software HidroEsta, la aplicación del método racional modificado para el cálculo de caudales, y el análisis de intensidades mediante el método SCS tipo III. Los resultados obtenidos revelan que la disponibilidad de agua en la cuenca del río Quera está estrechamente relacionada con las precipitaciones y los escurrimientos generados, lo que subraya la importancia de un monitoreo constante y preciso de estos factores para una gestión eficiente del agua.

Este estudio proporciona una base sólida para la planificación y toma de decisiones en cuanto al uso y conservación del agua en la región, contribuyendo al diseño de políticas y proyectos que favorezcan el manejo

sostenible de los recursos hídricos.

Palabras clave: Disponibilidad de agua, cuenca del río quera, precipitaciones, escurrimientos, recursos hídricos, caudales máximos, gestión del agua, escorrentía, planificación hídrica.

ABSTRACT

Proper management of water resources is essential to ensure sustainable development in areas where water is a limited and crucial resource for human and productive activities. In this context, the Quera River basin, located in the Santa María del Valle district of Huánuco, has been chosen as the subject of study due to the importance of water resources in the region and the need to assess their availability in 2024. The primary aim of this research is to evaluate the availability of surface water in the Quera River basin by analyzing precipitation and runoff generation, providing a comprehensive view of the basin's capacity to meet local water needs for population and economic activities.

To achieve this goal, the total amount of precipitation received in the basin was quantified using data from three meteorological stations (Huánuco, Canchan, and San Rafael) belonging to SENAMHI, with historical records of maximum daily rainfall from 1999 to 2024, runoff generation was estimated based on maximum flow values for different return periods (20, 25, 50, and 100 years), and surface water availability for various uses, including domestic and agricultural needs, was determined. The methodology employed included the analysis of probability distributions (Normal, Log-Normal, and Gumbel) using HidroEsta software, application of the modified rational method for flow calculation, and intensity analysis using the SCS type III method. The results indicate that the availability of water in the Quera River basin is closely related to precipitation and generated runoff, highlighting the importance of constant and accurate monitoring of these factors for efficient water management.

This study provides a solid foundation for planning and decision-making regarding water use and conservation in the region, contributing to the design of policies and projects that promote sustainable management of water resources.

Keywords: Water availability, quera river basin, precipitation, runoff, water resources, maximum flow, water management, runoff, water planning.

INTRODUCCIÓN

La cuenca del río Quera, ubicada en el distrito de Santa María del Valle, Huánuco, es un ejemplo representativo de una cuenca en la que la gestión del agua se convierte en una prioridad debido a la variabilidad climática y la creciente demanda de este recurso para diversas actividades productivas y de consumo. El análisis de las precipitaciones registradas durante un periodo histórico extenso permite identificar patrones, tendencias y variabilidades que son fundamentales para comprender el comportamiento hidrológico de la cuenca, lo que pone de manifiesto la importancia de evaluar la disponibilidad de agua superficial para garantizar su distribución equitativa y eficiente entre los usuarios.

El objetivo de esta investigación es evaluar la disponibilidad de agua en la cuenca del río Quera en el distrito de Santa María del Valle durante el año 2024, analizando las precipitaciones y la generación de escurrimientos. A través de este estudio, se pretende cuantificar la cantidad total de precipitación recibida, estimar los escurrimientos generados y determinar la disponibilidad de agua superficial para diferentes usos. Esta información es esencial para comprender la capacidad de la cuenca para satisfacer las necesidades hídricas de la población local, la agricultura y otras actividades económicas.

La relevancia de este estudio radica en la necesidad de contar con información precisa y actualizada sobre los recursos hídricos en la región, lo que permitirá una mejor planificación y gestión de los mismos. A medida que los cambios climáticos alteran los patrones de precipitación y escurrimiento, es imperativo contar con herramientas que nos permitan anticipar posibles escenarios de escasez o exceso de agua. El uso de series temporales de precipitación de 26 años (1999-2024) provenientes de tres estaciones meteorológicas del SENAMHI (Huánuco, Canchan y San Rafael) permite realizar análisis estadísticos robustos para la estimación de caudales de diseño mediante análisis de frecuencias y periodos de retorno. Asimismo, este análisis proporcionará una base para el diseño de políticas y proyectos destinados a la conservación y el uso sostenible del agua en la cuenca del río

Quera.

A través de los objetivos específicos, se buscará: Cuantificar la cantidad total de precipitación mediante el análisis estadístico de datos históricos de tres estaciones meteorológicas del SENAMHI con registros de 1999 a 2024, estimar la generación de escurrimientos en la cuenca del río Quera mediante la aplicación del método racional modificado para diferentes períodos de retorno (20, 25, 50 y 100 años), y determinar la disponibilidad de agua superficial en la cuenca para diferentes usos. Finalmente, los resultados obtenidos servirán para proporcionar recomendaciones prácticas para la gestión de los recursos hídricos en la cuenca, basadas en una evaluación rigurosa de las condiciones hidrológicas del área.

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

A nivel mundial, la disponibilidad de agua dulce es una preocupación crítica debido a varios factores interrelacionados:

Cambio Climático: Las alteraciones en los patrones de precipitación y el aumento de las temperaturas están afectando la disponibilidad de agua. Las regiones que ya son áridas están experimentando sequías más frecuentes y prolongadas, mientras que otras áreas están viendo un aumento en la intensidad y frecuencia de las precipitaciones, lo que puede llevar a inundaciones y a la pérdida de agua por escorrentía. (IPCC, 2021)

Crecimiento de la Población: La creciente demanda de agua por parte de una población mundial en constante aumento está ejerciendo una presión considerable sobre los recursos hídricos. Esto es especialmente problemático en las regiones urbanas y agrícolas donde la demanda es más alta. (United Nations, 2019)

Contaminación del Agua: La contaminación de fuentes de agua por desechos industriales, agrícolas y urbanos ha reducido la cantidad de agua potable disponible. Esto afecta la salud pública y la biodiversidad acuática. (World Health Organization, 2019)

Gestión Ineficiente del Agua: En muchos lugares, la infraestructura y las políticas para la gestión del agua son inadecuadas. Esto incluye la falta de sistemas de almacenamiento, distribución y tratamiento de agua eficientes. (World Bank., 2018)

Conflictos por el Agua: En regiones donde los recursos hídricos son escasos, los conflictos entre diferentes usuarios del agua (agricultura, industria, uso doméstico) pueden ser frecuentes. A nivel internacional, esto puede llevar a tensiones entre países que comparten fuentes de agua transfronterizas. (Gleick, P. H., 1993)

En Perú, los problemas de disponibilidad de agua son exacerbados por una serie de factores específicos al contexto nacional:

Geografía y Clima: Perú tiene una geografía y un clima variados, desde las áridas costas del Pacífico hasta la selva amazónica. Esto resulta en una distribución desigual del agua, con la mayor parte de los recursos hídricos ubicados en la región amazónica, lejos de las zonas urbanas y agrícolas en la costa y los Andes. (Autoridad Nacional del Agua, 2020)

Glaciares en Retroceso: El derretimiento de los glaciares andinos, que son una fuente crucial de agua para muchas comunidades y ecosistemas, está reduciendo la disponibilidad de agua en ciertas regiones. (Vuille, Franquist, Garreaud, & Lavado Casimiro, 2015)

Infraestructura Inadecuada: En muchas áreas, la infraestructura para la captación, almacenamiento y distribución del agua es deficiente. Esto lleva a pérdidas significativas de agua y a una distribución ineficiente, afectando tanto a la agricultura como al suministro doméstico. (MINAGRI, 2018)

Contaminación: La contaminación de los cuerpos de agua por actividades mineras, industriales y agrícolas es un problema significativo. Esto no solo afecta la calidad del agua potable sino también los ecosistemas acuáticos. (Oxfam, 2020)

Gestión del Agua: La gestión del agua en Perú enfrenta desafíos en términos de coordinación entre diferentes niveles de gobierno y entre sectores de uso del agua. La falta de políticas integradas y de planificación a largo plazo puede exacerbar los problemas de escasez y distribución. (ANA, 2019)

Crecimiento Urbano y Agrícola: La expansión de áreas urbanas y la intensificación de la agricultura están aumentando la demanda de agua en zonas donde ya es escasa. Esto puede llevar a la sobreexplotación de los recursos hídricos. (INEI, 2020)

La cuenca del río Quera, ubicada en el distrito de Santa María del Valle, Huánuco, juega un papel crucial en la provisión de recursos hídricos para diversas actividades económicas y necesidades básicas de la población local.

Sin embargo, la disponibilidad de agua en esta cuenca está sujeta a la variabilidad climática, especialmente en lo que respecta a las precipitaciones y la generación de escurrimientos.

Las precipitaciones son un factor fundamental que determina la cantidad de agua disponible en la cuenca del río Quera. La variabilidad espacial y temporal de las precipitaciones en esta región de los Andes peruanos ha sido documentada por varios estudios. (Pérez, Rodríguez, & Gutiérrez, 2019, págs. 89-104). Sin embargo, existe una limitada información sistematizada sobre el comportamiento histórico de las precipitaciones en períodos extensos que permita caracterizar adecuadamente los eventos extremos y estimar caudales de diseño para diferentes períodos de retorno. La ausencia de estudios que integren datos de múltiples estaciones meteorológicas distribuidas espacialmente en la cuenca limita la comprensión de los gradientes pluviométricos y su influencia en la respuesta hidrológica.

Comprender la distribución y el comportamiento de las precipitaciones en la cuenca del río Quera durante el año 2024 es esencial para evaluar la disponibilidad de agua en la región.

Además, las precipitaciones no son el único factor determinante de la disponibilidad de agua. La generación de escurrimientos, influenciada por la topografía, la vegetación, la geología y otros factores, también desempeña un papel crucial en la cantidad de agua superficial disponible en la cuenca del río Quera. (García, López, & Martínez, 2018, págs. 45-60). La carencia de registros hidrométricos directos en la cuenca del río Quera hace necesario el empleo de metodologías indirectas para la estimación de caudales, como el método racional modificado, el cual requiere de datos confiables de precipitación y parámetros geomorfológicos de la cuenca. La aplicación de análisis de frecuencias mediante distribuciones de probabilidad permite estimar caudales de diseño para diferentes períodos de retorno, información fundamental para el dimensionamiento de infraestructuras hidráulicas y la gestión de riesgos.

El estudio de la generación de escurrimientos proporciona información

valiosa sobre la dinámica del agua en la cuenca y puede ayudar a predecir la disponibilidad de recursos hídricos.

Por lo tanto, para abordar adecuadamente la problemática de la disponibilidad de agua en la cuenca del río Quera en el distrito de Santa María del Valle, es necesario investigar en detalle las precipitaciones registradas en las estaciones meteorológicas Huánuco, Canchan y San Rafael del SENAMHI durante el periodo 1999-2024, así como la generación de escurrimientos mediante metodologías hidrológicas apropiadas que permitan establecer relaciones precipitación-escorrentía confiables y estimar caudales para diferentes periodos de retorno. Este estudio contribuirá a una mejor comprensión de los recursos hídricos disponibles en la región y proporcionará información relevante para la gestión sostenible del agua y la toma de decisiones relacionadas con el desarrollo local y la adaptación al cambio climático.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la disponibilidad de agua en la cuenca del río Quera en el distrito de Santa María del Valle, Huánuco, en el año 2024, considerando las precipitaciones y la generación de escorrentía?

1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO

¿Cuál es la cantidad total de precipitación que recibe la cuenca del río Quera durante el periodo 1999–2024 registrada en las estaciones meteorológicas de Huánuco, Canchán y San Rafael?

¿Cómo varía la generación de escurrimientos en la cuenca del río Quera para diferentes periodos de retorno (20, 25, 50 y 100 años)?

¿Cuál es la disponibilidad de agua superficial en la cuenca del río Quera durante el año 2024 estimada a partir de los caudales calculados para diferentes periodos de retorno?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la disponibilidad de agua en la cuenca del río Quera en el distrito de Santa María del Valle, Huánuco, durante el año 2024, mediante el análisis de las precipitaciones y la generación de escorrentía.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Cuantificar la cantidad total de precipitación recibida en la cuenca del río Quera durante el periodo 1999–2024 registrada en las estaciones meteorológicas de Huánuco, Canchán y San Rafael.

Estimar la generación de escorrentía en la cuenca del río Quera para diferentes periodos de retorno (20, 25, 50 y 100 años) mediante el método del Número de Curva del SCS.

Determinar la disponibilidad de agua superficial en la cuenca del río Quera para diferentes usos durante el año 2024 a partir de los caudales estimados mediante análisis de frecuencias.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

La justificación práctica para llevar a cabo este estudio radica en la importancia de comprender la disponibilidad de agua en la cuenca del río Quera en el distrito de Santa María del Valle, Huánuco, durante el año 2024, y cómo esta disponibilidad está influenciada por las precipitaciones y la generación de escurrimientos. Aquí hay algunas razones clave que respaldan la necesidad práctica de esta investigación:

La información sobre la disponibilidad de agua es fundamental para la gestión sostenible de los recursos hídricos en la cuenca del río Quera. Comprender cómo varían las precipitaciones y la generación de escurrimientos a lo largo del tiempo permite a los responsables de la

gestión del agua tomar decisiones informadas sobre el uso y la distribución del agua en la región. El análisis de series temporales de precipitación de 26 años (1999-2024) provenientes de tres estaciones meteorológicas del SENAMHI permite identificar patrones estacionales, tendencias interanuales y variabilidades climáticas que son cruciales para la planificación hídrica a corto, mediano y largo plazo. La caracterización de eventos extremos mediante análisis de frecuencias y períodos de retorno proporciona información técnica fundamental para el diseño de infraestructuras de captación, almacenamiento y distribución de agua.

La disponibilidad de agua afecta directamente la seguridad hídrica de las comunidades locales que dependen del río Quera para sus necesidades básicas, como el abastecimiento de agua potable y la agricultura. Identificar los factores que influyen en la disponibilidad de agua ayuda a garantizar un suministro seguro y confiable para estas comunidades. La estimación de caudales máximos para diferentes períodos de retorno (20, 25, 50 y 100 años) mediante el método racional modificado permite dimensionar adecuadamente las obras de captación de agua, sistemas de riego y obras de protección contra inundaciones. Esta información es esencial para garantizar la seguridad hídrica de la población del distrito de Santa María del Valle y optimizar el aprovechamiento de los recursos hídricos disponibles en la agricultura local.

En un contexto de cambio climático, es crucial entender cómo están cambiando las precipitaciones y cómo estos cambios afectan la disponibilidad de agua en la cuenca del río Quera. Esta investigación proporcionará información valiosa para desarrollar estrategias de adaptación que ayuden a mitigar los impactos del cambio climático en los recursos hídricos locales. El análisis de 26 años de datos de precipitación permite identificar posibles tendencias en la frecuencia e intensidad de eventos extremos, información fundamental para la formulación de estrategias de adaptación al cambio climático. La

comparación de precipitaciones en diferentes altitudes mediante el uso de tres estaciones meteorológicas distribuidas espacialmente permite evaluar el impacto del cambio climático en diferentes zonas altitudinales de la cuenca.

El agua es un recurso fundamental para el desarrollo económico y social. Al comprender mejor la disponibilidad de agua en la cuenca del río Quera, se pueden diseñar políticas y programas de desarrollo que promuevan un uso eficiente y equitativo del agua, contribuyendo así al desarrollo sostenible de la región.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Este estudio contribuirá al avance del conocimiento científico al proporcionar una comprensión más profunda de los procesos hidrológicos que ocurren en la cuenca del río Quera. Al analizar las relaciones entre las precipitaciones, la generación de escurrimientos y la disponibilidad de agua, se podrán identificar patrones y procesos que hasta ahora no han sido completamente comprendidos. La aplicación de metodologías hidrológicas estandarizadas (análisis de distribuciones de probabilidad mediante las funciones Normal, Log-Normal y Gumbel, cálculo de períodos de retorno mediante la fórmula de Weibull, y aplicación del método racional modificado) sobre una serie temporal extensa de 26 años (1999-2024) permitirá validar la aplicabilidad de estas metodologías en cuencas andinas de la región Huánuco, caracterizadas por elevadas pendientes y régimen pluviométrico estacional.

Los datos recopilados y los análisis realizados en este estudio pueden utilizarse para validar modelos hidrológicos y teorías relacionadas con la dinámica de los recursos hídricos en las cuencas andinas. La validación de modelos y teorías es fundamental para mejorar la precisión de las predicciones hidrológicas y para desarrollar modelos más confiables para la gestión del agua. La integración de datos de tres estaciones meteorológicas con diferente altitud (Huánuco a 1,947 msnm,

Canchan a 1,986 msnm y San Rafael a 2,699 msnm) permitirá evaluar gradientes pluviométricos altitudinales y su influencia en la respuesta hidrológica de la cuenca. La aplicación de la prueba de Kolmogorov-Smirnov para seleccionar la distribución de probabilidad más adecuada a los datos de precipitación constituye un aporte metodológico que podrá replicarse en estudios hidrológicos de cuencas similares.

La aplicación de métodos y técnicas de análisis hidrológico en un contexto específico como la cuenca del río Quera proporcionará información sobre la eficacia y las limitaciones de estos métodos en condiciones Andinas. Esto ayudará a mejorar la aplicación de métodos y técnicas de análisis hidrológico en otras cuencas de características similares. La evaluación del desempeño del método racional modificado en la cuenca del río Quera, caracterizada por una topografía montañosa y régimen pluviométrico variable, contribuirá al conocimiento sobre las condiciones de aplicabilidad de este método en cuencas andinas. Los resultados de la comparación entre diferentes distribuciones de probabilidad para el ajuste de datos de precipitación máxima proporcionarán criterios técnicos para la selección de la distribución más apropiada en estudios hidrológicos futuros en la región.

Este estudio requerirá la integración de conocimientos y enfoques interdisciplinarios, que van desde la hidrología y la climatología hasta la geomorfología y la ecología. La integración de enfoques interdisciplinarios es esencial para comprender la complejidad de los sistemas hidrológicos y para abordar los desafíos relacionados con la gestión del agua de manera holística. La investigación integra conceptos de hidrología (análisis de precipitación-escorrentía, cálculo de caudales), geomorfología (caracterización de la cuenca, determinación de pendientes y tiempos de concentración) proporcionando una visión integral del sistema hidrológico de la cuenca del río Quera.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

El estudio de la disponibilidad de agua en la cuenca del río Quera

requiere el uso de métodos y técnicas específicas para la recopilación, análisis e interpretación de datos hidrológicos y climáticos. La justificación metodológica implica la selección de métodos apropiados, como el análisis estadístico de datos de precipitación y escurrimiento, modelos hidrológicos y técnicas de muestreo. La metodología propuesta integra el uso de herramientas computacionales especializadas (software HidroEsta para análisis de distribuciones de probabilidad, Microsoft Excel para procesamiento de datos y aplicación del método racional modificado) con técnicas estadísticas robustas y métodos hidrológicos estandarizados (método racional modificado, método de intensidades SCS tipo III), garantizando un enfoque metodológico riguroso y replicable.

Es fundamental asegurar la calidad y fiabilidad de los datos utilizados en el estudio. La justificación metodológica implica la aplicación de protocolos de recolección de datos rigurosos, el uso de equipos y tecnologías adecuadas para el monitoreo hidrológico y climático, y la validación de los datos recopilados para garantizar su precisión y confiabilidad. La utilización de datos oficiales del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) provenientes de tres estaciones meteorológicas (Huánuco, Canchan y San Rafael) con series temporales de precipitación máxima diaria del periodo 1999-2024 garantiza la confiabilidad, trazabilidad y calidad de la información utilizada. El SENAMHI aplica protocolos estandarizados de medición y registro de datos meteorológicos siguiendo normas de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Se aplicarán pruebas estadísticas de consistencia y homogeneidad a las series temporales para identificar y corregir posibles inconsistencias o datos atípicos.

Dado que el estudio aborda la variabilidad espacial y temporal de las precipitaciones y la generación de escurrimientos, la justificación metodológica incluye el uso de técnicas de análisis espacial y temporal, como la interpolación espacial de datos, el análisis de tendencias y la evaluación de la variabilidad estacional y anual. La distribución espacial

de las tres estaciones meteorológicas en diferentes altitudes permite evaluar gradientes pluviométricos altitudinales mediante técnicas de análisis espacial. La serie temporal de 26 años (1999-2024) posibilita el análisis de tendencias a largo plazo, la identificación de ciclos climáticos y la evaluación de variabilidades interanuales mediante métodos estadísticos apropiados (análisis de tendencia mediante regresión lineal, identificación de valores extremos, análisis de frecuencias).

Dado que el estudio involucra múltiples disciplinas, como la hidrología, la climatología, la geomorfología y la ecología, la justificación metodológica implica la integración de enfoques multidisciplinarios. Esto puede incluir la colaboración con expertos de diferentes áreas, el uso de herramientas y métodos interdisciplinarios, y la síntesis de datos y resultados de diferentes disciplinas. La metodología integra análisis hidrológicos (método racional modificado para cálculo de caudales, determinación de coeficientes de escorrentía), análisis estadísticos (distribuciones de probabilidad Normal, Log-Normal y Gumbel, cálculo de períodos de retorno), análisis de intensidades (método SCS tipo III) y análisis geomorfológicos (determinación de área de cuenca, pendiente media, longitud de cauce principal, tiempo de concentración), proporcionando un enfoque holístico para la evaluación de la disponibilidad hídrica.

La justificación metodológica también implica la validación y verificación de los resultados obtenidos a través de métodos de análisis y técnicas estadísticas adecuadas. Esto puede incluir la comparación de resultados con estudios previos, la aplicación de análisis de sensibilidad y la evaluación de la incertidumbre en los resultados.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Se identificará y reconocerá las posibles limitaciones de la investigación para comprender mejor su alcance y las implicaciones de los resultados que se obtendrán. Aquí hay algunas posibles limitaciones para tener en cuenta en este estudio:

La disponibilidad de datos hidrológicos y climáticos de alta calidad puede ser una limitación. Los datos pueden estar incompletos, tener errores de medición o estar sujetos a variaciones espaciales y temporales que pueden afectar la precisión de los resultados. La ausencia de estaciones hidrométricas que registren caudales directamente en la cuenca del río Quera limita la validación empírica de los caudales estimados mediante el método racional modificado. La distribución espacial de las estaciones meteorológicas, aunque permite evaluar gradientes altitudinales, puede no capturar completamente la variabilidad espacial de las precipitaciones en toda la extensión de la cuenca.

La cuenca del río Quera es un sistema hidrológico complejo, influenciado por una variedad de factores naturales y humanos. La capacidad para capturar y modelar todas las interacciones y procesos dentro de la cuenca puede ser limitada, lo que podría afectar la precisión de las predicciones y los resultados del estudio. La heterogeneidad espacial de las precipitaciones, las características geomorfológicas variables y los cambios en el uso del suelo pueden introducir incertidumbres en las estimaciones de escorrentía. El método racional modificado, siendo un modelo agregado, no captura la variabilidad espacial de los procesos hidrológicos dentro de la cuenca. Factores antropogénicos como captaciones de agua, modificaciones del cauce, o cambios en la cobertura vegetal que no estén documentados pueden afectar la relación precipitación-escorrentía y no serán considerados explícitamente en el modelo.

Las estimaciones de la generación de escurrimientos y otras variables hidrológicas pueden estar sujetas a incertidumbre debido a la complejidad del sistema y a la necesidad de utilizar modelos simplificados. Las limitaciones en la precisión de los modelos hidrológicos pueden afectar la fiabilidad de los resultados. El método racional modificado, aunque ampliamente utilizado para estimación de caudales máximos en cuencas pequeñas y medianas, es un modelo simplificado que asume varias condiciones idealizadas: precipitación uniforme sobre toda la cuenca, duración de la lluvia igual o mayor al tiempo de concentración, y coeficiente de escorrentía constante durante el evento. Estas simplificaciones pueden no representar completamente la complejidad

de los procesos hidrológicos reales, especialmente en eventos extremos o en cuencas con elevada heterogeneidad espacial. La estimación del coeficiente de escorrentía mediante tablas estandarizadas puede no reflejar las condiciones particulares de la cuenca del río Quera.

Los recursos financieros, el equipo y el tiempo disponibles para llevar a cabo la investigación pueden ser limitados. Esto podría afectar la escala y la duración del estudio, así como la cantidad de datos que se pueden recopilar y analizar, lo que a su vez puede afectar la robustez de los resultados. El estudio se basa exclusivamente en datos secundarios del SENAMHI, lo que implica que no se realizarán mediciones directas de campo tales como aforos de caudal mediante métodos volumétricos o correntómetro, caracterización in situ de tipos de suelo, determinación de tasas de infiltración mediante infiltrómetros, o levantamientos topográficos detallados. La realización de estas mediciones directas podría mejorar significativamente la precisión de las estimaciones de caudales y la caracterización hidrológica de la cuenca. El tiempo disponible para la investigación (un año académico) limita la posibilidad de realizar estudios complementarios como análisis de transporte de sedimentos, evaluación de calidad de agua, o monitoreo de niveles freáticos.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. VIABILIDAD OPERATIVA

La viabilidad operativa se refiere a la capacidad práctica y técnica de llevar a cabo el estudio de manera efectiva. Aquí hay algunas consideraciones para evaluar la viabilidad operativa de tu investigación sobre la disponibilidad de agua en la cuenca del río Quera:

Tener acceso a los recursos necesarios, como personal capacitado, equipo de campo, estaciones meteorológicas, acceso a la cuenca del río Quera y posibles colaboraciones con instituciones locales o agencias gubernamentales. La disponibilidad de estos recursos es crucial para llevar a cabo la recopilación de datos y el análisis necesario para el estudio. La investigación cuenta con acceso garantizado a datos

oficiales del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) mediante convenios institucionales entre la Universidad de Huánuco y el SENAMHI. Se dispone de series temporales completas de precipitación diaria del periodo 1999-2024 de tres estaciones meteorológicas: Estación Huánuco (código 000404, altitud 1,947 msnm, coordenadas 09°57'7.24"S, 76°14'54.8"W), Estación Canchan (código 000457, altitud 1,986 msnm, coordenadas 09°55'15.43"S, 76°18'34.62"W), y Estación San Rafael (código 000552, altitud 2,699 msnm, coordenadas 10°19'45.3"S, 76°10'35.7"W). Se cuenta con software especializado para análisis hidrológico y estadístico: HidroEsta v1.0 para análisis de distribuciones de probabilidad y cálculo de períodos de retorno, Microsoft Excel para procesamiento de datos y aplicación del método racional modificado, y sistemas de información geográfica (ArcGIS o QGIS) para análisis espacial y determinación de parámetros geomorfológicos de la cuenca.

Los datos hidrológicos y climáticos disponibles para la cuenca del río Quera. La disponibilidad de datos previos es fundamental para comprender las condiciones hidrológicas y climáticas de la cuenca y puede reducir la necesidad de recopilar datos primarios. Evalúa la disponibilidad y calidad de los datos existentes para determinar si son adecuados para tus propósitos de investigación. Se dispone de una base de datos robusta de precipitaciones máximas diarias con 26 años de registros continuos (1999-2024) de tres estaciones meteorológicas del SENAMHI estratégicamente distribuidas en la zona de estudio. La longitud de la serie temporal ($n=26$ años) es estadísticamente suficiente para realizar análisis de frecuencias y estimar períodos de retorno de hasta 100 años con un nivel de confianza aceptable según criterios hidrológicos estándar. La distribución altitudinal de las estaciones (desde 1,947 msnm hasta 2,699 msnm) permite evaluar gradientes pluviométricos y su influencia en la respuesta hidrológica de la cuenca. Aunque no se dispone de registros directos de caudales en la cuenca del río Quera, la metodología propuesta (método racional modificado) ha sido ampliamente validada en cuencas similares de la región andina

peruana.

1.6.2. VIABILIDAD TÉCNICA

Tener acceso al equipo y la tecnología necesaria para recopilar y analizar los datos hidrológicos y climáticos. Esto puede incluir estaciones meteorológicas, medidores de caudal, equipos de muestreo de agua, software de análisis de datos, entre otros. Evalúa si cuentas con el equipo adecuado o si puedes obtenerlo de fuentes externas. La investigación utiliza datos secundarios del SENAMHI, eliminando la necesidad de adquirir equipamiento meteorológico costoso o equipos de aforo. El análisis hidrológico se realizará mediante herramientas computacionales accesibles: (1) HidroEsta v1.0: software especializado desarrollado por la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) para análisis de frecuencias hidrológicas, ajuste de distribuciones de probabilidad (Normal, Log-Normal, Gumbel, Pearson tipo III, Log-Pearson tipo III); (2) Microsoft Excel: para procesamiento de datos, aplicación del método racional modificado, cálculo de intensidades mediante el método SCS tipo III, y generación de gráficos; (3) Sistemas de Información Geográfica: ArcGIS, delimitación automática de cuencas mediante modelos digitales (DEM), cálculo de parámetros geomorfológicos (área, perímetro, pendiente media, longitud de cauce), y generación de mapas temáticos.

El personal involucrado en el estudio tiene la capacitación y experiencia necesarias para llevar a cabo las tareas requeridas. Esto incluye la instalación y mantenimiento de equipos, la recopilación de datos en campo, el análisis de datos y la interpretación de resultados. Evalúa si el personal tiene las habilidades técnicas requeridas o si es necesario proporcionar capacitación adicional.

Poder garantizar la calidad y precisión de los datos recopilados y analizados. Esto incluye la calibración y mantenimiento regular de equipos, la aplicación de protocolos de muestreo rigurosos y el control de la calidad de los datos durante todo el proceso. Asegúrate de tener

los procedimientos adecuados en marcha para garantizar la calidad de los datos.

1.6.3. VIABILIDAD ECONÓMICA – SOCIAL

Evaluar los costos asociados con la adquisición o alquiler de equipo y tecnología necesarios para llevar a cabo el estudio, como estaciones meteorológicas, medidores de caudal, equipos de muestreo de agua y software de análisis de datos. También considera los costos de calibración, mantenimiento y reparación de equipos y toda la investigación está financiada por el tesista. La investigación presenta una viabilidad económica favorable al basarse en datos secundarios del SENAMHI disponibles gratuitamente para fines académicos mediante solicitud formal, eliminando costos de adquisición de equipamiento meteorológico o hidrométrico.

Desde la perspectiva del ámbito social, este estudio contribuye significativamente a estudiantes, compañías y la población en general, ya que ofrece datos esenciales para comprender las particularidades de los cursos de agua. Los resultados de esta investigación generan beneficios sociales directos e indirectos para múltiples actores: (1) Comunidad local del distrito de Santa María del Valle; (2) Autoridades municipales y regionales; (3) Comunidad académica; (4) Sector agrícola; (5) Sector construcción. El estudio contribuye al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas, específicamente el ODS 6 (Agua limpia y saneamiento) y el ODS 13 (Acción por el clima).

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Kawala (2020) en su estudio denominado, “On the impacts of climate change on water resources, lessons from the River Nith Catchment and Shire River Basin”, Este estudio de la Universidad de Strathclyde aborda los desafíos globales relacionados con la escasez de agua, agravados por el cambio climático, el crecimiento poblacional y la agricultura de regadío. Utilizando modelos hidrológicos integrados (SWAT-MODFLOW) acoplados con modelos atmosféricos, el estudio examina dos cuencas hidrográficas en diferentes entornos climáticos: el río Nith en Escocia y el río Shire en Malawi. El objetivo es determinar la cantidad y disponibilidad futura de recursos hídricos. Los resultados sugieren que los modelos integrados pueden ser útiles para la planificación adaptativa al clima y la gestión de recursos hídricos. La metodología desarrollada en esta tesis proporciona una base para un marco unificado (es decir. herramientas de software adoptadas en este trabajo, incluido el software relacionado) y metodología para el modelado hidrológico integrado que se puede aplicar en diferentes entornos climáticos utilizando productos de datos hidroclimáticos disponibles gratuitamente. Herramientas de software adoptadas en este trabajo, incluido el software relacionado) y metodología para el modelado hidrológico integrado que se puede aplicar en diferentes entornos climáticos utilizando productos de datos hidroclimáticos disponibles gratuitamente. Herramientas de software adoptadas en este trabajo, incluido el software relacionado) y metodología para el modelado hidrológico integrado que se puede aplicar en diferentes entornos climáticos utilizando productos de datos hidroclimáticos disponibles gratuitamente.

Para Meza (2023), en su investigación titulada “Distribución territorial de la población y disponibilidad de agua en Pachuca de Soto, Hidalgo, para el año 2020”, para el Título de grado de maestría en estudios de población, en la universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Tuvo como objetivo general de examinar cómo la dinámica de la distribución geográfica de la población influye en la disponibilidad del recurso hídrico. Después de la investigación realizada y el estudio de elaborado por Meza se obtuvo las siguientes conclusiones: La condición de los recursos hídricos en la nación es preocupante a causa de la explotación excesiva, la contaminación y el manejo inapropiado de las fuentes de agua. A pesar de contar con legislación para supervisar el uso de estos recursos, su implementación legal resulta poco efectiva debido a la complejidad y dispersión de las regulaciones. Se requiere la adopción de acciones encaminadas hacia una administración óptima y duradera de los recursos hídricos en Pachuca de Soto. Esto implica la actualización de la infraestructura, la supervisión del consumo de agua y la fomentación de comportamientos sostenibles entre la comunidad. Además, es crucial la implementación de políticas gubernamentales que aseguren el acceso equitativo al agua potable para todos los habitantes, sin importar su ubicación geográfica o su situación económica.

Coral (2021), en su tesis denominada “Sostenibilidad de recursos Hídricos y Transformaciones en modelos agrarios”, de la universidad de Valladolid, para la obtención de doctorado en recursos Hídricos. Tiene con objetivo principal realizar un estudio del consumo de agua y modelo de gestión de ese recurso. La finalidad de este estudio es que se puedan dar diseños o propuestas para la mejora de la zona y así mejorar y plantear una sostenibilidad de recursos. Después de realizado el estudio por Coral se obtuvo las siguientes conclusiones: Frente a la predominancia de la lógica de mercado, que es responsable de la insostenibilidad del desarrollo moderno, es crucial explorar otras perspectivas que consideren la complejidad de los marcos institucionales en los que se toman decisiones. Reconocer la importancia de los aspectos intangibles de la cultura rural nos lleva a valorar la

percepción y los procesos subjetivos, lo que implica adoptar un enfoque interdisciplinario. La gestión del agua como un recurso común debe ser prioritaria en la política agrícola y de desarrollo sostenible, considerando los valores no monetarios de los servicios ecosistémicos, que son ampliamente reconocidos en el conocimiento ecológico tradicional.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Garcia (2022), en su estudio, “Evaluación de la Disponibilidad Hídrica en la Cuenca del Río Chillón Utilizando Modelos Hidrológicos y Datos Climáticos”, para optar el título de la profesión en ingeniería civil en la universad nacional Agraria La Molina, Esta tesis aborda la evaluación de la disponibilidad hídrica en la cuenca del río Chillón, ubicada en la región Lima, Perú. Utiliza modelos hidrológicos y datos climáticos para estimar la escorrentía y la disponibilidad de agua en la cuenca. La investigación se centra en la aplicación del modelo Témez para generar flujos en una cuenca con limitados datos pluviométricos y de caudales. Además, se integran datos satelitales y técnicas de teledetección para mejorar la precisión de las estimaciones hidrológicas. La metodología fue de Metodología: Recopilación de Datos: Se recopilaron datos históricos de precipitación, temperatura y caudal de estaciones meteorológicas y fluviales ubicadas en la cuenca del río Chillón. Modelos Hidrológicos: Se aplicó el modelo Témez para la generación de escorrentía y se calibró utilizando datos observados de caudales. La investigación mostró que el modelo Témez, complementado con datos satelitales, puede proporcionar estimaciones confiables de la disponibilidad hídrica en cuencas con datos limitados. Los resultados indicaron una disminución en la disponibilidad de agua debido a cambios en los patrones de precipitación y aumento de la temperatura, lo cual es consistente con las tendencias observadas a nivel global y nacional

Para Fanzo & Joyo (2021) en su estudio, “Estudio Comparativo Para La Estandarización De Precipitaciones En La Cuenca Chicllarazo Aplicando La Metodología Pisco Versus Convencional” para optar el

título Ingeniería Civil de la universidad Ricardo Palma. El principal propósito fue llevar a cabo una comparación entre la estandarización de precipitaciones en la cuenca Chicllarazo, específicamente en la subcuenca Jauccalla, utilizando la metodología Pisco en contraste con un enfoque convencional. La información sobre las precipitaciones se obtuvo utilizando los programas ArcGis y Rstudio para la metodología Pisco, mientras que para el enfoque convencional se adquirieron datos de la base de datos del SENAMHI. El proceso inició con la identificación de la cuenca a analizar utilizando Google Earth Pro, siendo esta la cuenca Chicllarazo – subcuenca Jauccalla, parte de la cuenca del Río Cachi. Luego se procedió a delimitarla para obtener los parámetros geomorfológicos, utilizando el software ArcGis. Con este software se creó un resumen detallado de todos los parámetros calculados. Se obtuvo las siguientes conclusiones: Los resultados primarios revelaron las intensidades según la metodología convencional para los períodos de retorno principales de 100, 200 y 500 años, las cuales fueron 52.754, 56.366 y 61.523 mm/hr, respectivamente. Estas cifras condujeron a caudales de 28.437, 31.496 y 35.705 m³/s para los mencionados períodos de retorno. En contraste, utilizando la metodología Pisco, las intensidades para los mismos períodos de retorno fueron de 26.479, 28.877 y 32.382 mm hr, respectivamente, con caudales resultantes de 9.127, 11.330 y 14.504 m³/s.

Leandro (2022) en su investigación denominada “Disponibilidad Hídrica en la cuenca del río Coata”, para obtener con el título de Ingeniero Geográfico de la Universidad Nacional Federico Villarreal. El objetivo principal fue cuantificar la disponibilidad de agua en la cuenca del río Coata – Puno durante el periodo 1990 – 2013 utilizando el modelo hidrológico Genie Rural à 4 paramètres Journalier (GR4J). Para alcanzar este propósito, se crearon Unidades Hidrológicas Ecológicas (UHE) en la plataforma RS Minerve. Cada UHE fue representada por un modelo Genie Rural à 4 paramètres Journalier (GR4J), la presa Lagunillas con la función RESERVOIR, el canal de salida de la presa con la función HQ y las desviaciones con la función DIVERSION. Las métricas estadísticas

obtenidas para la estación Coata - Unocolla fueron Nash 0.809, Nash log 0.891, coeficiente de correlación 0.945 y Bias Score 0.95, y para la etapa de validación fueron Nash 0.818, Nash log 0.895, coeficiente de correlación 0.915 y Bias Score 0.959. Además, los caudales simulados en la estación Coata – Unocolla con el modelo GR4J se mensualizaron para calcular su frecuencia mensual desde 1990 hasta 2013 con una persistencia del 75% y 95% utilizando la distribución estadística de Weibull, donde se obtuvieron caudales de 26.087 m³/s y 14.750 m³/s respectivamente.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Para los antecedentes locales se buscó estudios enfocados en Huánuco y se encontró este único antecedente referente al tema de investigación.

Según Morales (2022), en su estudio, “Disponibilidad hídrica mediante sistemas de riego presurizado en épocas de estiaje en la localidad de Coema, distrito de San Francisco de Cayrán, Huánuco 2021”, para optar el título de la profesión en ingeniería civil de la universidad Continental. El estudio se enfocó en analizar la relación entre la disponibilidad de agua y los sistemas de riego presurizado durante los períodos secos en Coema, ubicado en el distrito de San Francisco de Cayrán, Huánuco, en el año 2021. Se empleó una metodología que se clasifica como investigación aplicada, con un enfoque descriptivo correlacional y un diseño no experimental de tipo transversal. La técnica utilizada implicó un análisis detallado de las precipitaciones para evaluar la disponibilidad de agua, mientras que la herramienta consistió en el monitoreo in situ y mediciones de caudal en la quebrada Yacutoma. La población de interés fueron las microcuencas que forman parte de la subcuenca del río Cayrán, y la muestra se limitó a la microcuenca del río Huancán. Se obtuvo las siguientes conclusiones: Durante los períodos de sequía (julio y agosto), la demanda de agua alcanza los 220033.09 m³, una cantidad que es satisfecha por una oferta de 274952.06 m³. Además, se observa una buena correspondencia entre la disponibilidad

de agua y los sistemas de riego presurizado. Cada método de riego exhibe un nivel de ajuste y relación diferente, destacando el riego por goteo como el más adecuado. Esto sugiere que la implementación de prácticas de ingeniería de riego podría aumentar significativamente la disponibilidad de agua en la microcuenca.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. ESCORRENTÍA

La escorrentía se define como el flujo de agua que se produce en la superficie de la tierra debido a la precipitación o al deshielo. Es el proceso mediante el cual el agua se desplaza desde su punto de origen, como la lluvia o la nieve derretida, hacia los cuerpos de agua, como los ríos y los océanos. La escorrentía puede ocurrir de manera superficial, dependiendo de cómo se mueva el agua a través del suelo. (Aguilar C. R., 2024)

Escorrentía superficial

La escorrentía superficial se refiere al flujo de agua que se desplaza sobre la superficie del suelo y no se infiltra en él. Esta forma de escorrentía generalmente ocurre después de una lluvia intensa o del deshielo. El agua fluye por la pendiente del terreno, siguiendo el camino de menor resistencia, y puede generar erosión y transporte de sedimentos. La escorrentía superficial es importante en el ciclo hidrológico, ya que puede recargar los cuerpos de agua y contribuir a la formación de ríos y lagos (Flores, 2023)

Escorrentía intermedia

La escorrentía intermedia combina características de la escorrentía superficial. Este tipo de escorrentía se produce cuando parte del agua fluye sobre la superficie del suelo y otra parte se infiltra en el subsuelo. Es fundamental comprender y gestionar adecuadamente la escorrentía intermedia para asegurar la sostenibilidad de los recursos hídricos. (Naarváez, 2023).

Figura 1
Escorrentía



Nota. (Rodríguez & Valdés, 1979)

Los factores que influyen en la generación de escorrentía son diversos y pueden incluir:

- Precipitación: La cantidad y la intensidad de las precipitaciones son factores clave en la generación de escorrentía. Precipitaciones intensas y prolongadas pueden aumentar la escorrentía.
- Características del suelo: La permeabilidad del suelo, su capacidad de retención de agua y su textura influyen en la cantidad de escorrentía generada. Suelos compactos o impermeables tienden a generar más escorrentía que suelos porosos y permeables.
- Topografía: La pendiente del terreno afecta la velocidad y la cantidad de escorrentía. Áreas con pendientes pronunciadas generan más escorrentía que áreas planas.
- Uso del suelo: El tipo de vegetación y la presencia de superficies impermeables (como pavimento o construcciones) pueden afectar la generación de escorrentía. Por ejemplo, áreas urbanizadas suelen generar más escorrentía que áreas con vegetación natural.
- Capacidad de almacenamiento: La capacidad de almacenamiento del suelo y de los cuerpos de agua cercanos también influye en la cantidad de escorrentía generada. Suelos saturados o cuerpos de agua llenos pueden aumentar la escorrentía.

- Cambios en el paisaje: Alteraciones en el paisaje natural, como la deforestación, la urbanización o la construcción de represas, pueden modificar los patrones de escorrentía y aumentar la generación de escorrentía en ciertas áreas.

Existen varios métodos para calcular la escorrentía, algunos de los más comunes son:

Método de la curva de descarga: Este método utiliza datos de precipitación y escorrentía observados para desarrollar una relación entre la lluvia y la escorrentía. Se basa en la idea de que la escorrentía aumenta gradualmente con la precipitación hasta alcanzar un máximo, después del cual la escorrentía se estabiliza.

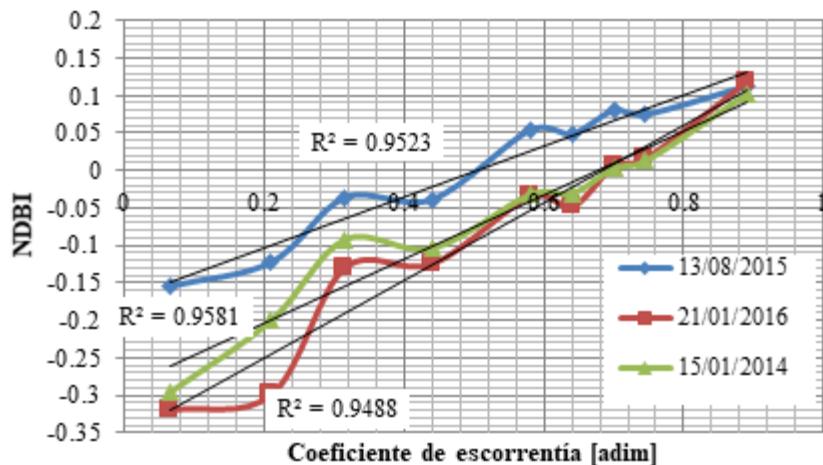
Método del coeficiente de escorrentía: Este método utiliza un coeficiente de escorrentía, que es una fracción de la precipitación total que se convierte en escorrentía. Este coeficiente puede ser determinado empíricamente o utilizando modelos hidrológicos. Muy usado para cuencas, $A < 10$ kilómetro cuadrado (km^2). Considerar que la duración de P es igual a t_c .

$$Q=0.278*C*I*A$$

En la siguiente imagen se muestra los coeficientes de escorrentía en relación y grafico:

Figura 2

Captura de los coeficientes de escorrentía



Nota. (MTC (. d., 2008)

Método del hidrograma unitario: Este método divide una tormenta en varios intervalos de tiempo y calcula la escorrentía para cada intervalo. Luego, se suman las contribuciones de cada intervalo para obtener el hidrograma total de la tormenta. (Chow, 1994)

El procedimiento para derivar hidrogramas unitarios a partir de registros de caudales naturales se lleva a cabo de la siguiente manera:

- Se realiza la separación entre el flujo base y la escorrentía directa.
- Se calcula el volumen correspondiente a la escorrentía directa.
- Las alturas de las curvas del hidrograma de escorrentía directa se dividen por la profundidad observada de la escorrentía.
- Las alturas ajustadas se utilizan para componer el hidrograma unitario. (MTC (. d., 2008, págs. 54-55)

Métodos basados en modelos hidrológicos: Estos métodos utilizan modelos matemáticos para simular el comportamiento del ciclo hidrológico en una cuenca. Estos modelos tienen en cuenta una variedad de factores, como la precipitación, la infiltración, la evaporación y la transpiración de las plantas, para calcular la escorrentía.

Métodos basados en SIG (Sistemas de Información

Geográfica): Estos métodos utilizan datos espaciales y técnicas de análisis espacial para estimar la escorrentía en una cuenca. Los SIG pueden integrar datos de precipitación, topografía, uso del suelo y otros factores para calcular la escorrentía de manera precisa y eficiente.

El hidrograma sintético triangular del SCS se calcula dividiendo el área total del hidrograma entre la duración de la escorrentía directa. Esto da como resultado una tasa de escorrentía constante durante la duración de la escorrentía directa, seguida de una disminución lineal de la escorrentía hasta cero.

Este método es útil para estimar la respuesta hidrológica de una cuenca cuando se dispone de información limitada sobre la precipitación y la escorrentía. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el hidrograma triangular del SCS es una simplificación y puede no ser adecuado para todas las situaciones hidrológica.

2.2.2. DISPONIBILIDAD DE AGUA

La disponibilidad de agua puede ser definida como la cantidad de agua dulce que está disponible para satisfacer las demandas humanas y ecológicas en una determinada área y período de tiempo. Esta disponibilidad puede variar según factores como la precipitación, la evaporación, el uso humano y las políticas de gestión del agua. (Tortajada, 2016)

Aqua en el Perú

La disponibilidad de agua en Perú es variable y está influenciada por una combinación de factores climáticos, geográficos y humanos. Perú cuenta con una gran diversidad de recursos hídricos, que van desde los ríos de la costa hasta los glaciares de la cordillera de los Andes, lo que le otorga una importante cantidad de agua dulce. Sin embargo, esta disponibilidad no está distribuida de manera uniforme a lo largo del territorio y a lo largo del año.

Las regiones de la costa norte y central de Perú reciben escasas

precipitaciones y dependen en gran medida de los ríos alimentados por el deshielo de los Andes, como el Río Santa y el Río Rímac. En contraste, la selva amazónica peruana recibe una alta cantidad de precipitación y cuenta con una extensa red de ríos, siendo el río Amazonas el más destacado.

La disponibilidad de agua en Perú se ve afectada por el cambio climático, la deforestación, la contaminación y la gestión ineficiente de los recursos hídricos. Además, el crecimiento demográfico y el desarrollo económico están generando una mayor demanda de agua para usos domésticos, agrícolas e industriales, lo que plantea desafíos adicionales para la gestión sostenible del agua en el país. (Ministerio de Agricultura y Riego del Perú, 2019).

Oferta hídrica del Perú

La oferta hídrica del Perú es considerable debido a su variedad geográfica y climática. El país cuenta con una amplia red de ríos, lagos, lagunas y glaciares que contribuyen a la disponibilidad de agua dulce. Los principales ríos peruanos incluyen el Amazonas, el más caudaloso del mundo, así como el Marañón, Ucayali, Huallaga, entre otros en la región amazónica. En la región andina, destacan ríos como el Rímac, el Mantaro y el Apurímac, que abastecen de agua a las ciudades y la agricultura en la zona. Además, Perú alberga una gran cantidad de lagos y lagunas, como el lago Titicaca, el lago más grande de América del Sur y el lago navegable más alto del mundo.

Figura 3
Disponibilidad de Agua

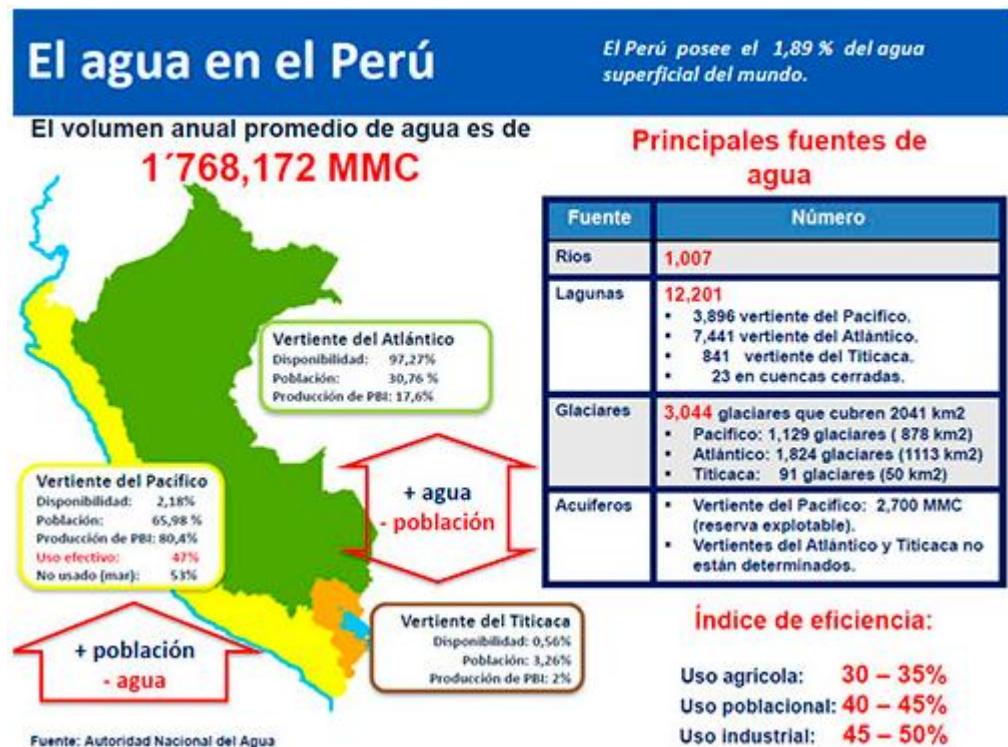


Nota. (ANA, 2015)

La disponibilidad de agua en Perú varía estacionalmente y regionalmente, con mayores precipitaciones en la selva amazónica y en las estaciones lluviosas de la región andina, y menores precipitaciones en la costa desértica. Sin embargo, la oferta hídrica también está influenciada por el cambio climático y la disminución de los glaciares en los Andes, lo que puede afectar la disponibilidad de agua en el largo plazo.

Figura 4

Población, oferta hídrica y numero de cuencas según vertientes



Nota. (ANA, 2015)

2.2.3. GLACIARES ANDINOS

Los glaciares andinos son una importante fuente de agua dulce en la región andina de Sudamérica, incluyendo países como Perú, Bolivia, Ecuador, Colombia, Argentina y Chile. Estos glaciares se encuentran principalmente en las cordilleras de los Andes y desempeñan un papel crucial en la regulación del suministro de agua, especialmente durante la temporada seca, cuando la disponibilidad de agua es limitada.

Los glaciares andinos son sensibles al cambio climático y están experimentando una rápida disminución en su masa debido al aumento de las temperaturas y los cambios en los patrones de precipitación. Esta pérdida de masa glaciar tiene importantes implicaciones para la disponibilidad de agua en la región, ya que los glaciares alimentan ríos importantes que abastecen a las poblaciones locales, a la agricultura y a la generación de energía hidroeléctrica.

La disminución de los glaciares andinos también aumenta el riesgo

de eventos extremos relacionados con el agua, como inundaciones y deslizamientos de tierra, así como la escasez de agua durante la temporada seca. Esto plantea desafíos significativos para la gestión del agua y la adaptación al cambio climático en la región andina. (Bradley, Vuille, Diaz, & Vergara, 2006).

Figura 5

Grupo de montañas en el Perú/andes



Nota. (ANA, 2015)

2.2.4. DEMANDA HÍDRICO

La demanda hídrica en el Perú varía según diferentes sectores y usos, como el abastecimiento de agua potable, la agricultura, la industria, la generación de energía hidroeléctrica, la minería y los usos ecológicos. Cada uno de estos sectores tiene requisitos específicos de agua y contribuye a la demanda total de agua en el país.

Abastecimiento de agua potable: La demanda de agua para consumo humano varía según la población y el acceso al agua potable en áreas urbanas y rurales. Las ciudades y los municipios requieren agua para uso doméstico, así como para fines comerciales e industriales.

Agricultura: La agricultura es el sector que más agua demanda en el Perú. Se utiliza para el riego de cultivos en la costa, la sierra y la selva, siendo la agricultura de regadío la de mayor demanda.

Industria: La industria requiere agua para una variedad de procesos, como la manufactura, el enfriamiento y la generación de energía. Las industrias extractivas, como la minería, también consumen grandes cantidades de agua para la extracción y el procesamiento de minerales.

Generación de energía hidroeléctrica: La generación de energía hidroeléctrica utiliza agua para mover turbinas y generar electricidad. Aunque la demanda de agua directa para este fin es menor que en la agricultura o la industria, la construcción de embalses y represas puede tener un impacto significativo en los ecosistemas acuáticos y en la disponibilidad de agua para otros usos.

Usos ecológicos: Los ecosistemas acuáticos y terrestres también requieren agua para mantener su funcionalidad y biodiversidad. Los ríos, lagos y humedales proporcionan hábitats para una variedad de especies y desempeñan un papel importante en la regulación del ciclo del agua y la calidad del agua.

La demanda hídrica en el Perú está influenciada por factores como el crecimiento de la población, el desarrollo económico, los cambios en los patrones de uso de la tierra y el cambio climático. La gestión sostenible del agua es fundamental para garantizar un suministro adecuado de agua para todos los usuarios y para proteger los ecosistemas acuáticos en el país. (ANA, 2021).

Tabla 1

Demanda Hídrica

Demanda Hídrica	Porcentaje de uso (18972MMC/año)
Agricultura	85.7%
Población	6.7%
Industrial	6.1%
Minero	1%
Pecuario	0.4%

Nota. (ANA, Cifras del agua del Perú, 2021)

2.2.5. ACTIVIDADES PRODUCTIVAS Y USOS DIVERSOS DEL AGUA

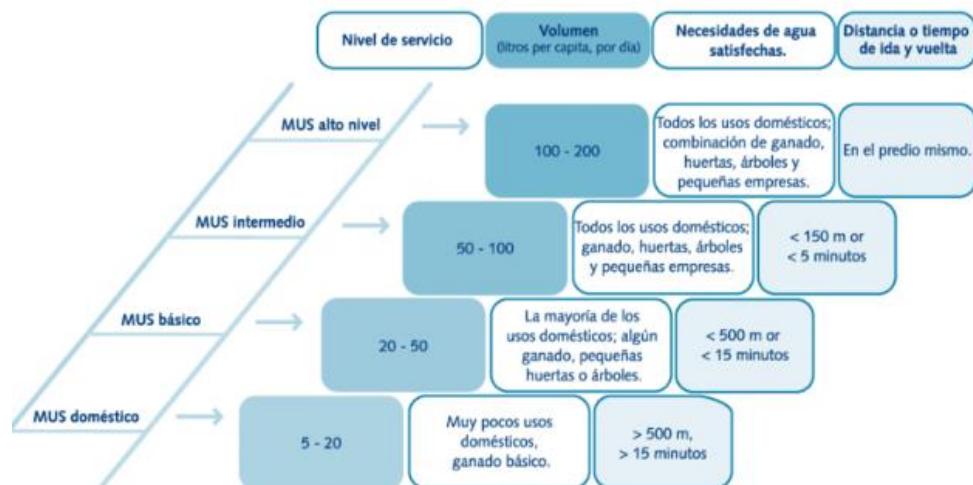
El aprovechamiento del agua en el Perú suele ser poco eficiente. Tanto la población para sus actividades diarias como las actividades económicas utilizan este recurso. Ambos usos se abastecen de las cuencas, que cumplen un papel vital al proporcionar servicios ecosistémicos, como el suministro de alimentos y otros recursos. (ANA, 2015)

Las actividades económicas que se desarrollan en las cuencas y que implican el consumo de agua incluyen:

- Uso agrícola: La agricultura destaca como la principal fuente de producción de alimentos y como la mayor usuaria de recursos hídricos.
- La actividad minera conlleva impactos específicos en el medio ambiente y en la disponibilidad y calidad del agua, especialmente en ciertas cuencas con recursos hídricos muy limitados.

Figura 6

Uso del Agua en escala



Nota. (ANA, 2015)

De acuerdo a la imagen anterior se puede mostrar que el uso es mayor en la agricultura y minería.

El uso agrícola del agua en el Perú está notablemente sesgado hacia la región costera. Los valles costeros, situados en las cuencas de la vertiente del Pacífico y dispuestos perpendicularmente al litoral, son los principales beneficiarios de la distribución del agua para riego. Aproximadamente el 84 % de las tierras agrícolas de la costa están bajo riego, siendo la costa norte la región con la mayor extensión de tierras agrícolas bajo este sistema. En contraste, en la sierra, alrededor del 50,6 % de las tierras agrícolas están bajo riego, mientras que en la selva esta proporción es apenas del 7,4 %.

La minería representa solo el 2 % del consumo total de agua en el país, pero a menudo se desarrolla en áreas con escasez de agua o en las cabeceras de las cuencas, donde se originan los recursos hídricos. Esto sugiere que su impacto a nivel regional y local es mucho más significativo que lo que se refleja a nivel nacional.

2.2.6. ACTIVIDADES PRODUCTIVAS Y USOS DEL AGUA EN EL PERÚ

En el Perú, las actividades productivas y los usos del agua son diversos y abarcan diferentes sectores económicos. Algunas de estas actividades y usos del agua incluyen:

1. Agricultura: La agricultura es uno de los principales usuarios de agua en el país. Se utiliza agua para el riego de cultivos en diversas regiones, tanto en la costa, la sierra como en la selva. Los principales cultivos incluyen arroz, maíz, caña de azúcar, frutas y hortalizas.

2. Minería: La minería es otra actividad importante que utiliza grandes cantidades de agua, especialmente en el proceso de extracción y procesamiento de minerales. Las operaciones mineras pueden ubicarse en áreas con recursos hídricos limitados, lo que puede generar conflictos con otros usuarios del agua.

3. Generación de energía hidroeléctrica: El agua se utiliza en la generación de energía hidroeléctrica mediante la construcción de

represas y la operación de centrales hidroeléctricas. Esta actividad contribuye significativamente a la producción de electricidad en el país.

4. Abastecimiento de agua potable: El agua se utiliza para el abastecimiento de agua potable en áreas urbanas y rurales, tanto para uso doméstico como para uso comercial e industrial.

5. Industria: Diferentes industrias utilizan agua en sus procesos de producción, como la manufactura, la producción de alimentos, la textil y la química.

6. Pesca y acuicultura: El agua se utiliza en actividades de pesca y acuicultura, tanto en aguas marinas como en aguas continentales, para la producción de alimentos y otros productos derivados del mar.

Estas son solo algunas de las actividades productivas y usos del agua en el Perú. La gestión sostenible del agua es fundamental para garantizar un equilibrio entre las necesidades humanas, económicas y ambientales en el país.

2.2.7. CÁLCULO DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA Y ESCORRENTÍA FORMULAS

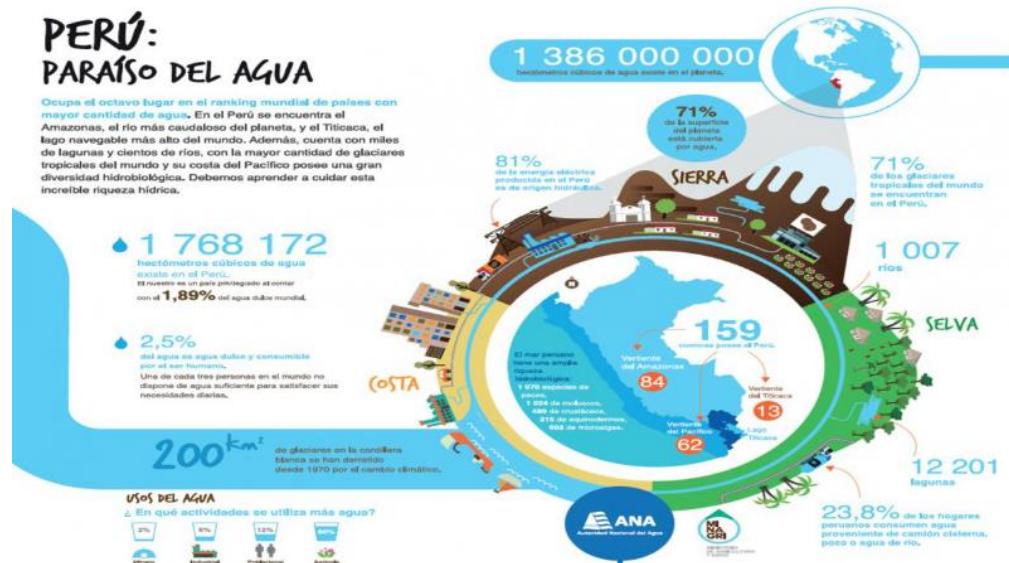
El cálculo de la disponibilidad hídrica puede implicar diversos enfoques y métodos, dependiendo de los datos disponibles y de los objetivos específicos del estudio. Algunas fórmulas y métodos comunes para calcular la disponibilidad hídrica incluyen:

Disponibilidad hídrica superficial: Se puede calcular como la diferencia entre la precipitación media anual y la escorrentía superficial, ajustada por pérdidas y almacenamiento en embalses. La fórmula básica sería:

Disponibilidad Hídrica Superficial = Precipitación media anual - Escorrentía superficial - Pérdidas y almacenamiento

Figura 7

Disponibilidad Hídrica



Nota. (García, López, & Martínez, 2018)

Es importante tener en cuenta que estos son solo ejemplos generales y que el cálculo preciso de la disponibilidad hídrica puede requerir consideraciones adicionales y el uso de datos específicos de la cuenca. (Maidment, 1993).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Balance hídrico:** La comparación entre la disponibilidad hídrica total y la demanda hídrica en una región o cuenca hidrográfica, con el fin de evaluar la suficiencia del suministro de agua y gestionar adecuadamente los recursos hídricos. (Chow, Maidment, & Mays, 1994, pág. 135)
- **Demandas hídricas:** La cantidad de agua requerida para satisfacer las necesidades humanas, agrícolas, industriales y ecológicas en una determinada región durante un período de tiempo específico. (Cahuana & Yugar, 2009)
- **Disponibilidad Hídrica:** La cantidad de agua disponible en una región en un momento dado, considerando tanto las fuentes superficiales, y teniendo en cuenta los usos existentes y las demandas previstas. (Garcia R. L., 2020)
- **Escorrentía superficial:** El flujo de agua que se desplaza sobre la superficie del suelo y que no se infiltra en el mismo, generalmente generada por la lluvia o el deshielo. (Cahuana & Yugar, 2009)
- **Precipitación:** El proceso por el cual el vapor de agua en la atmósfera se condensa y cae a la superficie terrestre en forma de lluvia, nieve, granizo, o llovizna. (Aparicio, 2012)

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

HG: Si la disponibilidad de agua en la cuenca del río Quera en el distrito de Santa María del Valle, Huánuco, durante el año 2024, estará influenciada por las variaciones en las precipitaciones y la generación de escurrimientos.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS:

HE1: Si se recopilan datos meteorológicos precisos durante el año 2024, entonces se podrá cuantificar de manera exacta la precipitación total recibida en la cuenca del río Quera.

HE2: Si la precipitación total y las características hidrológicas de la

cuenca del río Quera son analizadas correctamente, entonces se podrá estimar de manera confiable la generación de escurrimientos durante el año 2024.

HE3: Si se determina adecuadamente el volumen de escurrimientos generados y se consideran las demandas hídricas locales, entonces se podrá establecer la disponibilidad de agua superficial en la cuenca del río Quera para diferentes usos durante el año 2024.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Disponibilidad de agua superficial en la cuenca del río Quera.

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Las variaciones en las precipitaciones y la generación de escurrimientos.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 2

Operacionalización de variables

Variables	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Variable independiente: Las variaciones en las precipitaciones y la generación de escorrentimientos	las precipitaciones como la cantidad de lluvia medida en milímetros o litros por metro cuadrado durante un período de tiempo específico.	Cantidad de lluvia	Volumen de precipitación (mm/m ² o litros/m ²). Intensidad de precipitación (mm/h). Duración de la precipitación (horas)
	La generación de escorrentimientos como el volumen total de agua que fluye a través de la cuenca del río Quera en un período de tiempo	Cantidad de agua que fluye	Caudal del río (m ³ /s o l/s). Volumen total de escorrentimientos (m ³). Velocidad del flujo (m/s). Área de la cuenca contribuyente (km ²).
Variable dependiente: Disponibilidad de agua en la cuenca del río Quera.	Como la cantidad total de agua superficial disponible para su uso en la cuenca del río Quera durante un período de tiempo específico, medida en metros cúbicos (m ³) o litros.	Cantidad y accesibilidad del recurso hídrico	Caudal medio anual del río Quera (m ³ /s o l/s). Demanda del caudal poblacional, riego, ETc, Infiltración y Qecológico (m ³ /s o l/s)

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. ENFOQUE

El enfoque de esta investigación será cuantitativo, dado que se basa en la recolección, medición y análisis de datos numéricos relacionados con las precipitaciones, la generación de escurrimientos y la disponibilidad de agua en la cuenca del río Quera. Según Hernández (2014) el enfoque cuantitativo se caracteriza por emplear la recolección de datos para probar hipótesis y establecer patrones de comportamiento mediante el análisis estadístico. En este sentido, se aplicarán métodos estadísticos y técnicas de modelación hidrológica para analizar la relación entre las variables de precipitación y escorrentía, con el fin de cumplir los objetivos de estimar la oferta hídrica superficial de la cuenca.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

De acuerdo con Hernández (2014), la investigación descriptiva se orienta a caracterizar fenómenos y sus atributos tal como se presentan, sin establecer relaciones causales.

En esa línea, el presente estudio es descriptivo: se describe el comportamiento de la precipitación, la escorrentía y la disponibilidad de agua superficial en la cuenca del río Quera.

3.1.3. DISEÑO

De acuerdo con Hernández (2014), un estudio con diseño no experimental se caracteriza por observar los fenómenos tal como se presentan en su contexto natural, sin manipular las variables ni establecer condiciones de control. Este tipo de diseño se enfoca en analizar hechos ya ocurridos, buscando comprender las relaciones que se manifiestan entre las variables involucradas.

En este sentido, el presente estudio adopta un diseño no experimental, de tipo descriptivo y de corte transversal, ya que se orienta a analizar y describir las variaciones de la precipitación, los escurrimientos y la disponibilidad de agua en la cuenca del río Quera. Los datos hidrometeorológicos utilizados serán recopilados de registros históricos, sin intervención o modificación alguna por parte del investigador. El análisis se realizará en un momento determinado, aplicando métodos estadísticos e hidrológicos de carácter descriptivo.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Según Hernández (2014), la población está conformada por el conjunto total de elementos que comparten características similares y que son objeto de estudio.

En ese sentido, la población de la presente investigación corresponde a la cuenca del río Quera, ubicada en el distrito de Santa María del Valle, Huánuco.

3.2.2. MUESTRA

Según Tamayo (2004), la muestra constituye un subgrupo representativo de la población del cual se obtiene la información necesaria para el estudio, procurando que los resultados puedan extrapolarse al total de la población.

Criterios de inclusión:

- Ubicación geográfica: Se seleccionó un tramo representativo del cauce principal del río Quera que permite el acceso y la obtención de datos hidrometeorológicos de manera continua.
- Disponibilidad de información: Se consideraron los sectores que cuentan con registros históricos de precipitación y caudal proporcionados por las estaciones meteorológicas cercanas.

Criterios de exclusión:

- Duplicidad de información: Se evitó la inclusión de tramos que ya hubieran sido estudiados previamente o que presentaran registros repetidos.
- Alteración de las condiciones naturales: Se descartaron zonas donde la intervención humana o cambios en el cauce pudieran modificar el comportamiento natural del escurrimiento.

En ese sentido, la muestra del presente estudio es un muestreo por conveniencia y corresponde a un tramo de 6 km del cauce del río Quera, comprendido desde la quebrada próxima al centro poblado de San Sebastián de Quera hasta un punto posterior al sector conocido como Casa Acosta, dentro de la región Huánuco. Este tramo fue elegido por su representatividad y accesibilidad para el análisis hidrológico.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Para recolectar datos sobre las precipitaciones, la generación de escurrimientos y la disponibilidad de agua en la cuenca del río Quera, se usó diversas técnicas e instrumentos. Las técnicas que se usaron:

- Pluviometría

Estaciones Meteorológicas (estación de Huánuco, estación de Canchan y la estación de San Rafael)

- Escurrimientos

Método SCS-Curve Number y Método Racional Modificado

Una vez obtenidas las precipitaciones máximas mediante el uso del Excel para calcular el caudal se midió el escurrimiento.

3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Para los datos de precipitación máxima:

Figura 8

Mes-Año y Precipitación máxima por estación

Estación: Huánuco

Latitude:

Latitud:
Longitud:

Longitud:
Altitud:

Años de registro:

Precipitación

Nota. SENAMHI (2024)

Figura 9

Formato para las precipitaciones por año.

Nº	ESTACIÓN	AÑO	Pmáx (mm)	Log P
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			
PROMEDIO (mm)				
DESVIACIÓN ESTÁNDAR				
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (C.V.)				
COEFICIENTE DE ASIMETRÍA				
K/6				
N°				

Nota. SENAMHI (2024)

3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Análisis de Precipitaciones

Se examinó las precipitaciones desde el año 1999 hasta el 2024 con datos de cada mes, descargados del SENAMHI, estos datos se pusieron por cada mes, porque en la página del SENAMHI se tiene la precipitación máxima diaria.

Análisis de Escurrimientos

- Para calcular los caudales se empleó primero el uso de los datos de precipitaciones máximas, una vez calculada la distribución adecuada mediante el HidroEsta se procedió a calcular el caudal para un periodo de retorno de 20, 25, 50 y 100 años mediante el método racional modificado empleado en el Excel y así se obtuvo el caudal del río Quera para ese periodo de retorno.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1. PRECIPITACIÓN.

El presente estudio se desarrolló en la cuenca del río Quera, ubicada en el distrito de Santa María del Valle, provincia y región de Huánuco. El cauce principal del río comprende un tramo de 6 kilómetros de longitud, delimitado entre las coordenadas -9.852792, -76.293235 y -9.848557, -76.246179, que corresponde a una zona representativa por su aporte hídrico y su accesibilidad para el análisis hidrológico. Este sector presenta una topografía moderadamente accidentada, con presencia de laderas y quebradas afluentes que contribuyen al escurrimiento superficial, característico de las cuencas altoandinas de la región central del Perú.

Figura 10

Longitud de Cauce



Nota. Google Earth (2024)

Para la caracterización hidrometeorológica de la cuenca se emplearon datos provenientes de tres estaciones meteorológicas del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI): Huánuco, Canchan y San Rafael.

- La estación Huánuco se ubica a una altitud de 1,947 m s.n.m., con coordenadas 09°57'7.24" S y 76°14'54.8" O
- La estación Canchan, a 1,986 m s.n.m., se localiza en 09°55'15.43" S y 76°18'34.62" O
- La estación San Rafael se encuentra a 2,699 m s.n.m., en 10°19'45.3" S y 76°10'35.7" O.

Todas las estaciones cuentan con registros continuos desde 1999 hasta 2024, lo que proporciona una base de datos sólida y homogénea para el análisis de las precipitaciones y la estimación de los escurrimientos en la cuenca del río Quera.

Estación: Huánuco

Ubicación:

Latitud: 09°57'7.24"

Altitud: 1947 msnm

Longitud: 76°14'54.8"

Años de registro: 1999-2024

Tabla 3

Precipitaciones máximas por mes de la estación Huánuco

AÑO / MES / DÍA	PRECIPITACION MAXIMA (mm)											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1999	81.7	88.5	109.3	22.3	18.4	15.1	8.6	0.6	57.6	20.8	33.8	58.2
2000	68.2	89.6	148.0	30.3	10.1	16.0	3.6	17.1	11.9	9.5	61.0	77.2
2001	45.2	36.2	85.2	46.2	10.4	3.3	8.4	10.2	7.4	36.9	72.7	55.8
2002	29.5	56.4	83.1	56.5	18.2	2.9	12.8	4.1	8.4	109.8	40.8	20.3
2003	44.7	26.9	70.5	24.6	14.3	0.3	0.1	9.4	12.6	17.1	77.3	83.1
2004	33.6	31.7	56.9	31.2	24.8	5.1	5.6	16.7	16.2	28.6	34.8	104.6
2005	32.6	45	92.7	12.2	1.4	0	2	8.6	5.8	51.5	26.3	106.9
2006	81.9	48.4	112.7	38.6	2	6.2	3.5	2.9	11.4	46	66.7	89.1
2007	33.9	6.9	83.1	35.8	7.8	1.9	6.7	3.9	4.4	59.2	40.6	70.3
2008	29.8	90.8	91.3	36.3	3.6	5.5	0.1	2	33.4	38	50.9	68.1
2009	67.2	72.5	87.9	57.2	13.7	10.3	11.9	4.4	11	44.6	40.2	59.6
2010	21.8	85.9	91.6	19	3.4	2.6	4.9	7.2	13.6	26.7	55.1	81.9
2011	74.3	64	141.6	43.9	21.1	5.7	1.9	3.7	22.6	67.7	56.6	114.2
2012	78.6	55.7	30.1	75.9	13.7	3.8	7.8	3.4	4.9	75	94.5	154.7

2013	36.2	90	92	33.6	5.7	10.7	12.5	22.1	6.6	37.8	71.3	76.1
2014	72	92	76.3	43.1	29.2	6.6	2.9	0.7	28.9	49.7	32.1	84.9
2015	75.6	48.9	62.3	59	37.8	2.8	3.9	2.3	3.1	22.7	71.4	35.3
2016	34.7	47.3	67.8	11.6	0.2	0.8	0.2	1.1	1.7	34.3	37.5	70.2
2017	72.1	70.9	74	24.6	12.3	4	4.8	5.1	15.9	32.3	49.4	132.1
2018	88.5	87.9	85.3	61.4	10.6	11.3	2.4	9.8	18.1	96.1	47.6	52.3
2019	116.5	56.3	130.9	20.2	9.1	12	1.1	4.4	13.4	58.5	18.5	125.2
2020	42.4	61.2	-	-	-	-	5.9	0.6	4.8	24.3	15.3	56.3
2021	74.8	72.2	66.5	33.8	3.2	3.2	0.9	3.2	29.7	34.2	126.7	39
2022	54.4	82.6	50.3	15.5	9.6	9.6	6	11	10	10.3	28.7	79.1
2023	33.9	84.8	142.6	22.8	35.2	0.0	0.3	1.7	13.6	47.1	33.5	58.7
2024	121.2	62.2	59.5	14.1	-	20.6	0.3	11.4	5.0	41.1	96.2	69.8

Nota. Datos obtenidos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI, 2024), registros históricos de precipitación de la estación Huánuco, periodo 1999–2024.

Estación: Canchan

Ubicación:

Latitud: 09°55'15.43"

Altitud: 1986 msnm

Longitud: 76°18'34.62"

Años de registro: 1999-2024

Tabla 4*Precipitaciones máximas por mes de la estación Canchan*

Estación: CANCHAN												
AÑO / MES / DÍA	PRECIPITACION MAXIMA (mm)											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1999	83.0	94.2	136.3	20.9	8.5	4.4	5.2	1.5	23.6	16.5	44.9	75.7
2000	79.3	81.7	132.9	14.2	4.6	17.6	9.0	22.1	12.4	26.4	31.0	83.6
2001	115.4	43.5	94.8	38.2	11.4	3.0	14.2	5.1	12.7	52.8	-	70.4
2002	18.7	58.4	103.8	46.5	20.0	1.7	24.5	9.8	12.1	65.3	35.3	39.2
2003	50.1	42.4	86.2	31.7	13.0	0.0	0.0	9.7	20.6	43.8	62.6	88.2
2004	29.6	60.7	89.9	18.2	31.7	11.4	8.6	17.8	19.7	51.7	22.1	87.7
2005	77.6	69.9	105.0	14.1	1.0	0.0	6.6	20.4	11.0	47.3	28.8	147.8
2006	122.5	57.9	99.6	33.8	5.7	10.3	1.0	1.4	17.0	82.9	69.1	88.9
2007	45.0	4.4	64.0	22.6	20.1	0.0	4.6	3.0	5.8	67.3	49.4	67.1
2008	74.0	94.4	78.6	48.2	5.8	1.9	2.1	3.6	32.0	37.7	43.8	73.7
2009	111.0	96.9	90.3	71.0	5.8	16.1	12.2	1.6	10.1	41.0	50.1	95.8
2010	26.4	116.6	88.9	29.9	8.1	0.0	2.4	5.3	20.7	39.1	69.6	65.8
2011	80.5	65.9	107.4	31.4	25.2	0.0	2.4	3.5	9.3	88.8	48.1	113.2
2012	78.8	83.7	27.9	58.9	10.3	3.4	6.3	4.8	4.0	66.3	84.5	159.0
2013	64.2	98.8	127.7	49.6	5.7	27.1	13.4	27.6	4.6	41.7	56.0	76.7
2014	69.3	120.6	91.8	42.7	41.4	2.4	6.8	0.0	36.9	47.5	27.6	93.0
2015	58.6	81.2	67.5	40.1	55.8	0.0	0.5	1.6	4.9	22.6	72.0	45.2
2016	25.4	59.7	35.6	11.6	1.0	0.0	4.2	3.9	3.5	38.6	42.2	68.4
2017	66.2	74.6	77.5	22.8	17.6	3.1	3.9	5.0	10.7	25.7	54.1	145.0
2018	92.7	89.6	87.9	45.1	7.2	9.6	4.6	10.8	15.1	105.3	36.1	55.2
2019	115.2	55.0	93.3	34.2	4.1	13.7	6.2	3.2	11.1	45.6	36.9	153.7

2020	-	66.3	-	-	-	-	-	3.4	18.8	10.2	48.5
2021	79.6	62.8	60.4	36.2	23.4	15.8	-	-	-	-	77.0
2022	57.7	93.2	65.1	14.3	5.6	12.2	2.8	20.8	9.0	13.9	35.7
2023	27.3	96.4	142.3	17.1	49.9	0.5	0.0	5.6	44.1	28.5	38.4
2024	125.4	71.8	81.7	11.4	9.0	37.5	0.0	7.6	3.0	34.9	84.8

Nota. Datos obtenidos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI, 2024), registros históricos de precipitación de la estación Huánuco, periodo 1999–2024.

Estación: San Rafael

Ubicación:

Latitud: 10°19'45.3"

Altitud: 2699 msnm

Longitud: 76°10'35.7"

Años de registro: 1999-2024

Tabla 5

Precipitaciones máximas por mes de la estación San Rafael

Estación: SAN RAFAEL												
MES / DÍA	AÑO / PRECIPITACION MAXIMA (mm)											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1999	-	160.1	115.1	42.8	11.7	10.9	4.4	13.2	64.4	24.0	75.0	63.1
2000	119.9	100.9	158.6	47.5	9.7	20.5	5.4	35.0	22.1	46.2	33.4	113.1
2001	125.4	100.9	134.0	72.1	10.5	11.1	26.5	13.0	28.0	68.9	104.6	151.7
2002	35.1	88.0	157.8	38.6	32.2	3.2	30.3	1.2	17.5	106.8	63.0	135.4
2003	67.1	47.3	116.5	101.4	8.6	7.2	0.0	33.2	28.6	19.4	83.3	126.8

2004	40.2	84.3	60.7	53.5	45.7	16.7	5.0	9.5	45.0	66.0	86.3	172.9
2005	71.5	100.4	125.5	-	1.9	0.0	4.4	16.4	30.1	55.2	67.8	72.7
2006	112.0	68.7	104.6	54.2	0.9	9.7	5.8	9.8	22.1	64.3	97.9	96.9
2007	93.6	18.9	157.3	47.4	18.5	0.7	41.0	3.7	21.7	67.4	70.3	114.6
2008	100.2	133.2	58.8	35.4	21.2	14.5	1.9	3.9	89.4	84.8	42.3	100.2
2009	84.9	75.2	108.8	44.0	54.1	8.6	21.8	13.8	25.2	42.9	97.5	114.7
2010	134.9	133.6	111.1	78.3	24.9	5.2	10.6	5.4	9.9	43.9	43.1	134.2
2011	125.7	116.7	104.9	53.4	33.7	1.0	1.6	5.2	32.4	66.2	49.4	157.3
2012	85.1	123.2	63.0	111.6	12.1	30.2	3.3	11.2	8.3	77.2	83.8	223.0
2013	94.0	135.9	123.1	71.4	11.9	16.9	7.5	39.4	24.5	104.3	96.5	175.6
2014	110.1	155.5	134.2	44.5	37.3	3.0	0.0	11.5	81.0	19.5	51.4	72.4
2015	97.4	50.7	81.8	57.0	50.6	0.7	6.9	7.7	12.8	25.3	73.6	88.6
2016	49.6	148.5	63.9	61.9	16.4	1.5	2.2	2.2	9.4	75.2	53.9	122.6
2017	109.6	104.8	139.5	36.9	45.2	1.3	14.0	8.6	45.4	62.3	54.9	149.6
2018	118.8	124.5	162.0	81.3	20.4	20.5	15.8	12.8	22.5	124.8	87.2	83.6
2019	162.3	-	167.0	76.0	23.1	4.8	6.8	0.8	26.7	62.3	46.2	171.9
2020	43.6	132.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	69	-	68.4
2022	102	127.8	-	50.1	18.4	6.8	12.5	8.9	26.9	87.9	82.1	112.2
2023	60.8	70.7	115.9	28.6	50.7	2.7	0.0	34.3	7.9	43.2	80.0	103.2
2024	158.8	126.1	112.9	33.5	-	9.0	0.1	8.3	10.4	52.4	117.6	63.4

Nota. Datos obtenidos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI, 2024), registros históricos de precipitación de la estación Huánuco, periodo 1999–2024.

Para continuar con el desarrollo, procedemos a mostrar la tabla de precipitaciones promedio por año y se procede a usar el Hidroesta, para así con ello poder calcular el caudal para un periodo de retorno de 20, 25, 50 y 100 años.

ESTACIÓN HUÁNUCO:

Tabla 6

Precipitaciones promedio por año

Nº	ESTACIÓN	AÑO	Pprom (mm)
1	HUÁNUCO	1999	42.91
2	HUÁNUCO	2000	45.21
3	HUÁNUCO	2001	34.83
4	HUÁNUCO	2002	36.90
5	HUÁNUCO	2003	31.74
6	HUÁNUCO	2004	32.48
7	HUÁNUCO	2005	32.08
8	HUÁNUCO	2006	42.45
9	HUÁNUCO	2007	29.54
10	HUÁNUCO	2008	37.48
11	HUÁNUCO	2009	40.04
12	HUÁNUCO	2010	34.48
13	HUÁNUCO	2011	51.44
14	HUÁNUCO	2012	49.84
15	HUÁNUCO	2013	41.22
16	HUÁNUCO	2014	43.20
17	HUÁNUCO	2015	35.43
18	HUÁNUCO	2016	25.62
19	HUÁNUCO	2017	41.46
20	HUÁNUCO	2018	47.61
21	HUÁNUCO	2019	47.18
22	HUÁNUCO	2020	26.35
23	HUÁNUCO	2021	41.70
24	HUÁNUCO	2022	31.39
25	HUÁNUCO	2023	39.52
26	HUÁNUCO	2024	45.58

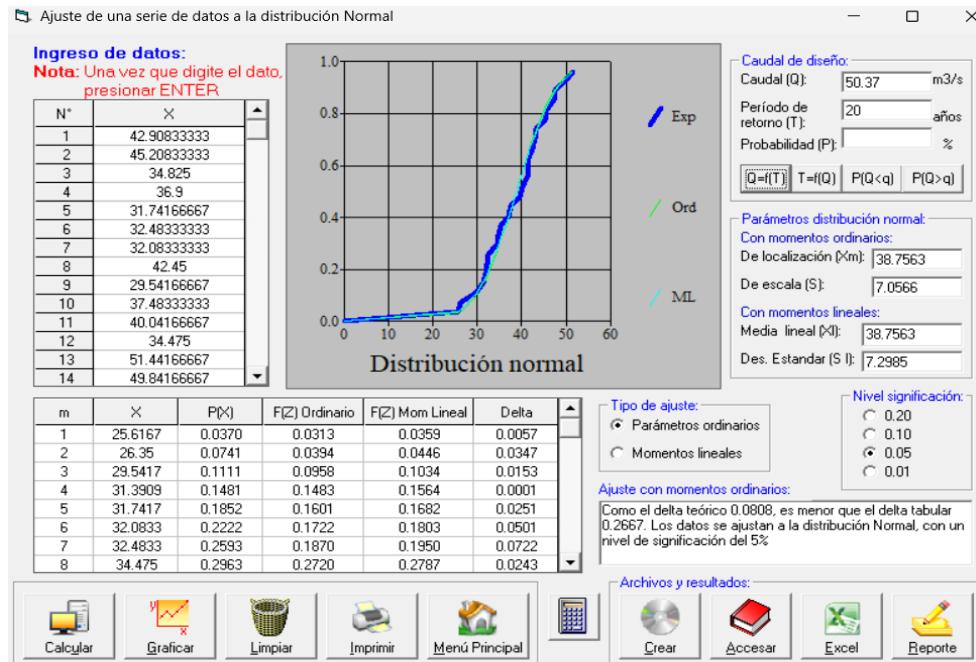
Análisis e Interpretación:

Se recopiló los datos y se procesó para el cálculo de las precipitaciones promedio anuales de la estación Huánuco.

Para su posible procesamiento estadístico con HidroEsta con los métodos: Distribución normal, Distribución log-normal y Gumbel.

Figura 11

HidroEsta distribución normal para un T: 20 años

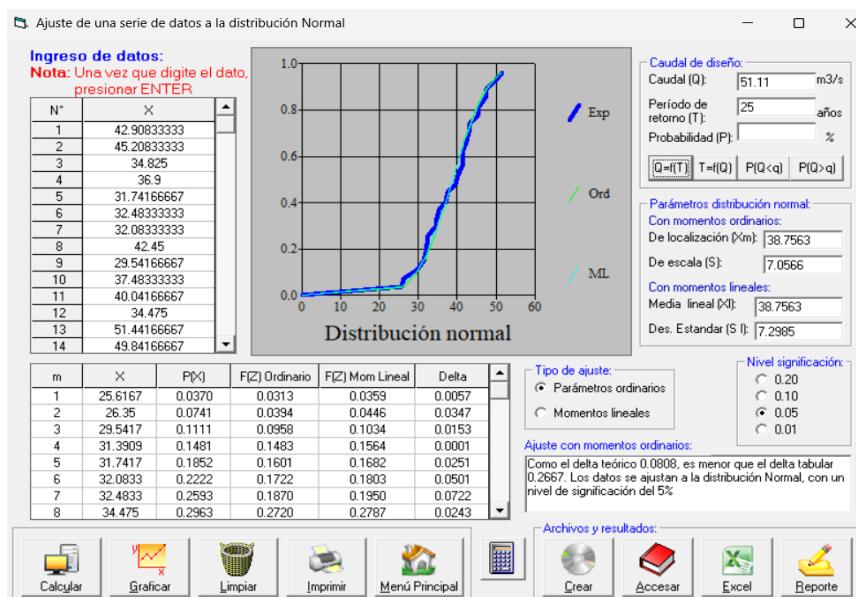


Análisis e Interpretación:

Para la distribución normal de un periodo de retorno de 20 años se tiene una precipitación máxima de 50.37 y un delta teórico de 0.0808.

Figura 12

HidroEsta distribución normal para un T: 25 años

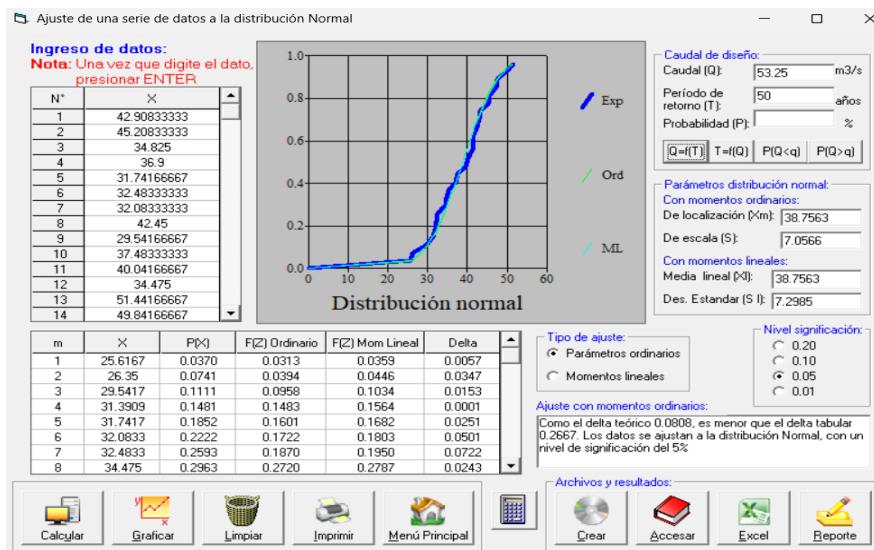


Análisis e Interpretación:

Para la distribución normal de un periodo de retorno de 25 años se tiene una precipitación máxima de 51.11 y un delta teórico de 0.0808.

Figura 13

HidroEsta distribución normal para un T: 50 años

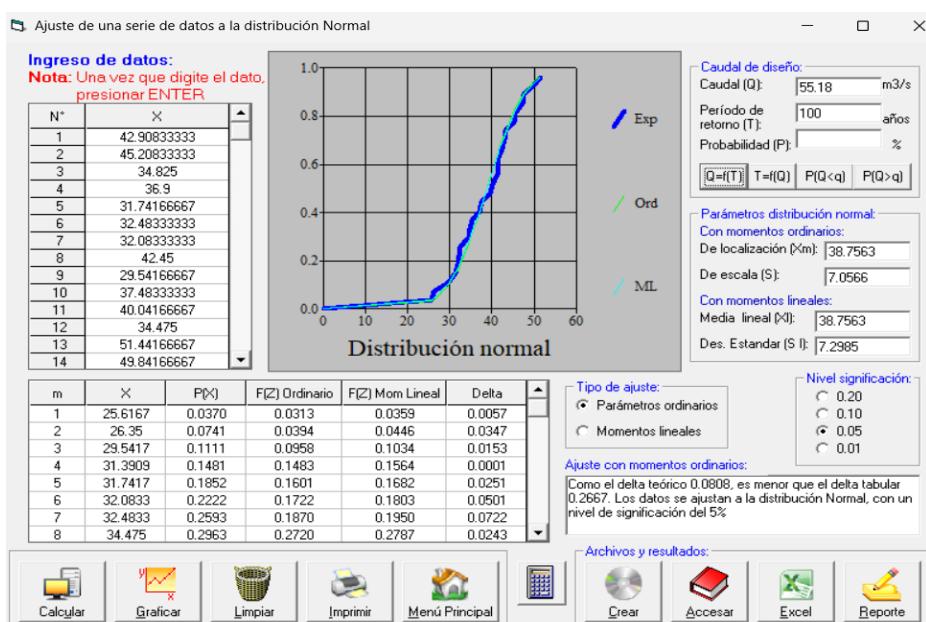


Análisis e Interpretación:

Para la distribución normal de un periodo de retorno de 50 años se tiene una precipitación máxima de 53.25 y un delta teórico de 0.0808.

Figura 14

HidroEsta distribución normal para un T: 100 años

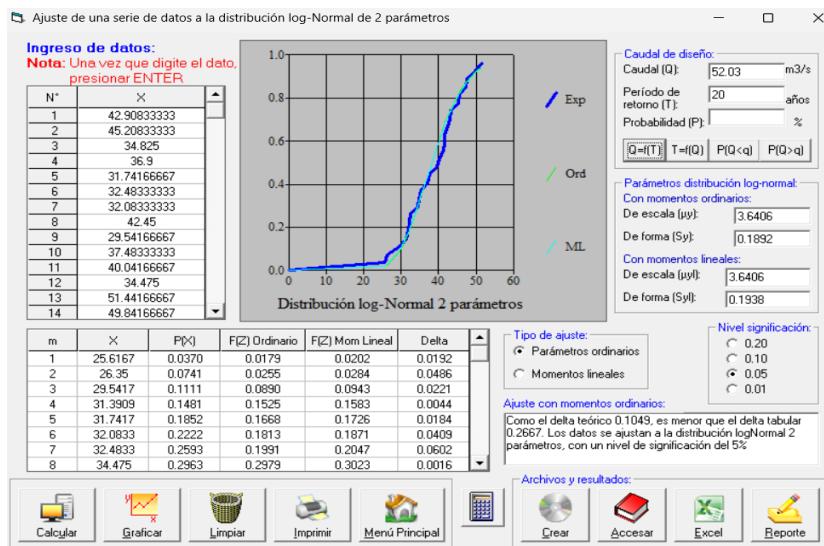


Análisis e Interpretación:

Para la distribución normal de un periodo de retorno de 100 años se tiene una precipitación máxima de 55.18 y un delta teórico de 0.0808.

Figura 15

HidroEsta distribución log-normal para un T: 20 años

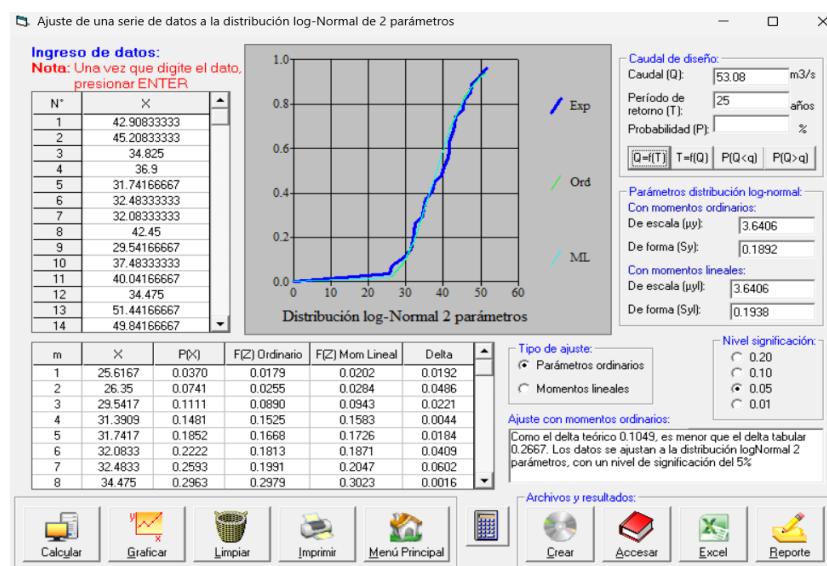


Análisis e Interpretación:

Para la distribución log-normal de un periodo de retorno de 20 años se tiene una precipitación máxima de 52.03 y un delta teórico de 0.1049.

Figura 16

HidroEsta distribución log-normal para un T: 25 años

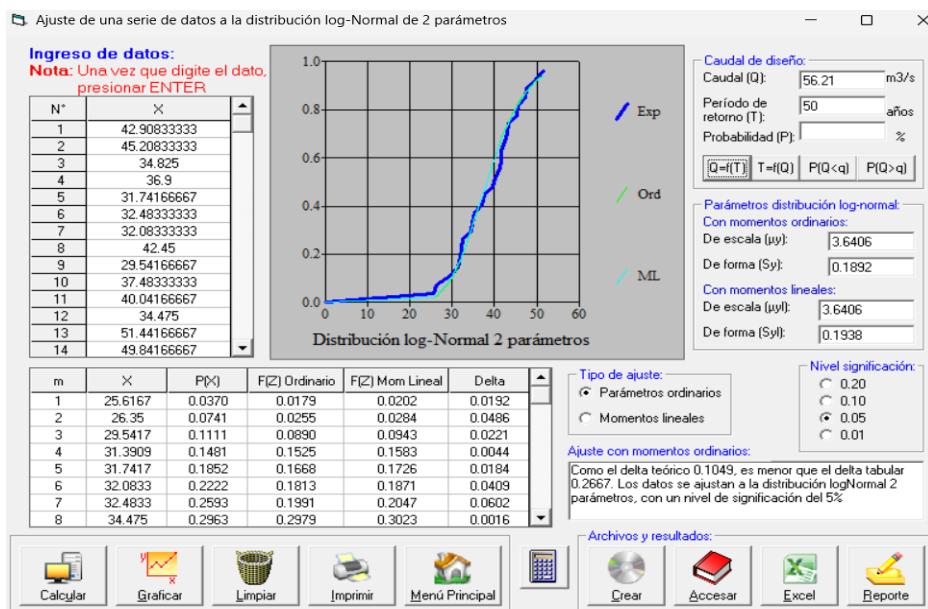


Análisis e Interpretación:

Para la distribución log-normal de un periodo de retorno de 25 años se tiene una precipitación máxima de 53.08 y un delta teórico de 0.1049.

Figura 17

HidroEsta distribución log-normal para un T: 50 años

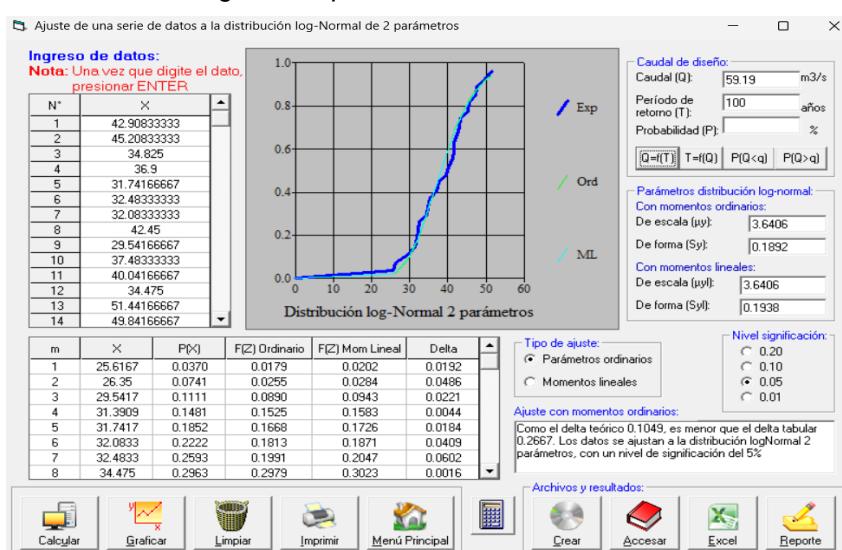


Análisis e Interpretación:

Para la distribución log-normal de un periodo de retorno de 50 años se tiene una precipitación máxima de 56.21 y un delta teórico de 0.1049.

Figura 18

HidroEsta distribución log-normal para un T: 100 años

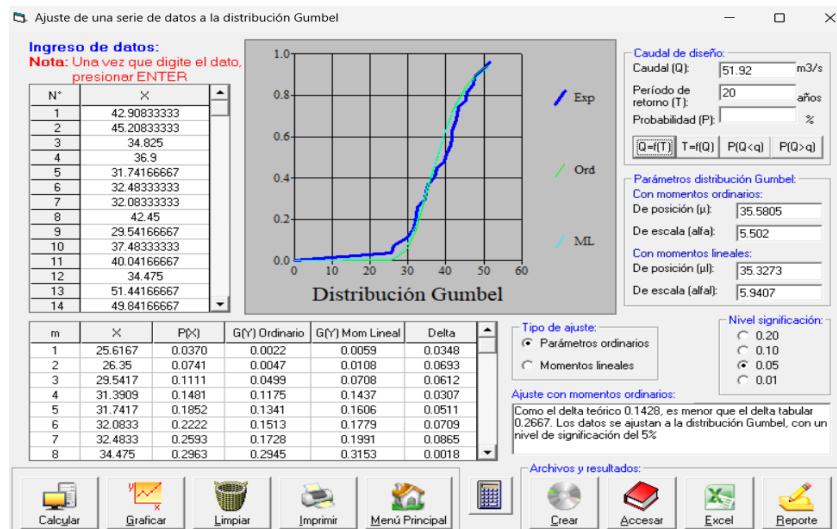


Análisis e Interpretación:

Para la distribución log-normal de un periodo de retorno de 100 años se tiene una precipitación máxima de 59.19 y un delta teórico de 0.1049.

Figura 19

HidroEsta distribución Gumbel para un T: 20 años

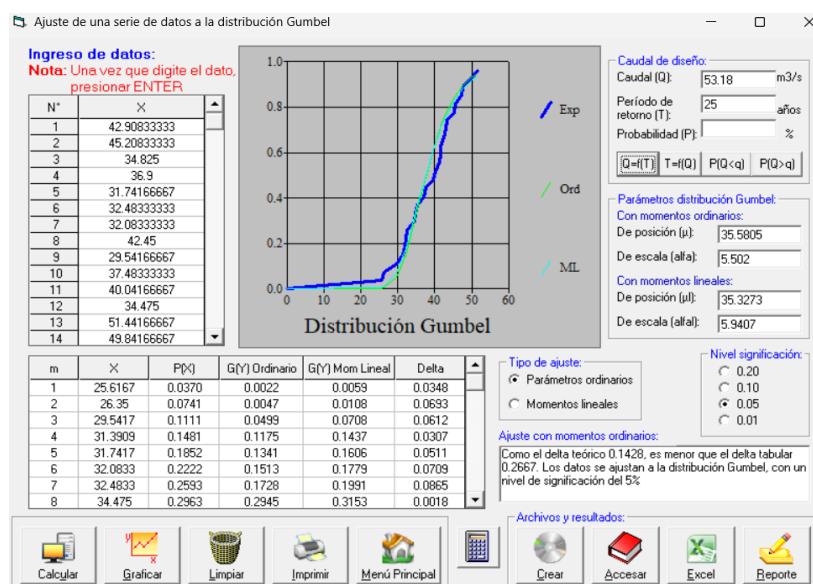


Análisis e Interpretación:

Para la distribución Gumbel de un periodo de retorno de 20 años se tiene una precipitación máxima de 51.92 y un delta teórico de 0.1428.

Figura 20

HidroEsta distribución Gumbel para un T: 25 años

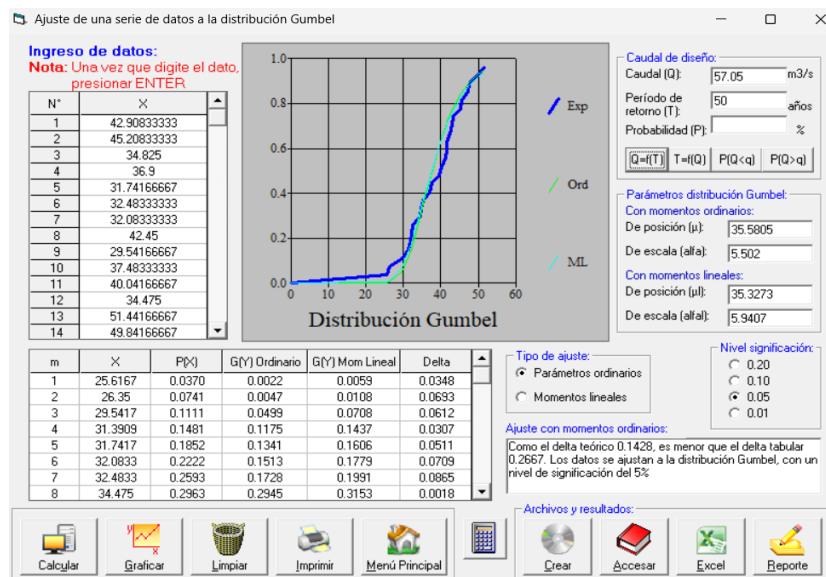


Análisis e Interpretación:

Para la distribución Gumbel de un periodo de retorno de 25 años se tiene una precipitación máxima de 53.18 y un delta teórico de 0.1428.

Figura 21

HidroEsta distribución Gumbel para un T: 50 años

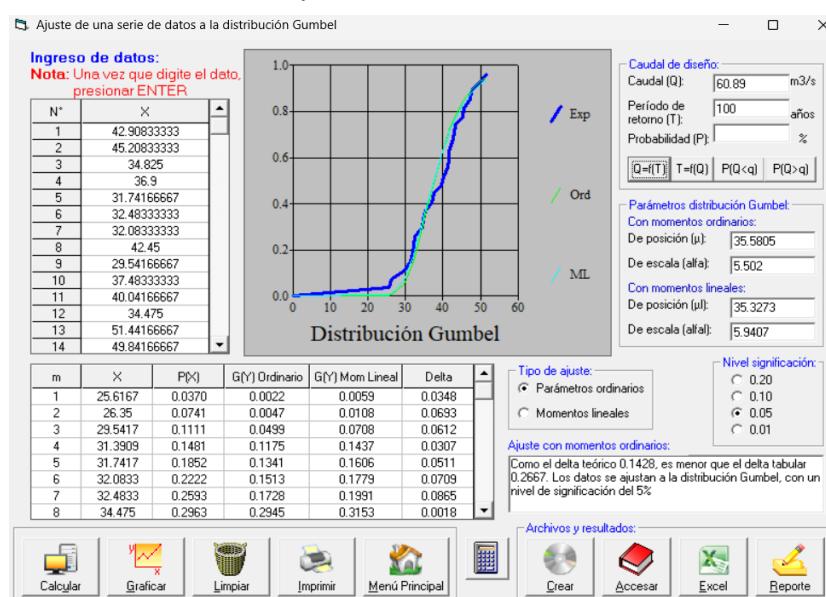


Análisis e Interpretación:

Para la distribución Gumbel de un periodo de retorno de 50 años se tiene una precipitación máxima de 57.05 y un delta teórico de 0.1428.

Figura 22

HidroEsta distribución Gumbel para un T: 100 años



Análisis e Interpretación:

Para la distribución Gumbel de un periodo de retorno de 100 años se tiene una precipitación máxima de 60.89 y un delta teórico de 0.1428.

El mismo proceso que hicimos para la estación Huánuco realizamos para las demás estaciones sin embargo mostraremos los procesos de los métodos de distribución normal, log-normal y Gumbel para las demás estaciones Canchan y San Rafael para los tiempos de retorno de 20, 25, 50 y 100 años en los anexos.

Seguidamente mostraremos la tabla resumen de los métodos procesados para un tiempo de retorno de 20, 25, 50 y 100 años de las 3 estaciones anteriormente mencionadas:

PARA HUÁNUCO

Tabla 7

Parámetros estadísticos para la estación Huánuco

PARAMETROS ESTADISTICOS	
Nºde datos	26
Sumatoria	1007.66
Valor max	51.44
Valor min	25.62
Media	38.76
Varianza	49.80
Desv. Estand	7.06
Coef. Variación	0.18
Coef. Sesgo	-0.11

Tabla 8

Resumen de los 3 métodos estadísticos para Huánuco

T (años)	Precipitaciones		
	D. Normal	D. Log Normal	D. Gumbel
20	50.37	52.03	51.92
25	51.11	53.08	53.18
50	53.25	56.21	57.05
100	55.18	59.19	60.89
	0.0808	0.1049	0.1428

Análisis e Interpretación

De las tablas anteriores podemos concluir que se va utilizar los valores de la distribución normal cuales resultados fueron: 50.37, 51.11, 53.25 y 55.18 para los tiempos de retorno 20, 25, 50 y 100 respectivamente tomamos esta decisión debido a que el coeficiente menor es 0.0808.

PARA CANCHAN:

Tabla 9

Parámetros estadísticos para la estación Canchan

PARAMETROS ESTADISTICOS	
N°de datos	26
Sumatoria	1088.65
Valor max	50.74
Valor min	24.51
Media	41.87
Varianza	49.25
Desv. Estand	7.02
Coef. Variación	0.17
Coef. Sesgo	-0.84

Tabla 10

Resumen de los 3 métodos estadísticos para Canchan

T (años)	Precipitaciones		
	D. Normal	D. Log Normal	D. Gumbel
20	53.42	55.93	54.96
25	54.16	57.04	56.21
50	56.29	60.33	60.06
100	58.2	63.46	63.88
	0.0981	0.134	0.1678

Análisis e Interpretación

De las tablas anteriores podemos concluir que se va utilizar los valores de la distribución normal cuales resultados fueron: 53.42, 54.16, 56.29 y 58.20 para los tiempos de retorno 20, 25, 50 y 100 respectivamente tomamos esta decisión debido a que el coeficiente menor es 0.0981.

PARA SAN RAFAEL

Tabla 11

Parámetros estadísticos para la estación San Rafael

PARAMETROS ESTADISTICOS	
Nºde datos	26
Sumatoria	1582.75
Valor max	88.10
Valor min	46.09
Media	60.88
Varianza	88.55
Desv. Estand	9.41
Coef. Variación	0.15
Coef. Sesgo	0.96

Tabla 12

Resumen de los 3 métodos estadísticos para San Rafael

T (años)	Precipitaciones		
	D. Normal	D. Log Normal	D. Gumbel
20	76.36	76.89	78.43
25	77.35	78.11	80.11
50	80.21	81.7	85.27
100	82.77	85.08	90.39
	0.0912	0.0638	0.0675

Análisis e Interpretación

De las tablas anteriores podemos concluir que se va utilizar los valores de la distribución log-normal cuales resultados fueron: 76.89, 78.11, 81.70 y 85.08 para los tiempos de retorno 20, 25, 50 y 100 respectivamente tomamos esta decisión debido a que el coeficiente menor es 0.0638.

4.1.1.1. INTENSIDAD

Con los resultados calculados de las precipitaciones procederemos a calcular las intensidades dentro de las 3 estaciones dadas.

PARA HUÁNUCO

Tabla 13

Duración de las precipitaciones en Huánuco

Duración	PRECIPITACIONES			
	50.37	51.11	53.25	55.18
PERÍODO DE RETORNO (años)				
20	25	50	100	
PRECIPITACIÓN (mm)				
5	12.23	12.41	12.93	13.39
20	17.29	17.55	18.28	18.94
40	20.56	20.87	21.74	22.53
60	22.76	23.09	24.06	24.93
90	25.19	25.56	26.63	27.59
120	27.06	27.46	28.61	29.65
180	29.95	30.39	31.66	32.81
240	32.18	32.66	34.02	35.26
300	34.03	34.53	35.98	37.28
360	35.62	36.14	37.65	39.02
720	42.36	42.98	44.78	46.40
1440	50.37	51.11	53.25	55.18

Tabla 14

Intensidad máxima de las pp en Huánuco

TIEMPO DE DURACION		INTENSIDAD MÁXIMA PP (mm) POR TIEMPO DE DURACION (mm/Hr)			
min	hr	20.00	25.00	50.00	100.00
5	0.08	146.73	148.88	155.11	160.74
20	0.33	51.88	52.64	54.84	56.83
40	0.67	30.85	31.30	32.61	33.79
60	1.00	22.76	23.09	24.06	24.93
90	1.50	16.79	17.04	17.75	18.39
120	2.00	13.53	13.73	14.31	14.82
180	3.00	9.98	10.13	10.55	10.94
240	4.00	8.05	8.16	8.51	8.81
300	5.00	6.81	6.91	7.20	7.46
360	6.00	5.94	6.02	6.28	6.50
720	12.00	3.53	3.58	3.73	3.87
1440	24.00	2.10	2.13	2.22	2.30

Análisis e Interpretación:

Según las tablas anteriores podemos apreciar la intensidad de las precipitaciones desde 5 min hasta las 24 horas para los diferentes tiempos de retorno. Con esto podremos observar la intensidad max representada en (mm/Hr)

Representación matemática de las curvas Intensidad - Duración - Período de retorno:

$$I = \frac{K * T^m}{t^n}$$

Donde:

I = Intensidad (mm/hr)

t = Duración de la lluvia (min)

T = Período de retorno (años)

K, m, n = Parámetros de ajuste

Realizando un cambio de variable:

$$d = K * T^m$$

Con lo que de la anterior expresión se obtiene:

$$I = \frac{d}{t^n} \Rightarrow I = d * t^{-n}$$

Tabla 15

Periodo de retorno para $T = 20$ años

Periodo de retorno para T = 20 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	5	146.7253	1.6094	4.9886	8.0288	2.5903
2	20	51.8752	2.9957	3.9488	11.8297	8.9744
3	40	30.8452	3.6889	3.4290	12.6491	13.6078
4	60	22.7572	4.0943	3.1249	12.7943	16.7637
5	90	16.7900	4.4998	2.8208	12.6930	20.2483
6	120	13.5315	4.7875	2.6050	12.4715	22.9201
7	180	9.9834	5.1930	2.3009	11.9486	26.9668
8	240	8.0459	5.4806	2.0852	11.4280	30.0374
9	300	6.8060	5.7038	1.9178	10.9387	32.5331
10	360	5.9362	5.8861	1.7811	10.4835	34.6462
11	720	3.5297	6.5793	1.2612	8.2978	43.2865
12	1440	2.0988	7.2724	0.7413	5.3913	52.8878
12	3575	318.9244	57.7908	31.0046	128.9544	305.4624
Ln (d) = 6.1956		d = 490.6057		n = -0.7500		

Tabla 16Periodo de retorno para $T = 25$ años

Periodo de retorno para T = 25 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	5	148.8809	1.6094	5.0031	8.0523	2.5903
2	20	52.6373	2.9957	3.9634	11.8734	8.9744
3	40	31.2984	3.6889	3.4436	12.7029	13.6078
4	60	23.0915	4.0943	3.1395	12.8541	16.7637
5	90	17.0367	4.4998	2.8354	12.7586	20.2483
6	120	13.7303	4.7875	2.6196	12.5413	22.9201
7	180	10.1301	5.1930	2.3155	12.0243	26.9668
8	240	8.1641	5.4806	2.0997	11.5079	30.0374
9	300	6.9060	5.7038	1.9324	11.0219	32.5331
10	360	6.0234	5.8861	1.7956	10.5694	34.6462
11	720	3.5815	6.5793	1.2758	8.3937	43.2865
12	1440	2.1296	7.2724	0.7559	5.4974	52.8878
12	3575	323.6098	57.7908	31.1796	129.7972	305.4624
Ln (d) = 6.2102		d = 497.8133		n = -0.7500		

Tabla 17Periodo de retorno para $T = 50$ años

Periodo de retorno para T = 50 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	5	155.1146	1.6094	5.0442	8.1183	2.5903
2	20	54.8413	2.9957	4.0044	11.9962	8.9744
3	40	32.6088	3.6889	3.4846	12.8542	13.6078
4	60	24.0584	4.0943	3.1805	13.0220	16.7637
5	90	17.7500	4.4998	2.8764	12.9432	20.2483
6	120	14.3052	4.7875	2.6606	12.7377	22.9201
7	180	10.5542	5.1930	2.3565	12.2373	26.9668
8	240	8.5059	5.4806	2.1408	11.7328	30.0374
9	300	7.1951	5.7038	1.9734	11.2559	32.5331
10	360	6.2756	5.8861	1.8367	10.8108	34.6462
11	720	3.7315	6.5793	1.3168	8.6636	43.2865
12	1440	2.2188	7.2724	0.7969	5.7957	52.8878
12	3575	337.1595	57.7908	31.6718	132.1677	305.4624
Ln (d)	6.2512	d = 518.6570		n = -0.7500		
=						

Tabla 18Periodo de retorno para $T = 100$ años

Periodo de retorno para T = 100 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	5	160.7366	1.6094	5.0798	8.1756	2.5903
2	20	56.8290	2.9957	4.0400	12.1029	8.9744

3	40	33.7907	3.6889	3.5202	12.9855	13.6078
4	60	24.9304	4.0943	3.2161	13.1678	16.7637
5	90	18.3933	4.4998	2.9120	13.1034	20.2483
6	120	14.8237	4.7875	2.6962	12.9082	22.9201
7	180	10.9367	5.1930	2.3921	12.4222	26.9668
8	240	8.8142	5.4806	2.1764	11.9279	30.0374
9	300	7.4559	5.7038	2.0090	11.4589	32.5331
10	360	6.5030	5.8861	1.8723	11.0204	34.6462
11	720	3.8667	6.5793	1.3524	8.8978	43.2865
12	1440	2.2992	7.2724	0.8325	6.0546	52.8878
12	3575	349.3795	57.7908	32.0990	134.2252	305.4624
Ln (d) = 6.2868		d = 537.4553		n = -0.7500		

En función del cambio de variable realizado, se realiza otra regresión de potencia entre las columnas del periodo de retorno (T) y el término constante de regresión (d), para obtener valores de la ecuación:

$$d = K * T^m$$

Tabla 19

Regresión potencial $T = 20$ años

Regresión potencial						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
0	20	490.6057	2.9957	6.1956	18.5605	8.9744
Ln (K) = 0.0000			K = 1.0000		m = 2.0682	

Tabla 20

Regresión potencial $T = 25$ años

Regresión potencial						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
0	25	497.8133	3.2189	6.2102	19.9899	10.3612
Ln (K) = 0.0000			K = 1.0000		m = 1.9293	

Tabla 21

Regresión potencial $T = 50$ años

Regresión potencial						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
0	50	518.6570	3.9120	6.2512	24.4550	15.3039
Ln (K) = 0.0000			K = 1.0000		m = 1.5980	

Tabla 22*Regresión potencial T = 100 años*

Regresión potencial						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
0	100	537.4553	4.6052	6.2868	28.9520	21.2076
Ln (K) =	0.0000	K =	1.0000	m =	1.3652	

Resumen:

$$I = \frac{K * T^m}{t^n}$$

Tabla 23*Cálculo de variables*

	20	25	50	100
k	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
m	2.0682	1.9293	1.5980	1.3652
n	0.7500	0.7500	0.7500	0.7500

Tabla 24*Tabla resumen de intensidad por años*

DURACIÓN			T años		
min	hr	20.00	25.00	50.00	100.00
5	0.08	146.72532	148.88091	155.11462	160.73662
20	0.33	51.87524	52.63735	54.84130	56.82898
40	0.67	30.84520	31.29836	32.60883	33.79071
60	1.00	22.75722	23.09155	24.05840	24.93038
90	1.50	16.79000	17.03667	17.75000	18.39333
120	2.00	13.53152	13.73032	14.30521	14.82369
180	3.00	9.98339	10.13006	10.55421	10.93674
240	4.00	8.04589	8.16410	8.50593	8.81422
300	5.00	6.80600	6.90598	7.19514	7.45592
360	6.00	5.93616	6.02337	6.27557	6.50303
720	12.00	3.52966	3.58152	3.73148	3.86672
1440	24.00	2.09875	2.12958	2.21875	2.29917

Análisis e Interpretación:

De las tablas mostradas se realizó la operación matemática realizando cambio de variable para las ecuaciones con el fin de determinar el cálculo de las intensidades para los diferentes tiempos en los años en estudio.

Seguidamente pasaremos a mostrar las gráficas de: Intensidad- Periodo de Duración- Periodo de Retorno

Figura 23

Grafica general Intensidad-duración-frecuencia

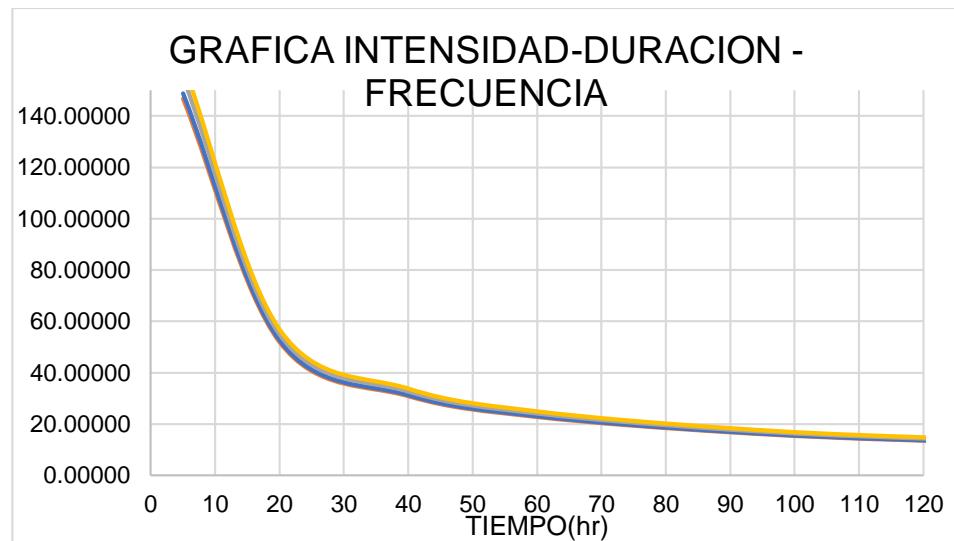


Figura 24

Grafica Intensidad-duración-frecuencia, $T=20$

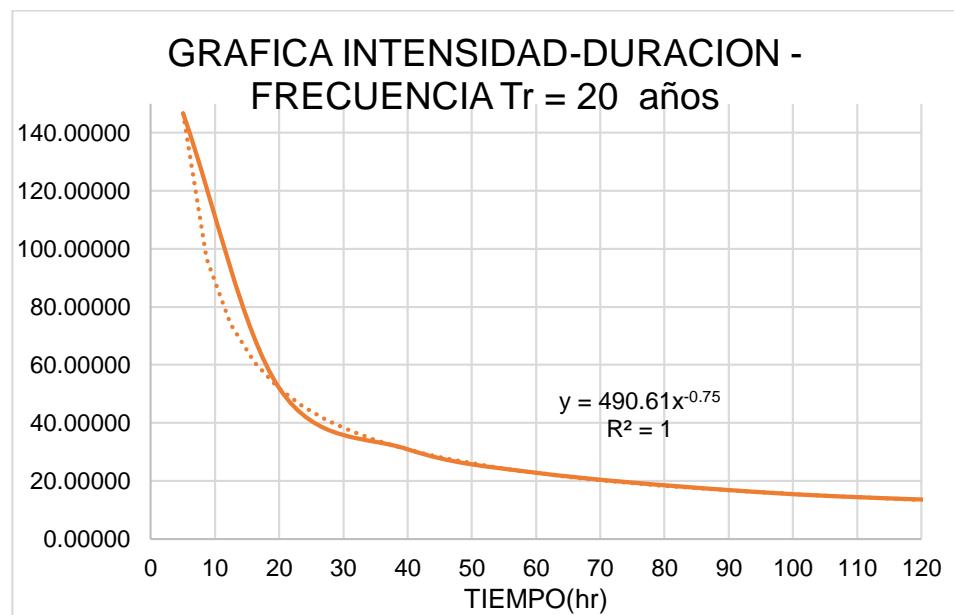


Figura 25

Grafica Intensidad-duración-frecuencia, $T=25$

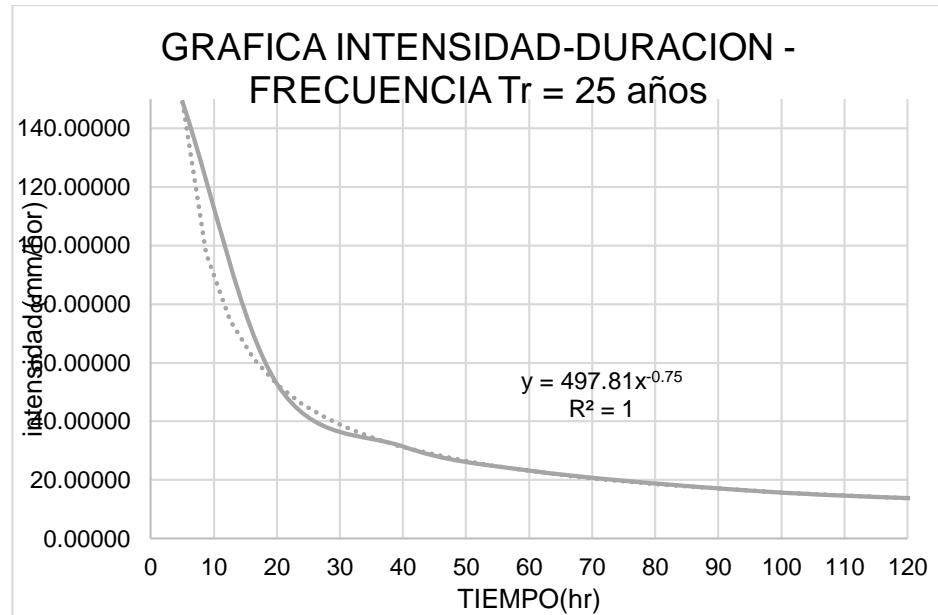


Figura 26

Grafica Intensidad-duración-frecuencia, $T=50$

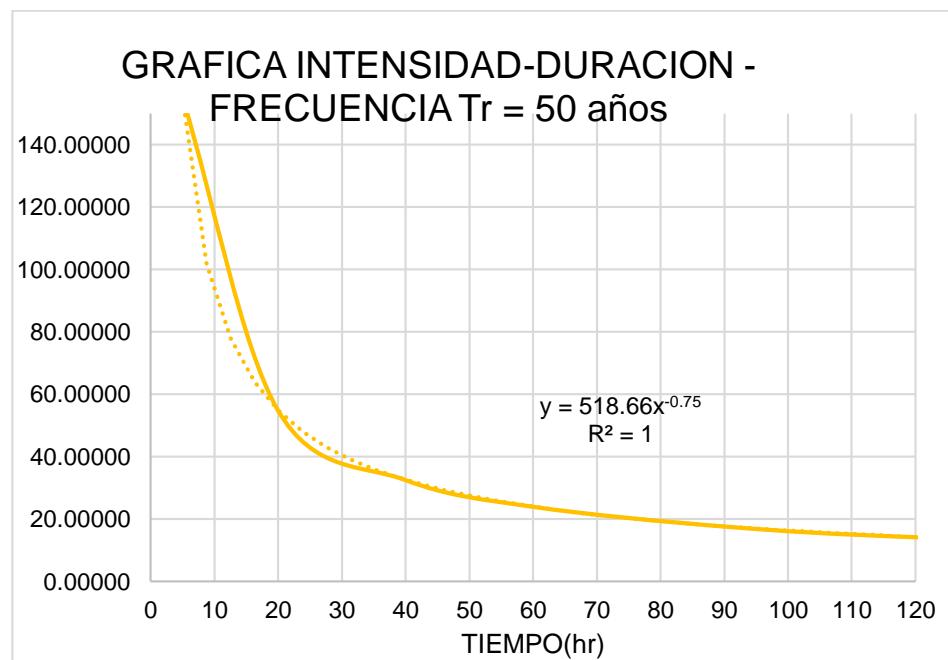
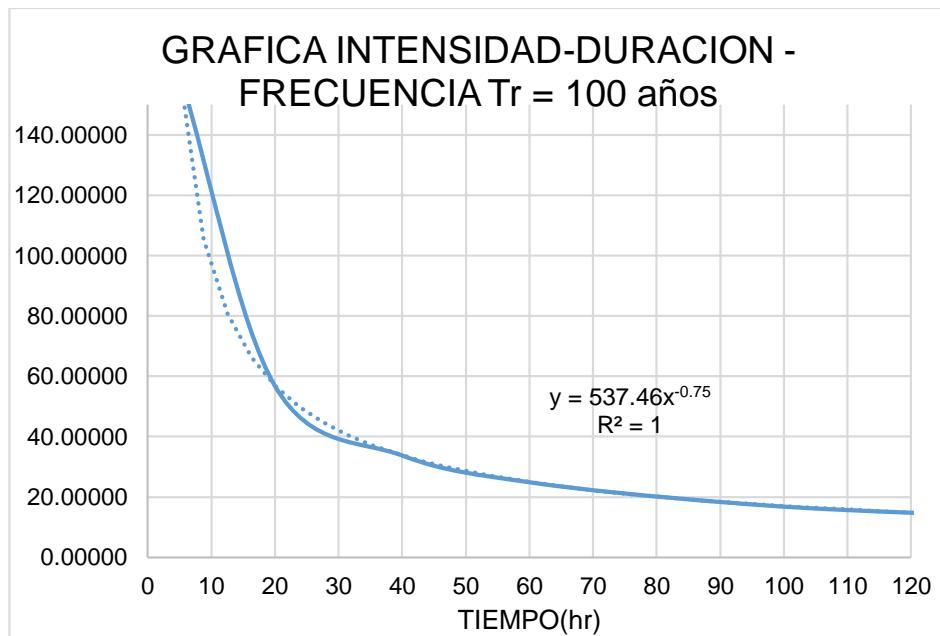


Figura 27

Grafica Intensidad-duración-frecuencia, $T=100$



4.1.2. ESCURRIMIENTO

Para el cálculo de escurrimiento se procedió a calcular primero la precipitación efectiva y después con ello calcular el caudal para cada periodo de retorno.

La metodología es mediante EL MÉTODO SCS-CURVE NUMBER.

Se aplica para cuencas Medianas y cuenca Pequeñas:

Tabla 25

Descripción de la cuenca

Tamaño de la cuenca (Km ²)	Descripción
<25	Muy pequeña
25 a 250	pequeña
250 a 500	Intermedia - pequeña
500 a 2500	Intermedia- grande
2500 a 5000	Grande
> 5000	Muy grande

Tabla 26

Datos de la cuenca

CN =	70.00	
Área Cuenca	10.00	km ²
Perímetro	14.00	km

L cauce:	6.00	km
Desnivel (ΔH)	600.00	msnm
S Cuenca	0.10	m/m

Tabla 27

Condiciones hidrológicas

COBERTURA VEGETAL > 75% DEL AREA	CONDICION HIDROLOGICA BUENA
ENTRE 50 Y 75%	REGULAR
<50% AREA	POBRE

METODO DE KIRPICH

$$t_c = 0.0003245 * \left[\frac{L}{\sqrt{S}} \right]^{0.77}$$

Donde:

L = Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, m

S = pendiente promedio de la cuenca m/m

Tabla 28

Datos Kirpitch

L =	6000.00	m
S =	0.10	m/m
tc =	0.6388	hrs

Calculamos S

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \text{ (mm)}$$

$$S = 108.857$$

Procederemos a calcular las precipitaciones efectivas acumuladas para los tiempos de retorno de 20, 25, 50 y 100 días respectivamente.

Tabla 29

Precipitaciones efectivas acumuladas

TIEMPO (min)	LLUVIA (mm)	Tr = 20 años			Tr = 25 años			Tr = 50 años			Tr = 100 años		
		p. acumulada (mm)	preci. Efect. Acumul. (mm)	LLUVIA (mm)	p. acumulada (mm)	preci. Efect. Acumul. (mm)	LLUVIA (mm)	p. acumulada (mm)	preci. Efect. Acumul. (mm)	LLUVIA (mm)	p. acumulada (mm)	preci. Efect. Acumul. (mm)	
1440	2.10	2.10	4.34	2.13	2.13	4.32	2.22	2.22	4.28	2.30	2.30	4.24	
720	3.53	5.63	2.81	3.58	5.71	2.78	3.73	5.95	2.69	3.87	6.17	2.61	
360	5.94	11.56	1.06	6.02	11.73	1.02	6.28	12.23	0.92	6.50	12.67	0.83	
300	6.81	18.37	0.11	6.91	18.64	0.09	7.20	19.42	0.05	7.46	20.12	0.03	
240	8.05	26.42	0.19	8.16	26.80	0.22	8.51	27.93	0.33	8.81	28.94	0.44	
180	9.98	36.40	1.73	10.13	36.93	1.85	10.55	38.48	2.22	10.94	39.88	2.58	
120	13.53	49.93	5.79	13.73	50.66	6.06	14.31	52.79	6.88	14.82	54.70	7.65	
90	16.79	66.72	13.14	17.04	67.70	13.63	17.75	70.54	15.09	18.39	73.09	16.44	
60	22.76	89.48	25.96	23.09	90.79	26.78	24.06	94.59	29.19	24.93	98.02	31.41	
40	30.85	120.32	46.83	31.30	122.09	48.11	32.61	127.20	51.87	33.79	131.81	55.32	
20	51.88	172.20	87.27	52.64	174.73	89.36	54.84	182.04	95.45	56.83	188.64	100.99	
5	146.73	318.92	217.48	148.88	323.61	221.83	155.11	337.16	234.46	160.74	349.38	245.90	

Cálculo del caudal por el METODO RACIONAL MODIFICADO

Se empleará este método para el cálculo del caudal de escurrimiento. Se usará el de 120 min.

PARA LA ESTACIÓN HUÁNUCO

Para el método racional modificado tendremos que hacer uso de las siguientes formulas:

Cálculo del caudal:

$$Q = \frac{C * I * A}{3.6} * K$$

Tiempo de concentración:

$$t_c = 0.3 * \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$$
$$\Rightarrow t_c = 0.638839$$

Coeficiente de uniformidad:

$$K = 1 + \frac{t_c^{1.25}}{t_c^{1.25} + 14}$$
$$\Rightarrow K = 1.03919$$

Factor de lluvia:

$$k_a = 1 - \log_{10} \frac{A}{15}$$

Tabla 30*Cuadro resumen de resultados de caudales*

RESUMEN				
Tr =	20	25	50	100
C =		0.35		
I =	13.53	13.73	14.31	14.82
A =		10.00		
K =		1.00		
Q =	13.85m ³ /s	14.05m ³ /s	14.64m ³ /s	15.17m ³ /s

Análisis e Interpretación

El cuadro muestra los cálculos para determinar el caudal para los tiempos de retornos mencionados en el principio de la tesis de lo que nos podemos dar cuenta que el caudal incrementa desde 13.85 hasta 15.17m³/s. Posteriormente pasamos a realizar los mismos cálculos para las diferentes estaciones estudiadas en cuestión para luego mostrarlas en cuadros resumen.

Tabla 31*Cuadro resumen estación Huánuco*

Periodo de retorno	Precipitación	Intensidad	Pe (mm)	Caudal
20	50.37	13.532	217.48	13.85
25	51.11	13.730	221.83	14.05
50	53.25	14.305	234.46	14.64
100	55.18	14.824	245.90	15.17

Tabla 32*Volumen para cada periodo Huánuco*

T (años)	Caudal	Volumen para cada periodo (m ³ /día)
20	13.85	1196724.62
25	14.05	1214306.05
50	14.64	1265149.62
100	15.17	1311003.87

PARA LA ESTACIÓN CANCHAN

Tabla 33*Cuadro resumen estación Canchan*

Periodo de retorno	Precipitación	Intensidad	Pe (mm)	Caudal
20	50.37	14.351	235.47	14.69
25	51.11	14.550	239.85	14.89
50	53.25	15.122	252.50	15.48
100	55.18	15.635	263.88	16.00

Tabla 34*Volumen para cada periodo Canchan*

T (años)	Caudal	Volumen para cada periodo (m³/día)
20	14.69	1269188.59
25	14.89	1286770.01
50	15.48	1337376.00
100	16.00	1382755.07

PARA LA ESTACIÓN SAN RAFAEL

Tabla 35*Cuadro resumen estación San Rafael*

Periodo de retorno	Precipitación	Intensidad	Pe (mm)	Caudal
20	50.37	20.656	376.86	21.14
25	51.11	20.984	384.31	21.48
50	53.25	21.948	406.27	22.47
100	55.18	22.856	427.00	23.40

Tabla 36*Volumen para cada periodo San Rafael*

T (años)	Caudal	Volumen para cada periodo (m³/día)
20	21.14	1826804.77
25	21.48	1855790.36
50	22.47	1941084.01
100	23.40	2021388.35

Análisis e Interpretación

Los cuadros muestran el resumen determinado para cada una de las estaciones, mostrándonos el caudal en m³/s y el volumen en m³/día para cada periodo y podemos visualizar que el volumen hídrico sobrepasa el millón de m³ por día en cuanto a la oferta hídrica en cada

estación. Ahora procederemos a realizar el cálculo de porcentaje con el método de polígonos de Thiessen para determinar el volumen en m³ de la cuenca del río Quera, nuestro estudio en cuestión.

METODO DE THIESSEN

Para determinar el caudal y volumen característico de la cuenca del río Quera, se utilizaron los registros hidrológicos de las estaciones Huánuco, Canchán y San Rafael, las cuales rodean el área de estudio y presentan condiciones climáticas representativas. Con el fin de obtener un valor único que refleje de manera adecuada las condiciones hidrológicas de la cuenca, se aplicó el método de polígonos de Thiessen, asignando factores de ponderación en función de la influencia espacial de cada estación.

Los coeficientes asignados fueron los siguientes:

- Estación Huánuco: 0.47
- Estación Canchan: 0.39
- Estación San Rafael: 0.14

Con base en estos pesos y los valores registrados de cada estación, se obtuvieron los caudales y volúmenes ponderados para los distintos períodos de retorno, conforme se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 37

Caudal y volumen ponderado en la cuenca del río Quera

Periodo de Retorno (años)	Caudal ponderado (m ³ /s)	Volumen ponderado (m ³ /día)
20	15.20	1,313,196.79
25	15.42	1,332,374.80
50	16.06	1,387,948.72
100	16.65	1,438,440.67

Análisis e Interpretación

Para la cuenca del río Quera, el caudal de diseño ponderado por polígonos de Thiessen se ubica entre 15.20 y 16.65 m³/s para T=20–100

años, con volúmenes diarios entre 1.31 y 1.44 millones de m³/día. De la tabla se ve que, al aumentar el periodo de retorno, crecen el caudal y el volumen. Esto indica que el río Quera responde con más fuerza ante lluvias menos frecuentes, pero de mayor intensidad. Este patrón creciente es moderado y coherente con un régimen de crecidas de asimetría contenida, sin saltos extraños, por lo que los valores se consideran consistentes y adecuados para el análisis hidrológico y el dimensionamiento preliminar de obras.

4.1.3. DEMANDA

El centro poblado San Sebastián de Quera, perteneciente al distrito de Santa María del Valle, provincia y región Huánuco, se encuentra ubicado dentro del ámbito geográfico de la cuenca del río Quera, área en la que se desarrolla la presente investigación. De acuerdo con los datos censales del Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017), la población total del centro poblado asciende aproximadamente a 1 425 habitantes, de los cuales se estima que 705 son varones y 720 mujeres. También nos menciona que son alrededor de 253 viviendas. Cuenta con un centro educativo de 356 alumnos y un pequeño centro de salud básico.

4.1.3.1. POBLACIONAL

El consumo diario de habitantes por día según el RNE – Reglamento Nacional de edificaciones y establece que para el consumo humano en zona rural la dotación es de 50 a 100 lt/hab/día.

Si tomamos en consideración la mayor dotación que sería 100 entonces por la población tendríamos:

$$Q_{dom} = 1425(hab) * 100 \left(\frac{l}{hab * dia} \right) = 142500 \left(\frac{l}{dia} \right)$$

$$= 142.5 \left(\frac{m^3}{dia} \right)$$

Con respecto al consumo del Colegio de 15 L/día:

$$Q_{col} = 356 \text{ (alum)} * 15 \left(\frac{l}{\text{alum} * \text{día}} \right) = 5340 \left(\frac{l}{\text{día}} \right) = 5.34 \left(\frac{m^3}{\text{día}} \right)$$

Centro de salud pequeño con 5 camas y 1000 Lt por cama

$$Q_{cs} = 5(\text{cam}) * 1000 \left(\frac{l}{\text{cam} * \text{día}} \right) = 5000 \left(\frac{l}{\text{día}} \right) = 5 \left(\frac{m^3}{\text{día}} \right)$$

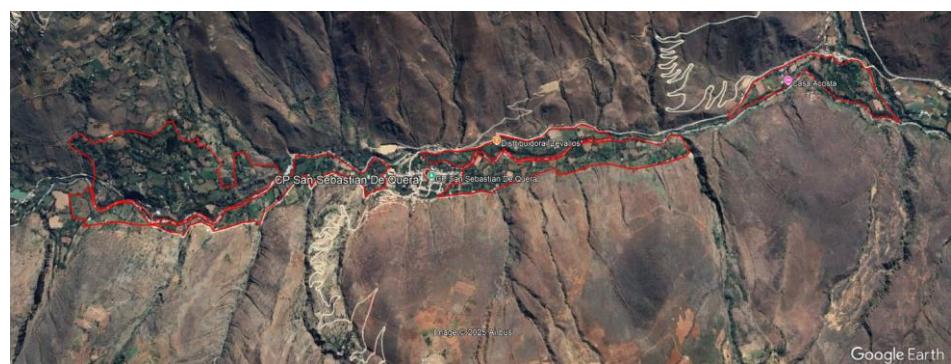
Entonces de la demanda actual para el consumo humano netamente de la población se tiene lo siguiente: 152.84 (m³/día)

4.1.3.2. RIEGO

Para calcular el consumo de agua o demanda en riego tenemos que tomar en cuenta los terrenos o el área de cultivo de la población para lo cual procedemos a calcular dichas áreas:

Figura 28

Áreas de cultivo Quera



Nota. Google Earth (2024)

El área de los 5 tramos de cultivo es:

Tramo 1: 17.2 Ha

Tramo 2: 11.2 Ha

Tramo 3: 44 Ha

Tramo 4: 19.2 Ha

Tramo 5: 21.8 Ha

En total el área de cultivo es de 113.4 Ha

En ese sentido se estima el tamaño del área de cultivo:

$$113.4(Ha) = 1134000 (m^2)$$

En la ciudad de Huánuco, los principales cultivos son papa, maíz, cacao, plátano y papaya (Ministerio de Agricultura y Riego, 2016); en ese contexto, la FAO (2015) señala un requerimiento de riego de referencia del orden de 5 L/m², útil para estimar la demanda hídrica de dichos cultivos.

$$Q_{\text{riego}} = 1134000 (m^2) * 5 \left(\frac{l}{m^2} \right) = 5670000 \left(\frac{l}{\text{día}} \right) = 5670 \left(\frac{m^3}{\text{día}} \right)$$

4.1.3.3. EVOTRANSPIRACIÓN

Para la evapotranspiración necesitaremos un factor para el cultivo llamado (ETc). Este factor se estima:

$$ET_c = K_c * ET_0$$

Donde:

Kc = Es el factor que se estima de acuerdo al tipo de cultivo: maíz, papa, plátano, etc.

ETO = Es el factor de riego inicial que hemos asumido citando a la FAO (2015) que vendría a ser 5 L/m².

Según el MINAGRI (2013) para determinar el Kc varía de acuerdo al tipo de cultivo por ejemplo para los siguientes cultivos se tiene:

Maíz: Kc = 1.20

Papa: Kc = 1.12 a 1.15

Cacao: Kc = 1.0 a 1.05

Plátano: Kc = 1.10 a 1.20

Papaya: Kc = 0.87

Para nuestro caso vamos a tomar el promedio de los coeficientes de cultivos producidos. En ese sentido el factor de cultivo sería 1.035. Entonces el factor de evotranspiración será:

$$ET_c = 1.035 * 5 \left(\frac{L}{m^2} \right) = 5.175 \left(\frac{L}{m^2} \right)$$

Luego pasaremos a calcular la demanda de la evotranspiración para el área de cultivo:

$$\begin{aligned} Q_{evo} &= 1134000 (m^2) * 5.175 \left(\frac{l}{m^2} \right) \\ &= 5,868,450 \left(\frac{l}{d\text{ía}} \right) = 5,868.45 \left(\frac{m^3}{d\text{ía}} \right) \end{aligned}$$

4.1.3.4. INFILTRACIÓN

Según la FAO (2015) la infiltración toma en consideración parámetros de acuerdo al tipo de riego que se realiza en la zona, para nuestro caso al ser una zona rural maneja un riego tradicional o de surcos.

Surco: 1.2–2 L/m²

Aspersión: 0.8–1.2 L/m²

Goteo: 0.3–0.8 L/m²

$$Q_{inf} = 1134000 (m^2) * 1.6 \left(\frac{l}{m^2} \right) = 1814400 \left(\frac{l}{d\text{ía}} \right) = 1814.4 \left(\frac{m^3}{d\text{ía}} \right)$$

4.1.3.5. CAUDAL ECOLÓGICO

En el Perú, la determinación del caudal ecológico se rige por la ANA (2019), que aprueba lineamientos y metodologías con énfasis hidrológico como mínimo 10% del caudal medio anual; para condiciones más conservadoras, 20–30%; y, cuando se busca mayor protección del hábitat, 30–40%.

Entonces para nuestro caso emplearemos el 25% para condiciones más conservadoras.

La demanda total actual será la suma de la demanda por consumo, la de riego, la evotranspiración, la infiltración y tomaremos en consideración el caudal ecológico.

Qdemanda total

$$= 152.84 \left(\frac{m^3}{día} \right) + 5670 \left(\frac{m^3}{día} \right) + 5868.45 \left(\frac{m^3}{día} \right) \\ + 1814.4 \left(\frac{m^3}{día} \right) = 13505.69 \left(\frac{m^3}{día} \right)$$

Para el cálculo de demanda para periodos de retorno de 20, 25, 50 y 100 años se estima una población proyectada con la siguiente formula:

$$P_t = P_0 * (1 + r)^t$$

Donde la tasa de crecimiento r es 1.5%

Para el cálculo de la demanda de riego se estima también con la siguiente formula:

$$Q_{riego}(t) = \frac{ET_0 * K_c * A(t)}{1000}; A(t) = A_0(1 + g)^t$$

Donde la tasa de crecimiento del área agrícola g es 0.3%/año

Entonces la demanda total para los tiempos de 20,25 50 y 100 años será:

Tabla 38*Datos de demanda para 20, 25, 50 y 100 años*

T	Pobl Proyec (hab)	Deman Pobla (m ³ /d)	Deman riego (m ³ /d)	ETc (m ³ /d)	Infil (m ³ /d)	Caudal ecológico (m ³ /d)	TOTAL (m ³ /d)
20	1,919	202.27	6,010.43	5,868.45	1,814.40	328,299.20	342,194.75
25	2,068	217.14	6,105.74	5,868.45	1,814.40	333,093.70	347,099.39
50	3,000	310.34	6,552.51	5,868.45	1,814.40	346,987.18	361,532.89
100	6,316	641.91	7,568.61	5,868.45	1,814.40	359,610.17	375,503.53

Análisis e Interpretación:

La tabla muestra los resultados de la demanda para los tiempos dados, esto se calculó a partir de la estimación de la demanda poblacional, considerando que si la población aumenta también el consumo. Así mismo se tomó en consideración para el riego. Como se puede ver en la tabla la demanda de acuerdo al caudal ecológico es la más representativa.

4.1.4. DISPONIBILIDAD DE AGUA SUPERFICIAL

Para estimar la disponibilidad de agua superficial en la cuenca del río Quera, se considera el volumen total de agua generado por el escurrimiento superficial a partir de los caudales máximos, así como también la demanda de consumo poblacional, de riego, infiltración y evotranspiración. El balance de estos cálculos determinará la disponibilidad de agua.

Tabla 39*Disponibilidad de agua superficial*

Periodo de Retorno (años)	Oferta (m ³ /día)	Demandada (m ³ /día)
20	1,313,196.79	342,194.75
25	1,332,374.80	347,099.39
50	1,387,948.72	361,532.89
100	1,438,440.67	375,503.53

Análisis e Interpretación:

La disponibilidad de agua superficial en la cuenca del río Quera para 2024 es holgada. La oferta diaria estimada para períodos de retorno de 20, 25, 50 y 100 años ronda entre 1.31 y 1.44 millones de m³/día, mientras que la demanda total, que incluye consumo poblacional, riego, evapotranspiración, infiltración y el caudal ecológico adoptado se ubica entre 342 y 376 mil m³/día. En términos simples, se utilizará cerca del 26% de lo disponible y queda un margen libre de aproximadamente 0.97 a 1.06 millones de m³/día, suficiente para cubrir holgadamente las necesidades actuales del poblado y sus actividades.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

Hipótesis General (HG):

HG: Si la disponibilidad de agua en la cuenca del río Quera en el distrito de Santa María del Valle, Huánuco, durante el año 2024, estará influenciada por las variaciones en las precipitaciones y la generación de escurrimientos.

Análisis:

Los resultados obtenidos evidencian una relación directa entre las variaciones de la precipitación y los valores de caudal máximo para los diferentes períodos de retorno analizados. A medida que la precipitación efectiva aumenta, se observa un incremento progresivo en los caudales y volúmenes de escurrimiento, lo que confirma que la disponibilidad de agua superficial en la cuenca depende significativamente del comportamiento pluviométrico regional. Este patrón hidrológico demuestra que la precipitación es el principal factor regulador del régimen de escorrentía y, por consiguiente, de la oferta hídrica disponible.

Por lo tanto, se valida la hipótesis general, al comprobarse que las variaciones en las precipitaciones influyen de manera directa y proporcional en la generación de escurrimientos y en la disponibilidad de agua en la cuenca del río Quera durante el año 2024.

Hipótesis Específicas:

HE1: Si se recopilan datos meteorológicos precisos durante el año 2024, entonces se podrá cuantificar de manera exacta la precipitación total recibida en la cuenca del río Quera.

Análisis:

Los registros de precipitación obtenidos de tres estaciones meteorológicas cercanas a la cuenca del río Quera Huánuco, Canchan y San Rafael, correspondientes a un periodo histórico de 26 años (1999–2024), fueron empleados para el cálculo de los períodos de retorno y la estimación de los parámetros hidrológicos asociados. La amplitud temporal y la consistencia de los datos garantizan su solidez y confiabilidad, permitiendo determinar con precisión la precipitación total correspondiente al año 2024. En consecuencia, se valida la hipótesis HE1, ya que la información meteorológica recopilada permitió cuantificar de manera confiable la precipitación total en la cuenca del río Quera.

HE2: Si la precipitación total y las características hidrológicas de la cuenca del río Quera son analizadas correctamente, entonces se podrá estimar de manera confiable la generación de escurrimientos durante el año 2024.

Análisis:

A partir del procesamiento de los datos de precipitación efectiva (P_e) obtenidos con el método SCS Curver-Number y de los caudales máximos obtenidos mediante el método racional y el análisis de períodos de retorno, se comprobó que los valores de escurrimiento presentan una coherencia hidrológica con los registros de precipitación y con las condiciones geomorfológicas de la cuenca. Los caudales calculados se encuentran dentro de los rangos esperados para cuencas de características similares, lo que valida la consistencia del modelo aplicado. En consecuencia, se confirma la hipótesis HE2, ya que el análisis de la precipitación y de los parámetros

hidrológicos permitió estimar de manera confiable la generación de escurrimientos durante el año 2024.

HE3: Si se determina adecuadamente el volumen de escurrimientos generados y se consideran las demandas hídricas locales, entonces se podrá establecer la disponibilidad de agua superficial en la cuenca del río Quera para diferentes usos durante el año 2024.

Análisis:

Para estimar la disponibilidad de agua superficial en la cuenca del río Quera, se determinó el volumen de escurrimiento a partir de los caudales máximos obtenidos para diferentes períodos de retorno (20, 25, 50 y 100 años), complementándose con la evaluación de las demandas hídricas locales, que incluyen el consumo poblacional, el riego agrícola, la infiltración, la evapotranspiración y el caudal ecológico. Los resultados muestran que la oferta hídrica diaria, con valores entre 1,313,196.79 y 1,438,440.67 de m³/día, supera ampliamente la demanda total, que oscila entre 342,194.75 y 375,503.53 mil m³/día, representando un uso del 26% del volumen disponible.

Estos resultados demuestran que la cuenca cuenta con una alta disponibilidad de agua superficial, suficiente para cubrir las necesidades de la población, las actividades agrícolas y los servicios locales durante el año 2024. Por lo tanto, se valida la hipótesis HE3, ya que la determinación precisa del volumen de escurrimientos y la incorporación de las demandas hídricas permitieron establecer con confiabilidad la disponibilidad de agua en la cuenca del río Quera.

Las hipótesis específicas (HE1, HE2 y HE3) han sido validadas con los datos y cálculos proporcionados, lo que también respalda la hipótesis general (HG). Las variaciones en la precipitación y su impacto en los escurrimientos demuestran que la disponibilidad de agua superficial en la cuenca del río Quera está influenciada significativamente por estos factores.

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la cuenca del río Quera evidencian un incremento progresivo del caudal y del volumen de escurrimiento conforme aumenta el periodo de retorno. Tal como se muestra en la Tabla 44, los caudales ponderados alcanzan valores de 15.20 m³/s para un periodo de 20 años y aumentan hasta 16.65 m³/s para un periodo de 100 años, mientras que los volúmenes varían de 1,313,196.79 m³/día a 1,438,440.67 m³/día. Este comportamiento refleja una respuesta hidrológica coherente con el aumento de las precipitaciones extremas, característica típica de cuencas con régimen pluvial predominante.

Estos resultados se obtuvieron mediante una metodología de enfoque cuantitativo, nivel descriptivo y diseño no experimental, que permitió analizar la relación entre las variables de precipitación y escorrentía sin manipular los fenómenos naturales. La aplicación de métodos estadísticos e hidrológicos basados en registros históricos de tres estaciones a lo largo de 26 años (1999–2024) garantizó la representatividad y solidez de los datos analizados, reforzando la validez de los resultados obtenidos.

Asimismo, los resultados guardan coherencia con los hallazgos de Fanzo y Joyo (2021), quienes, mediante el método de L-momentos aplicado a la regionalización de precipitaciones en la cuenca Chiclarazo, observaron que las precipitaciones máximas aumentan con el periodo de retorno. En su estudio se puede observar la tendencia general de crecimiento de caudal en años proyectados de 9.13 a 14.50 m³/s y coincide con la observada en la cuenca del río Quera de 15.20 a 16.65 m³/s, confirmando que el incremento de la intensidad de precipitación se traduce en mayores escurrimientos superficiales.

De igual manera, los resultados obtenidos se asemejan a los reportados por Leandro (2022) en la cuenca del río Coata, donde los caudales máximos calculados mostraron una tendencia ascendente al incrementarse los

periodos de retorno, alcanzando valores de $10.5 \text{ m}^3/\text{s}$ para $T = 50$ años. Este valor es comparable con los $16.06 \text{ m}^3/\text{s}$ estimados para la cuenca del río Quera en el mismo periodo, aunque superiores debido a las diferencias topográficas y de tamaño de cuenca.

Morales (2022) reporta que, en la cuenca del río Cayrán, la oferta hídrica cubre la demanda incluso durante el estiaje. En línea con ese antecedente, los resultados obtenidos para la cuenca del río Quera indican que la oferta superficial supera holgadamente la demanda de la población, aun bajo escenarios de año seco. Esta evidencia respalda la disponibilidad hídrica de la cuenca y su potencial para sostener usos prioritarios —abastecimiento poblacional y riego—, siempre que se gestione con eficiencia en la captación y conducción y se respete el caudal ecológico.

García (2022) muestra que combinar datos climáticos con modelación hidrológica adecuada permite estimar con confiabilidad la disponibilidad hídrica aun con información limitada. Nuestra tesis sigue ese mismo enfoque: depura un histórico 1999–2024, aplica un modelo estándar (SCS–CN) y verifica coherencia mediante periodos de retorno y balance oferta–demanda. Esta similitud metodológica respalda la validez de nuestros resultados; la diferencia en conclusiones (holgura en Quera vs. disminución en Chillón) responde al contexto hidroclimático distinto, no a fallas del procedimiento. Por ello metodología empleada, los resultados obtenidos y las comparaciones con investigaciones previas demuestra que las variaciones en las precipitaciones influyen directamente en la generación de escurrimientos y en la disponibilidad de agua superficial en la cuenca del río Quera. La validez del modelado hidrológico aplicado y la robustez de los datos utilizados aportan información confiable para la gestión sostenible de los recursos hídricos en el distrito de Santa María del Valle, Huánuco.

CONCLUSIONES

- ✓ La disponibilidad de agua superficial en la cuenca del río Quera está fuertemente influenciada por las precipitaciones y los escurrimientos generados durante el año 2024. Se observó una relación directa entre la precipitación total y los caudales máximos, donde a mayor precipitación se genera un mayor volumen de escurrimiento. Los caudales ponderados para los diferentes períodos de retorno (20, 25, 50 y 100 años) evidencian una capacidad considerable de la cuenca para generar agua superficial, con volúmenes estimados que oscilan entre 1,313,196.79 m³/día y 1,438,440.67 m³/día, demostrando una oferta hídrica amplia para diversos usos.
- ✓ La cuantificación de la precipitación total, basada en los registros históricos de 26 años (1999–2024) provenientes de tres estaciones meteorológicas, permitió obtener una base de datos robusta y confiable para el cálculo de los caudales máximos. Los valores de precipitación efectiva determinados para los distintos períodos de retorno se encuentran dentro de los rangos esperados para cuencas altoandinas, lo cual valida la consistencia del análisis estadístico e hidrológico aplicado.
- ✓ La estimación de los escurrimientos se realizó exitosamente mediante el uso de los caudales máximos calculados y las precipitaciones efectivas correspondientes, aplicando un enfoque cuantitativo, explicativo y de diseño no experimental, acorde con la metodología planteada. Los resultados obtenidos muestran un comportamiento hidrológico coherente: el incremento del caudal es proporcional al aumento de la precipitación, lo que confirma la fiabilidad del método de cálculo empleado.
- ✓ La disponibilidad de agua superficial determinada a partir de los caudales máximos refleja una oferta significativamente superior a la demanda hídrica total estimada, con un margen de aprovechamiento del 26% de la oferta total. Este resultado indica que la cuenca del río Quera posee una alta capacidad de abastecimiento para consumo poblacional, riego agrícola y otros usos locales, constituyendo una fuente estratégica para la gestión sostenible de los recursos hídricos en el distrito de Santa María del Valle, Huánuco.

RECOMENDACIONES

- Es fundamental fortalecer y mantener un monitoreo continuo de las precipitaciones y escurrimientos en la cuenca, con el fin de obtener datos más precisos y representativos de la variabilidad climática regional. Los resultados obtenidos deben emplearse para la planificación y diseño de infraestructuras hídricas (reservorios, canales de riego, entre otros), orientadas a mitigar los efectos de sequías o inundaciones.
- Se recomienda continuar con la recopilación sistemática de datos de precipitación provenientes de las estaciones meteorológicas cercanas, garantizando así la continuidad y fiabilidad de la información hidrometeorológica. Además, sería conveniente integrar modelos de predicción climática que permitan anticipar variaciones en las precipitaciones y planificar de manera preventiva las estrategias de gestión del agua.
- Es aconsejable realizar simulaciones de escurrimiento bajo distintos escenarios climáticos, con el propósito de evaluar los posibles impactos del cambio climático sobre la disponibilidad hídrica. Asimismo, se sugiere incorporar modelos hidrológicos más avanzados que permitan analizar con mayor detalle la respuesta de la cuenca ante eventos de lluvia intensa o extremos hidrológicos.
- Se recomienda efectuar un análisis detallado de la demanda hídrica local para ajustar la estimación de la oferta disponible a las necesidades reales de los usuarios de la cuenca. Dado que la demanda puede variar según las actividades productivas y estacionales, resulta esencial implementar planes integrales de gestión del recurso hídrico que consideren medidas de almacenamiento, distribución eficiente y priorización del uso durante los períodos de sequía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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. (2015). *Disponibilidad y usos del agua*.
- ANA. (2019). *Informe de la Gestión de los Recursos Hídricos en Perú*.
- ANA, A. N. (2015). *Generación del mapa temático de curva número (CN)*.
- ANA, A. N. (2021). *Cifras del agua del Perú*.
- Aparicio, M. F. (2012). *Fundamentos de hidrología de superficie*. Mexico.
- Autoridad Nacional del Agua . (2020). *Plan Nacional de Recursos Hídricos 2020-2030*. PERÚ.
- 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*.
- Chow. (1994). *Hidrologia general*.

Chow, V. T., Maidment, D., & Mays, L. W. (1994). *Hidrologia Aplicada*. Bogota: Mc Graw Hill.

Coral, A. B. (2021). *SOSTENIBILIDAD DE RECURSOS HÍDRICOS Y TRANSFORMACIONES EN MODELOS AGRARIOS*. España.

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.

Delgadillo, A. (2010). *Morfometria de Cuencas*. Lima.

Fanzo, V. E., & Joyo, P. K. (2021). *ESTUDIO COMPARATIVO PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE PRECIPITACIONES EN LA CUENCA CHICLLARAZO*. Lima - Perú.

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.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2015). *Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements*.

Garay, S. G., & Vicente, T. H. (2021). *ANALISIS HIDRAULICO PARA REDUCIR RIESGOS DE INUNDACION DEL RÍO NUPE, EN EL CENTRO POBLADO DE PILCOOCANCHA, DISTRITO DE RONDOS . HUANUCO - PERÚ*.

- García, A., López, B., & Martínez, C. (2018). *Influencia de la topografía y la vegetación en la generación de escurrimientos en cuencas andinas: implicaciones para la gestión del agua.*
- Garcia, M. J. (2022). *Evaluación de la Disponibilidad Hídrica en la Cuenca del Río Chillón Utilizando Modelos Hidrológicos y Datos Climáticos.*
- 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.*
- Gulden, G. J. (2021). *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.* Trujillo - Perú.
- 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.
- Hernández, S. R. (2014). *Metodología de la Investigación.* Mexico: McGraw-Hill.
- Ibañes, 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>

INEI. (2020). *Censo Nacional Agrario*.

IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.

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.

Leandro, P. A. (2022). *DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN LA CUENCA DEL RÍO COATA*. Lims - Perú.

Lux, B. (2016). *Conceptos básicos de morfometría de cuencas hidrográficas*.

Maravi, A. F., & Melchor, A. L. (2020). *La mitigación de inundaciones del río Ica*. Lima - Perú.

Maza, S. I. (2020). *Impacto del uso de suelo en la esocorrentia superficial del AAHH Pampas de Castilla del distrito de Castilla*.

MINAGRI. (2018). *Plan Nacional de Infraestructura de Riego*.

Ministerio de Agricultura y Riego. (2016). *Caracterización de la producción agrícola en la región Huánuco*.

Ministerio de Agricultura y Riego del Perú. (2019). *Diagnóstico y perspectivas del agua en el Perú: Informe Nacional*.

Morad, M., & Triviño, P. A. (2001). *SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y MODELIZACIONES HIDROLÓGICAS: UNA*

APROXIMACIÓN A LAS VENTAJAS Y DIFICULTADES DE SU APLICACIÓN.

- Morales, R. D. (2022). *Disponibilidad hídrica mediante sistemas de riego presurizado en épocas de estiaje en la localidad de Coema*. Huancayo.
- MTC, (. d. (2008). *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje*.
- 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 Aloasi*.
- Ortiz, S. O. (2016). *Similitud hidráulica de sistemas hidrológicos altoandinos y transferencia de información hidrometeorológica*. Lima-Peru.
- Pérez, J., Castillo, M., & Salazar, A. (2021). *Aplicación del Método Témez para la Estimación de Caudales Máximos en la Cuenca del Río Rímac*.
- Ramirez, C. F. (2020). *Determinación de la Calidad del Agua Potable en el distrito de Paucarcolla-Puno-2019*. Perú.
- Rodriguez, I., & Valdés, J. (1979). *The Geomorphologic Structure of Hydrologic Response*.
- 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 RÍO 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.*

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.*

United Nations. (2019). *World Population Prospects 2019: Highlights. Department of Economic and Social Affairs, Population Division.*

Valer, M. J. (2021). *Evaluación de volúmenes de vinaza sobre la erosión hídrica de suelo. Lima - Perú.*

Villodas, R. (2008). *Hidrologia*. Facultad de ingenieria Civil UNC.

Villón, B. M. (2005). *Hidrologia*.

Zaragoza, P. E. (2021). *Análisis multitemporal de la cobertura del terreno y su asociación con las tasas de erosión hídrica en Acoculco, 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

Trujillo Echevarria, E. (2025). *Generación de escorrentía y pprecipitaciones para el cálculo de la disponibilidad de agua de la cuenca del rio Quera en el distrito de Santa María del Valle – Huánuco 2024 [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>*

ANEXOS

ANEXO 1

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 1749-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 16 de agosto de 2024

Visto, el Oficio N° 1211-2024-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "GENERACIÓN DE ESCORRENTÍA Y PRECIPITACIONES PARA EL CALCULO DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA DE LA CUENCA DEL RIO QUERA EN EL DISTRITO DE SANTAMARIA DEL VALLE - HUÁNUCO 2024", presentado por el (la) Bach. Victor Andre AREVALO MALPARTIDA.

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 1231-2024-D-FI-UDH, de fecha 27 de mayo de 2024, perteneciente al Bach. Victor Andre AREVALO MALPARTIDA se le designó como ASESOR(A) al Mg. Yelen Lisseth Trujillo Ariza, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 1211-2024-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "GENERACIÓN DE ESCORRENTÍA Y PRECIPITACIONES PARA EL CALCULO DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA DE LA CUENCA DEL RIO QUERA EN EL DISTRITO DE SANTAMARIA DEL VALLE - HUÁNUCO 2024", presentado por el (la) Bach. Victor Andre AREVALO MALPARTIDA, integrado por los siguientes docentes: Mg. William Paolo Taboada Trujillo (Presidente), Mg. Fatima Rosaria Cecilio Reyes (Secretario) y Mg. Martin Cesar Valdivieso Echevarria (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: "GENERACIÓN DE ESCORRENTÍA Y PRECIPITACIONES PARA EL CALCULO DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA DE LA CUENCA DEL RIO QUERA EN EL DISTRITO DE SANTAMARIA DEL VALLE - HUÁNUCO 2024", presentado por el (la) Bach. Victor Andre AREVALO MALPARTIDA para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

Artículo Segundo. - El Trabajo de Investigación (Tesis) deberá ejecutarse hasta un plazo máximo de 1 año de su Aprobación. En caso de incumplimiento podrá solicitar por única vez la ampliación del mismo (6 meses).

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Ibp. Graduando - Internado - Archivo.
BCR/EJML/nto.

ANEXO 2

RESOLUCIÓN DE NOMBRAMIENTO DE ASESOR

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO *Facultad de Ingeniería*

RESOLUCIÓN N° 1231-2024-D-FI-UHD

Huánuco, 27 de mayo de 2024

Visto, el Oficio N° 878-2024-C-PAIC-FI-UHD presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 489672-0000005405, del Bach. Victor Andre AREVALO MALPARTIDA, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación (Tesis).

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45º inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 489672-0000005405, presentado por el (la) Bach. Victor Andre AREVALO MALPARTIDA, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), el mismo que propone a la Mg. Yelen Lisseth Trujillo Ariza, como Asesor de Tesis, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 27 y 28 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a Las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - DESIGNAR, como Asesor de Tesis del Bach. Victor Andre AREVALO MALPARTIDA a la Mg. Yelen Lisseth Trujillo Ariza, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

Artículo Segundo. - El interesado tendrá un plazo máximo de 6 meses para solicitar revisión del Trabajo de Investigación (Tesis). En todo caso deberá de solicitar nuevamente el trámite con el costo económico vigente.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVENSE



Distribución:

Fac. de Ingeniería – PAIC – Asesor – Mat. y Reg.Acad. – Interesado – Archivo.
BL/CR/EJML/ato.

ANEXO 3

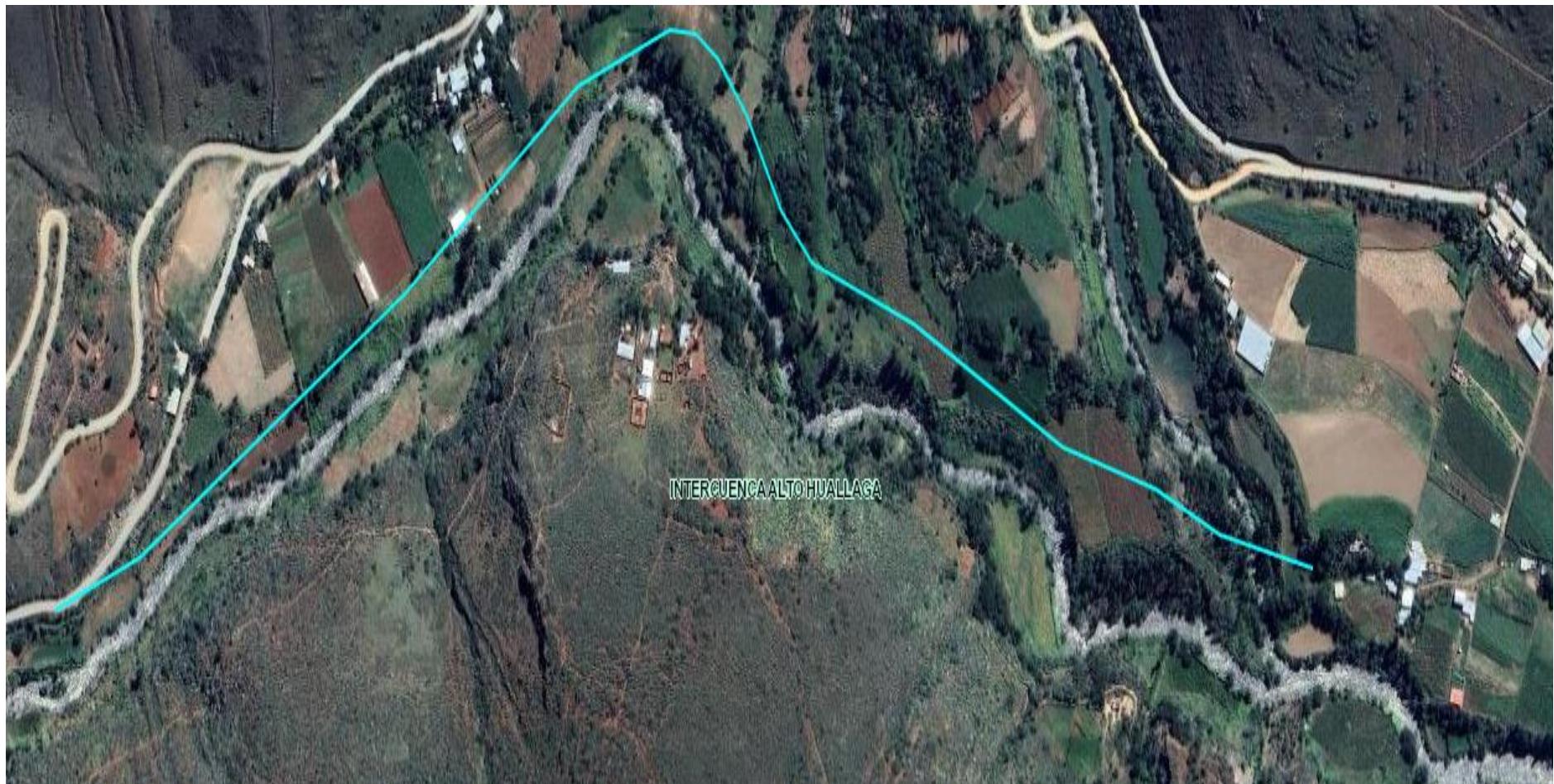
MATRIZ DE CONSISTENCIA

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS
<p>Problema General:</p> <p>¿Cuál es la disponibilidad de agua en la cuenca del río Quera en el distrito de Santa María del Valle, Huánuco, en el año 2024, considerando las precipitaciones y la generación de escorrentía?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Evaluando la disponibilidad de agua en la cuenca del río Quera en el distrito de Santa María del Valle, Huánuco, durante el año 2024, mediante el análisis de las precipitaciones y la generación de escorrentía.</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>H1: Si la disponibilidad de agua en la cuenca del río Quera en el distrito de Santa María del Valle, Huánuco, durante el año 2024, estará influenciada por las variaciones en las precipitaciones y la generación de escorrentimientos.</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <p>HE1: Si se recopilan datos meteorológicos precisos durante el año 2024, entonces se podrá cuantificar de manera exacta la precipitación total recibida en la cuenca del río Quera.</p> <p>HE2: Si la precipitación total y las características hidrológicas de la cuenca del río Quera son analizadas correctamente, entonces se podrá estimar de manera confiable la generación de escorrentimientos durante el año 2024.</p> <p>HE3: Si se determina adecuadamente el volumen de escorrentimientos generados y se consideran las demandas hídricas locales, entonces se podrá establecer la disponibilidad de agua superficial en la cuenca del río Quera para diferentes usos durante el año 2024.</p>
<p>Problemas Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Cuál es la cantidad total de precipitación que recibe la cuenca del río Quera durante el periodo 1999–2024 registrada en las estaciones meteorológicas de Huánuco, Canchán y San Rafael? - ¿Cómo varía la generación de escorrentimientos en la cuenca del río Quera para diferentes periodos de retorno (20, 25, 50 y 100 años)? - ¿Cuál es la disponibilidad de agua superficial en la cuenca del río Quera durante 	<p>Objetivos Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cuantificar la cantidad total de precipitación recibida en la cuenca del río Quera durante el periodo 1999–2024 registrada en las estaciones meteorológicas de Huánuco, Canchán y San Rafael. - Estimar la generación de escorrentía en la cuenca del río Quera para diferentes periodos de retorno (20, 25, 50 y 100 años) mediante el método del Número de Curva del SCS. - Determinar la disponibilidad de agua superficial en la cuenca del río Quera para 	

el año 2024 estimada a partir de los caudales diferentes usos durante el año 2024 a partir calculados para diferentes periodos de de los caudales estimados mediante análisis retorno? de frecuencias.

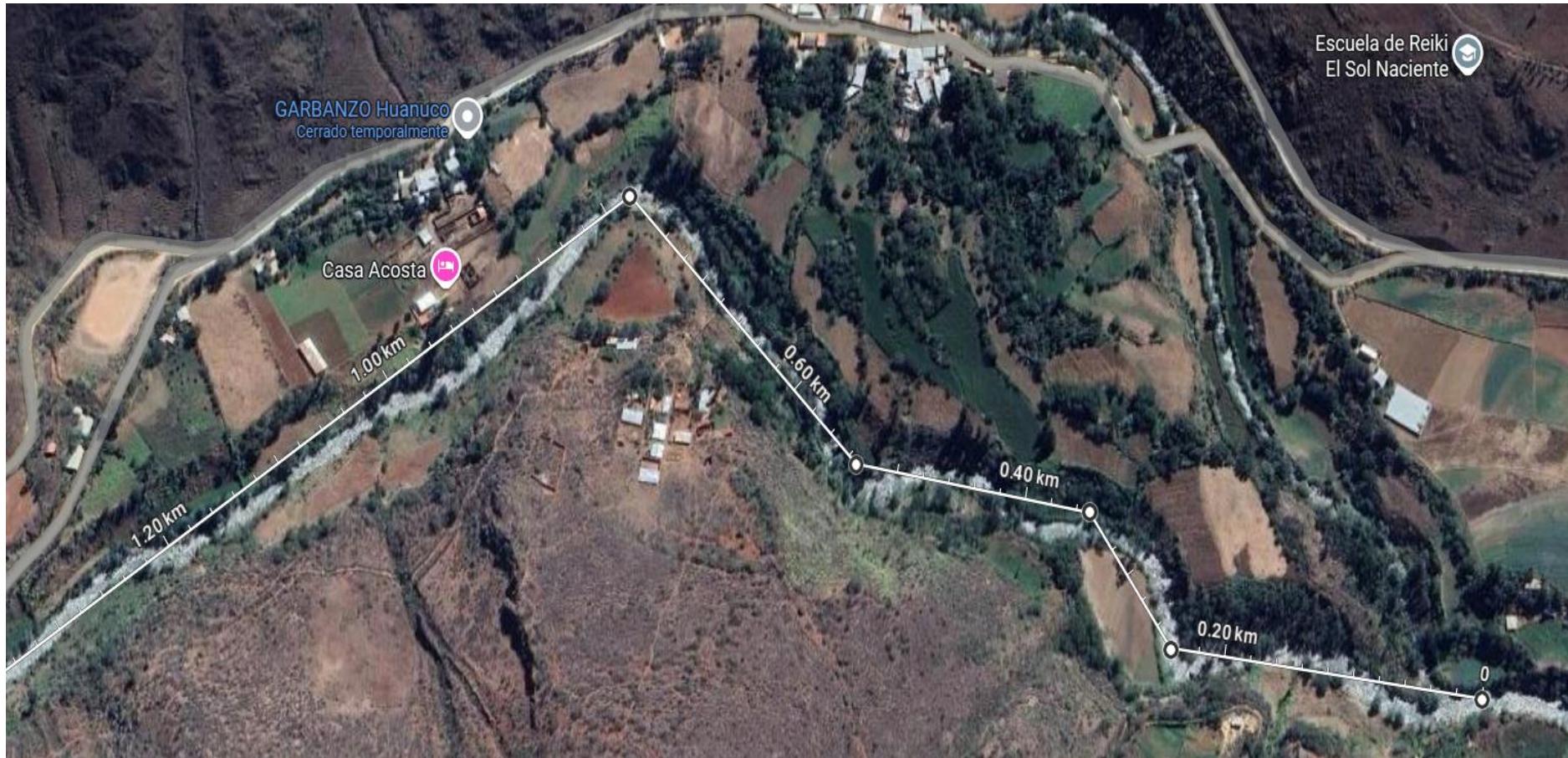
ENFOQUE, ALCANCE Y DISEÑO	POBLACIÓN Y MUESTRA	VARIABLES
Enfoque: Cuantitativo.	Población: La población de estudio será la totalidad de la cuenca del río Quera en el distrito de Santa María del Valle, Huánuco, durante el año 2024	Variable dependiente Disponibilidad de agua en la cuenca del río Quera.
Alcance o nivel: descriptivo.	Muestra: Muestreo por conveniencia, que fue los 6km del cauce del río Quera.	Variable independiente Las variaciones en las precipitaciones y la generación de escurrimientos.
Diseño: No experimental.		

ANEXO 4
PLANO DE UBICACIÓN



ANEXO 5

IMAGEN SATELITAL DE LA CUENCA



ANEXO 6
IMAGEN SATELITAL DE LA LONGITUD DE CUENCA



ANEXO 7

DATOS DEL SENAMHI



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

"DECENIO DE LA IGUALDAD DE OPORTUNIDADES
PARA MUJERES Y HOMBRE"



" AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA"

ESTACIÓN: **HUÁNUCO**

LATITUD: 09° 57' 7.24"

Dto: Huánuco

LONGITUD: 76° 14' 54.8"

ALTITUD: 1947 MSNM

Precipitación Total Mensual (m.m)

Periodo: **1999 - 2024**

COD	PLANI LLA	VAR	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
404	52	PT101	1999	81.7	88.5	109.3	22.3	18.4	15.1	8.6	0.6	57.6	20.8	33.8	58.2
404	52	PT101	2000	68.2	89.6	148	30.3	10.1	16	3.6	17.1	11.9	9.5	61	77.2
404	52	PT101	2001	45.2	36.2	85.2	46.2	10.4	3.3	8.4	10.2	7.4	36.9	72.7	55.8
404	52	PT101	2002	29.5	56.4	83.1	56.5	18.2	2.9	12.8	4.1	8.4	109.8	40.8	20.3
404	52	PT101	2003	44.7	26.9	70.5	24.6	14.3	0.3	0.1	9.4	12.6	17.1	77.3	83.1
404	52	PT101	2004	33.6	31.7	56.9	31.2	24.8	5.1	5.6	16.7	16.2	28.6	34.8	104.6
404	52	PT101	2005	32.6	45	92.7	12.2	1.4	0	2	8.6	5.8	51.5	26.3	106.9
404	52	PT101	2006	81.9	48.4	112.7	38.6	2	6.2	3.5	2.9	11.4	46	66.7	89.1
404	52	PT101	2007	33.9	6.9	83.1	35.8	7.8	1.9	6.7	3.9	4.4	59.2	40.6	70.3
404	52	PT101	2008	29.8	90.8	91.3	36.3	3.6	5.5	0.1	2	33.4	38	50.9	68.1
404	52	PT101	2009	67.2	72.5	87.9	57.2	13.7	10.3	11.9	4.4	11	44.6	40.2	59.6
404	52	PT101	2010	21.8	85.9	91.6	19	3.4	2.6	4.9	7.2	13.6	26.7	55.1	81.9
404	52	PT101	2011	74.3	64	141.6	43.9	21.1	5.7	1.9	3.7	22.6	67.7	56.6	114.2
404	52	PT101	2012	78.6	55.7	30.1	75.9	13.7	3.8	7.8	3.4	4.9	75	94.5	154.7
404	52	PT101	2013	36.2	90	92	33.6	5.7	10.7	12.5	22.1	6.6	37.8	71.3	76.1
404	52	PT101	2014	72	92	76.3	43.1	29.2	6.6	2.9	0.7	28.9	49.7	32.1	84.9
404	52	PT101	2015	75.6	48.9	62.3	59	37.8	2.8	3.9	2.3	3.1	22.7	71.4	35.3
404	52	PT101	2016	34.7	47.3	67.8	11.6	0.2	0.8	0.2	1.1	1.7	34.3	37.5	70.2
404	52	PT101	2017	72.1	70.9	74	24.6	12.3	4	4.8	5.1	15.9	32.3	49.4	132.1
404	52	PT101	2018	88.5	87.9	85.3	61.4	10.6	11.3	2.4	9.8	18.1	96.1	47.6	52.3
404	52	PT101	2019	116.5	56.3	130.9	20.2	9.1	12	1.1	4.4	13.4	58.5	18.5	125.2
404	52	PT101	2020	42.4	61.2					5.9	0.6	4.8	24.3	15.3	56.3
404	52	PT101	2021	74.8	72.2	66.5	33.8	16.2	3.2	0.9	3.2	29.7	34.2	126.7	39
404	52	PT101	2022	54.4	82.6	50.3		3.3	9.6	6	11	10	10.3	28.7	79.1
404	52	PT101	2023	33.9	84.8	142.6	22.8	35.2	0	0.3	1.7	13.6	47.1	33.5	58.7
404	52	PT101	2024	121.2	62.2	59.5	14.1		20.6	0.3	11.4	5	41.1	96.2	69.8

INFORMACIÓN PREPARADA PARA : **ARÉVALO MALPARTIDA VICTOR ANDRÉ.**

TESIS: "GENERACIÓN DE ESCORRENTÍA Y PRECIPITACIONES PARA EL CALCULO DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA DE LA CUENCA DEL RÍO QUERA EN EL DISTRITO DE SANTA MARÍA DEL VALLE – HUÁNUCO 2024"



PERÚ

Ministerio
del AmbienteDECENIO DE LA IGUALDAD DE OPORTUNIDADES
PARA MUJERES Y HOMBRE"

" AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA"

ESTACIÓN: SAN RAFAEL

LATITUD: 10° 19' 45.3"

Dto: Huánuco

LONGITUD: 76° 10' 35.7"

ALTITUD: 2699 MSNM

Precipitación Total Mensual (m.m)

Periodo: 1999 - 2024

CODIGO	PLAN	VAR	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
552	52	PT101	1999	S/D	160.1	115.1	42.8	11.7	10.9	4.4	13.2	64.4	24.0	75.0	63.1
552	52	PT101	2000	119.9	100.9	158.6	47.5	9.7	20.5	5.4	35.0	22.1	46.2	33.4	113.1
552	52	PT101	2001	125.4	100.9	134.0	72.1	10.5	11.1	26.5	13.0	28.0	68.9	104.6	151.7
552	52	PT101	2002	35.1	88.0	157.8	38.6	32.2	3.2	30.3	1.2	17.5	106.8	63.0	135.4
552	52	PT101	2003	67.1	47.3	116.5	101.4	8.6	7.2	0.0	33.2	28.6	19.4	83.3	126.8
552	52	PT101	2004	40.2	84.3	60.7	53.5	45.7	16.7	5.0	9.5	45.0	66.0	86.3	172.9
552	52	PT101	2005	71.5	100.4	125.5	S/D	1.9	0.0	4.4	16.4	30.1	55.2	67.8	72.7
552	52	PT101	2006	112.0	68.7	104.6	54.2	0.9	9.7	5.8	9.8	22.1	64.3	97.9	96.9
552	52	PT101	2007	93.6	18.9	157.3	47.4	18.5	0.7	41.0	3.7	21.7	67.4	70.3	114.6
552	52	PT101	2008	100.2	133.2	58.8	35.4	21.2	14.5	1.9	3.9	89.4	84.8	42.3	100.2
552	52	PT101	2009	84.9	75.2	108.8	44.0	54.1	8.6	21.8	13.8	25.2	42.9	97.5	114.7
552	52	PT101	2010	134.9	133.6	111.1	78.3	24.9	5.2	10.6	5.4	9.9	43.9	43.1	134.2
552	52	PT101	2011	125.7	116.7	104.9	53.4	33.7	1.0	1.6	5.2	32.4	66.2	49.4	157.3
552	52	PT101	2012	85.1	123.2	63.0	111.6	12.1	30.2	3.3	11.2	8.3	77.2	83.8	223.0
552	52	PT101	2013	94.0	135.9	123.1	71.4	11.9	16.9	7.5	39.4	24.5	104.3	96.5	175.6
552	52	PT101	2014	110.1	155.5	134.2	44.5	37.3	3.0	0.0	11.5	81.0	19.5	51.4	72.4
552	52	PT101	2015	97.4	50.7	81.8	57.0	50.6	0.7	6.9	7.7	12.8	25.3	73.6	88.6
552	52	PT101	2016	49.6	148.5	63.9	61.9	16.4	1.5	2.2	2.2	9.4	75.2	53.9	122.6
552	52	PT101	2017	109.6	104.8	139.5	36.9	45.2	1.3	14.0	8.6	45.4	62.3	54.9	149.6
552	52	PT101	2018	118.8	124.5	162.0	81.3	20.4	20.5	15.8	12.8	22.5	124.8	87.2	83.6
552	52	PT101	2019	162.3	S/D	167.0	76.0	23.1	4.8	6.8	0.8	26.7	62.3	46.2	171.9
552	52	PT101	2020	43.6	132.6	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
552	52	PT101	2021	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	69	S/D
552	52	PT101	2022	102	127.8	S/D	50.1	18.4	6.8	12.5	8.9	26.9	87.9	82.1	112.2
552	52	PT101	2023	60.8	70.7	115.9	28.6	50.7	2.7	0.0	34.3	7.9	43.2	80.0	103.2
552	52	PT101	2024	158.8	126.1	112.9	33.5	S/D	9.0	0.1	8.3	10.4	52.4	117.6	63.4

INFORMACIÓN PREPARADA PARA : ARÉVALO MALPARTIDA VICTOR ANDRÉ.

TESIS: "GENERACIÓN DE ESCORRENTÍA Y PRECIPITACIONES PARA EL CALCULO DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA
DE LA CUENCA DEL RÍO QUERA EN EL DISTRITO DE SANTA MARÍA DEL VALLE – HUÁNUCO 2024"



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

"DECENIO DE LA IGUALDAD DE OPORTUNIDADES
PARA MUJERES Y HOMBRE"



" AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA"

ESTACIÓN: CANCHAN

LATITUD: 09° 55' 15.43"

Dto: Huánuco

LONGITUD: 76° 18' 34.62"

ALTITUD: 1986 MSNM

Precipitación Total Mensual (m.m)

Periodo: 1999 - 2024

COD	PLAN.	VAR.	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
457	52	PT101	1999	83.0	94.2	136.3	20.9	8.5	4.4	5.2	1.5	23.6	16.5	44.9	75.7
457	52	PT101	2000	79.3	81.7	132.9	14.2	4.6	17.6	9.0	22.1	12.4	26.4	31.0	83.6
457	52	PT101	2001	115.4	43.5	94.8	38.2	11.4	3.0	14.2	5.1	12.7	52.8	S/D	70.4
457	52	PT101	2002	18.7	58.4	103.8	46.5	20.0	1.7	24.5	9.8	12.1	65.3	35.3	39.2
457	52	PT101	2003	50.1	42.4	86.2	31.7	13.0	0.0	0.0	9.7	20.6	43.8	62.6	88.2
457	52	PT101	2004	29.6	60.7	89.9	18.2	31.7	11.4	8.6	17.8	19.7	51.7	22.1	87.7
457	52	PT101	2005	77.6	69.9	105.0	14.1	1.0	0.0	6.6	20.4	11.0	47.3	28.8	147.8
457	52	PT101	2006	122.5	57.9	99.6	33.8	5.7	10.3	1.0	1.4	17.0	82.9	69.1	88.9
457	52	PT101	2007	45.0	4.4	64.0	22.6	20.1	0.0	4.6	3.0	5.8	67.3	49.4	67.1
457	52	PT101	2008	74.0	94.4	78.6	48.2	5.8	1.9	2.1	3.6	32.0	37.7	43.8	73.7
457	52	PT101	2009	111.0	96.9	90.3	71.0	5.8	16.1	12.2	1.6	10.1	41.0	50.1	95.8
457	52	PT101	2010	26.4	116.6	88.9	29.9	8.1	0.0	2.4	5.3	20.7	39.1	69.6	65.8
457	52	PT101	2011	80.5	65.9	107.4	31.4	25.2	0.0	2.4	3.5	9.3	88.8	48.1	113.2
457	52	PT101	2012	78.8	83.7	27.9	58.9	10.3	3.4	6.3	4.8	4.0	66.3	84.5	159.0
457	52	PT101	2013	64.2	98.8	127.7	49.6	5.7	27.1	13.4	27.6	4.6	41.7	56.0	76.7
457	52	PT101	2014	69.3	120.6	91.8	42.7	41.4	2.4	6.8	0.0	36.9	47.5	27.6	93.0
457	52	PT101	2015	58.6	81.2	67.5	40.1	55.8	0.0	0.5	1.6	4.9	22.6	72.0	45.2
457	52	PT101	2016	25.4	59.7	35.6	11.6	1.0	0.0	4.2	3.9	3.5	38.6	42.2	68.4
457	52	PT101	2017	66.2	74.6	77.5	22.8	17.6	3.1	3.9	5.0	10.7	25.7	54.1	145.0
457	52	PT101	2018	92.7	89.6	87.9	45.1	7.2	9.6	4.6	10.8	15.1	105.3	36.1	55.2
457	52	PT101	2019	115.2	55.0	93.3	34.2	4.1	13.7	6.2	3.2	11.1	45.6	36.9	153.7
457	52	PT101	2020	S/D	66.3	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	3.4	18.8	10.2	48.5
457	52	PT101	2021	79.6	62.8	60.4	36.2	23.4	15.8	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	77.0
457	52	PT101	2022	57.7	93.2	65.1	14.3	5.6	12.2	2.8	20.8	9.0	13.9	35.7	80.0
457	52	PT101	2023	27.3	96.4	142.3	17.1	49.9	0.5	0.0	5.6	44.1	28.5	38.4	70.8
457	52	PT101	2024	125.4	71.8	81.7	11.4	9.0	37.5	0.0	7.6	3.0	34.9	84.8	75.9

INFORMACIÓN PREPARADA PARA : ARÉVALO MALPARTIDA VICTOR ANDRÉ.

TESIS: "GENERACIÓN DE ESCORRENTÍA Y PRECIPITACIONES PARA EL CALCULO DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA DE LA CUENCA DEL RÍO QUERA EN EL DISTRITO DE SANTA MARÍA DEL VALLE – HUÁNUCO 2024"

ANEXO 8

HIDROESTA

Para la estación CANCHAN:

Figura 29

HidroEsta distribución normal para un T: 20 años

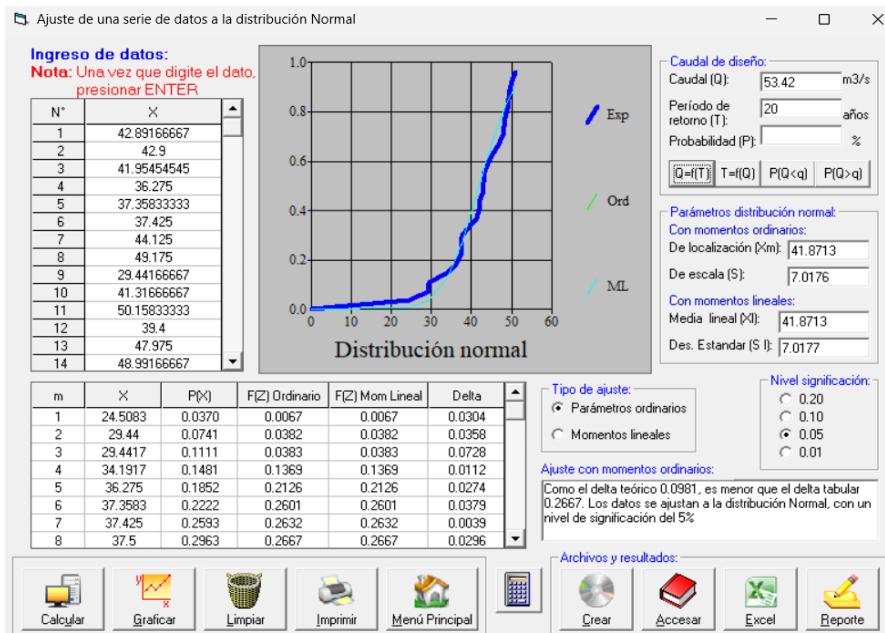


Figura 30

HidroEsta distribución normal para un T: 25 años

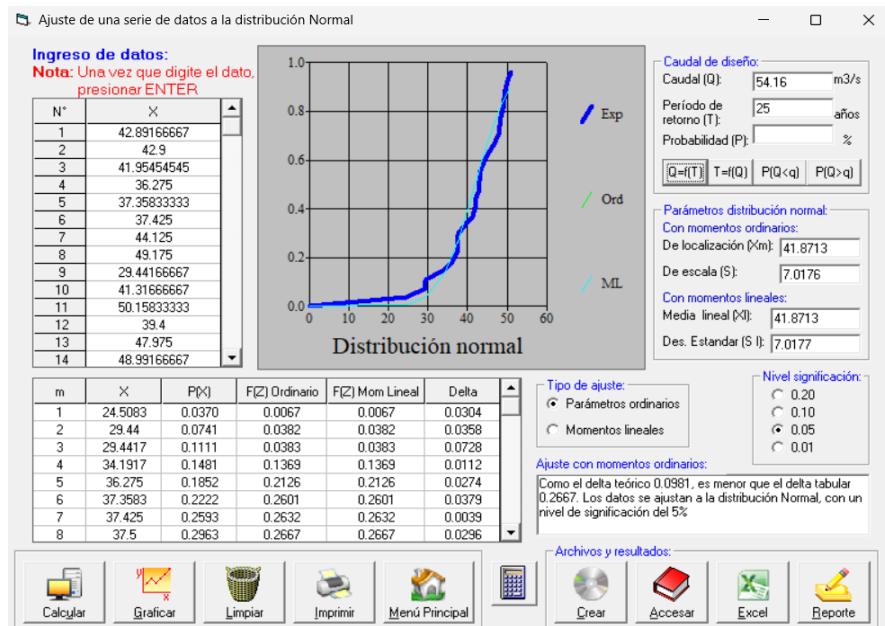


Figura 31

HidroEsta distribución normal para un T: 50 años

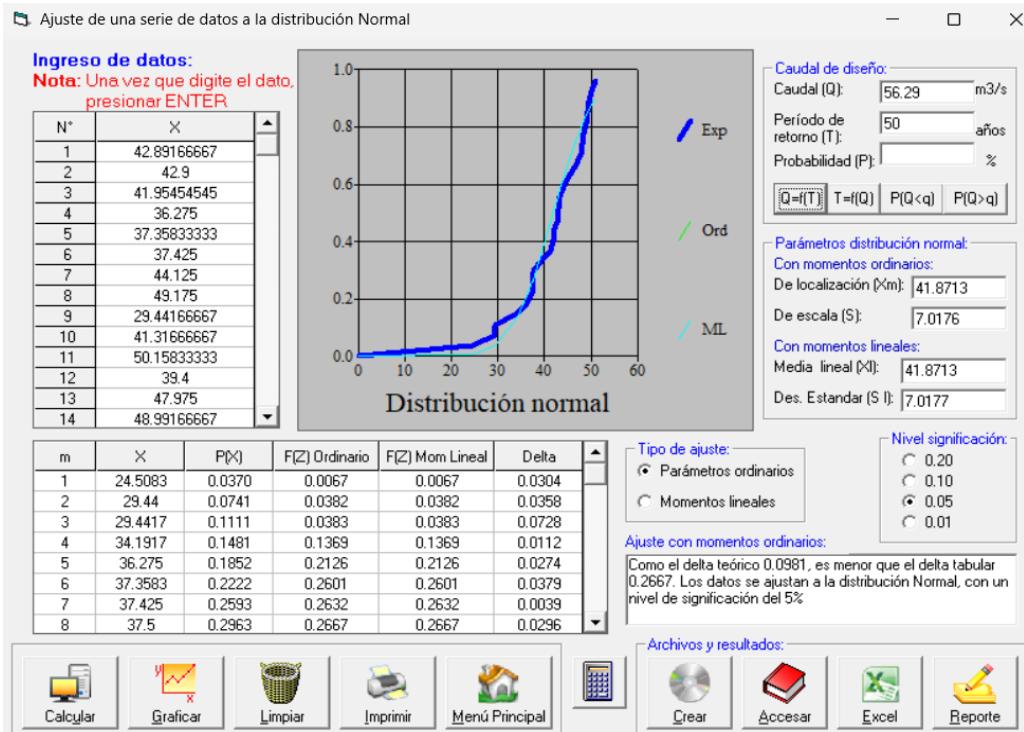


Figura 32

HidroEsta distribución normal para un T: 100 años

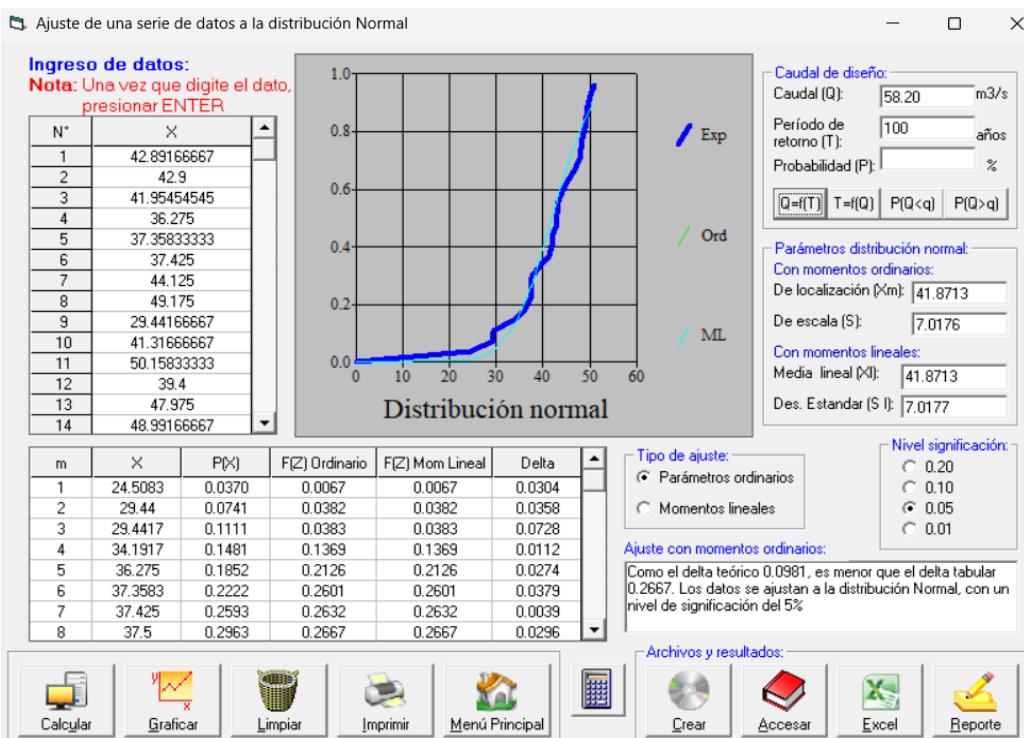


Figura 33

HidroEsta distribución log-normal para un T: 20 años

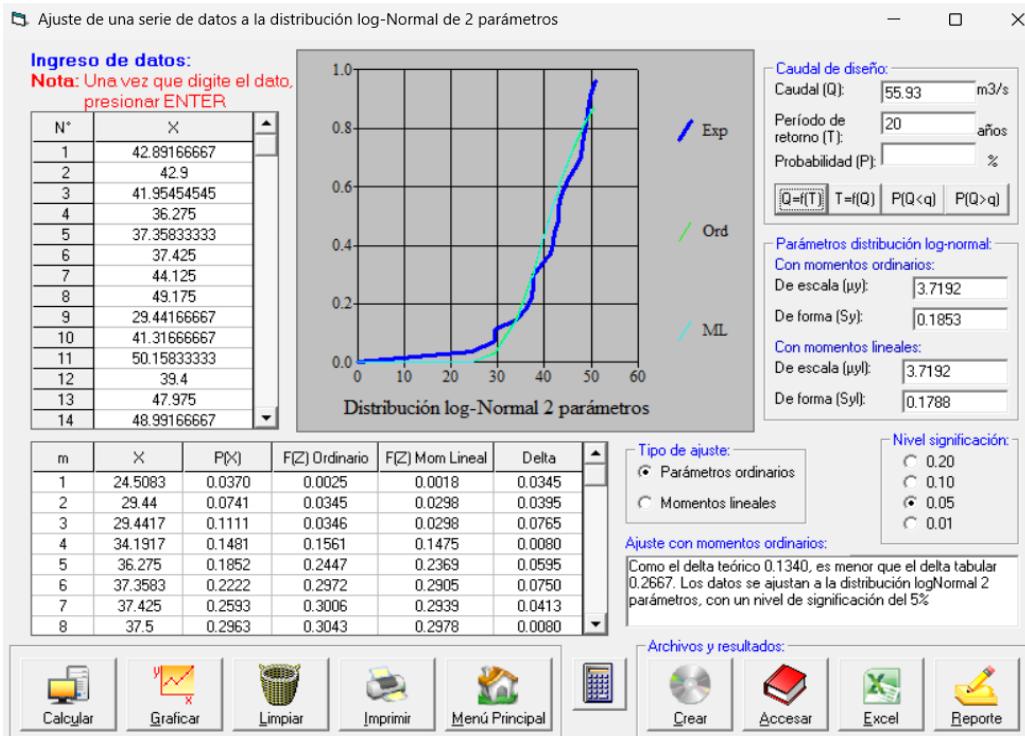


Figura 34

HidroEsta distribución log-normal para un T: 25 años

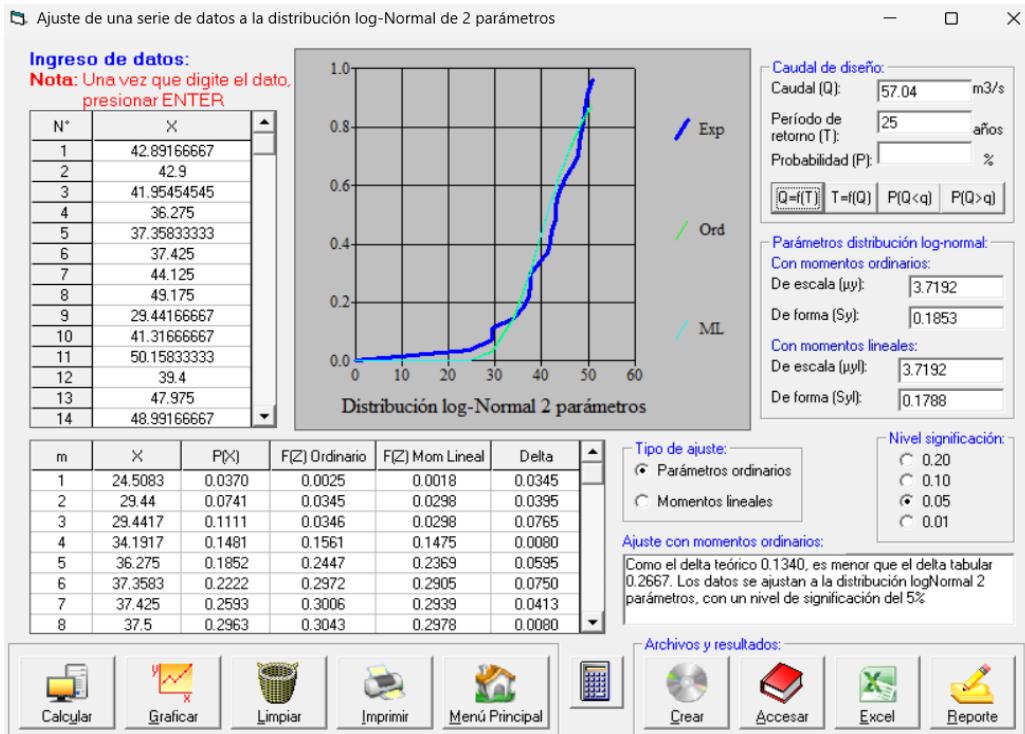


Figura 35

HidroEsta distribución log-normal para un $T: 50$ años

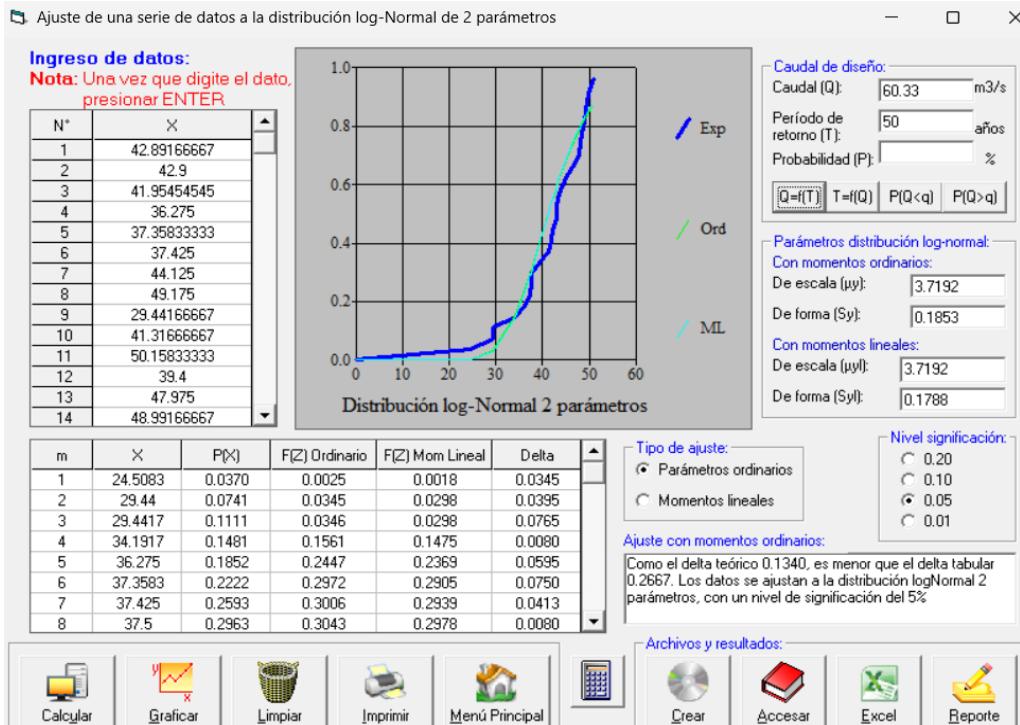


Figura 36

HidroEsta distribución log-normal para un $T: 100$ años

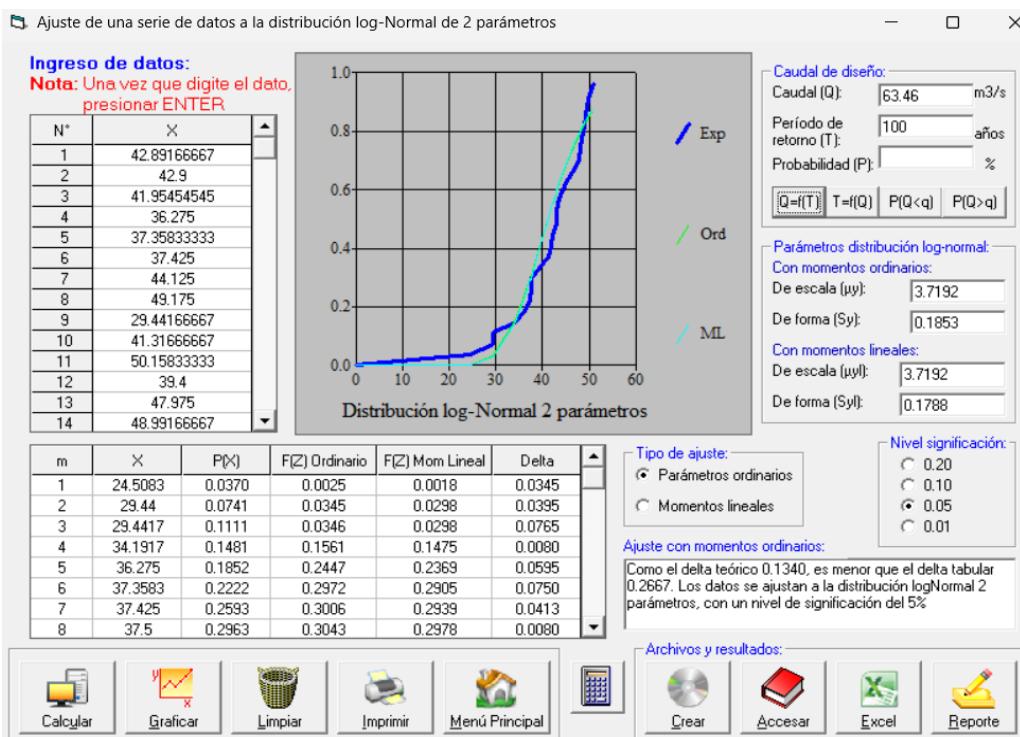


Figura 37

HidroEsta distribución Gumbel para un T: 20 años

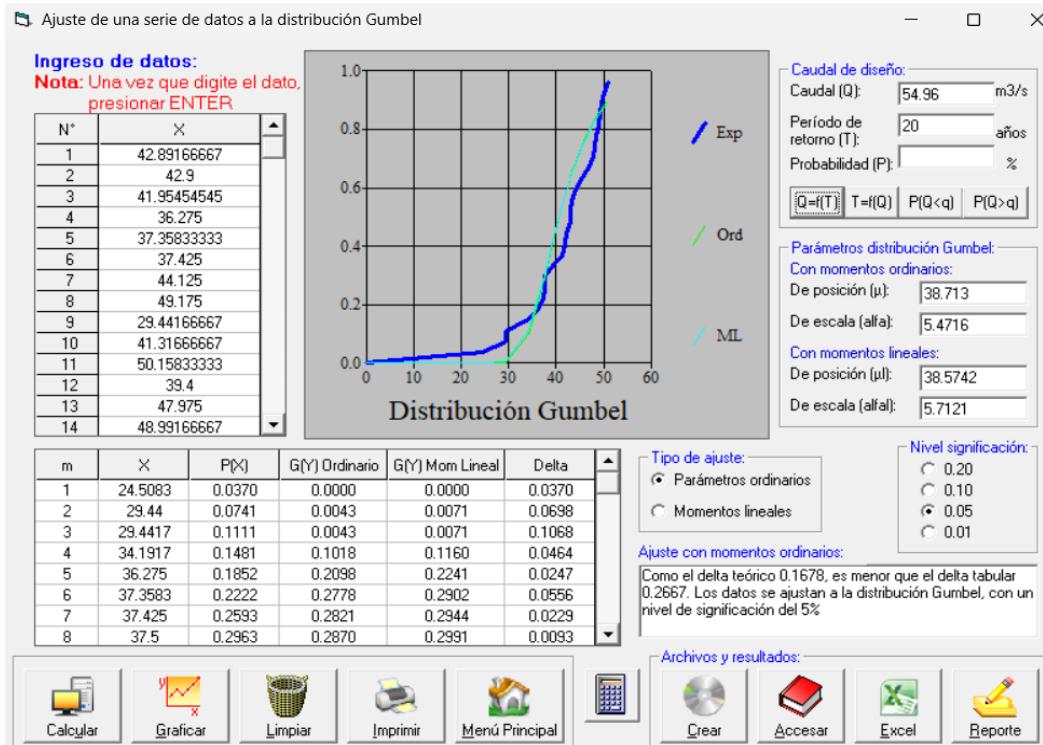


Figura 38

HidroEsta distribución Gumbel para un T: 25 años

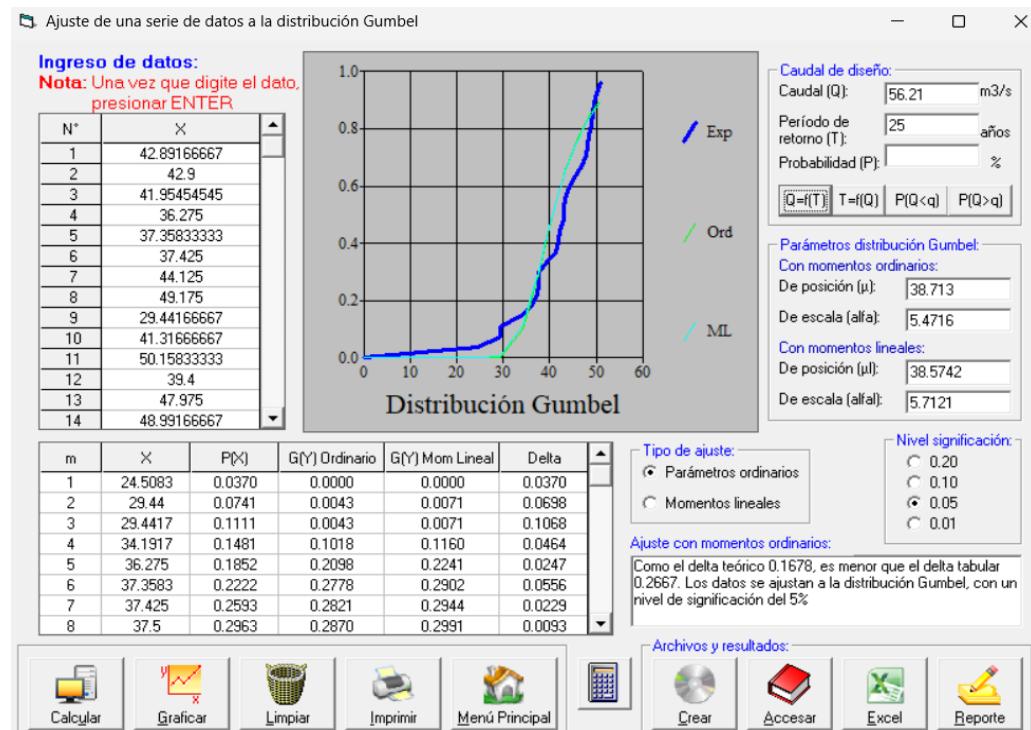


Figura 39

HidroEsta distribución Gumbel para un T: 50 años

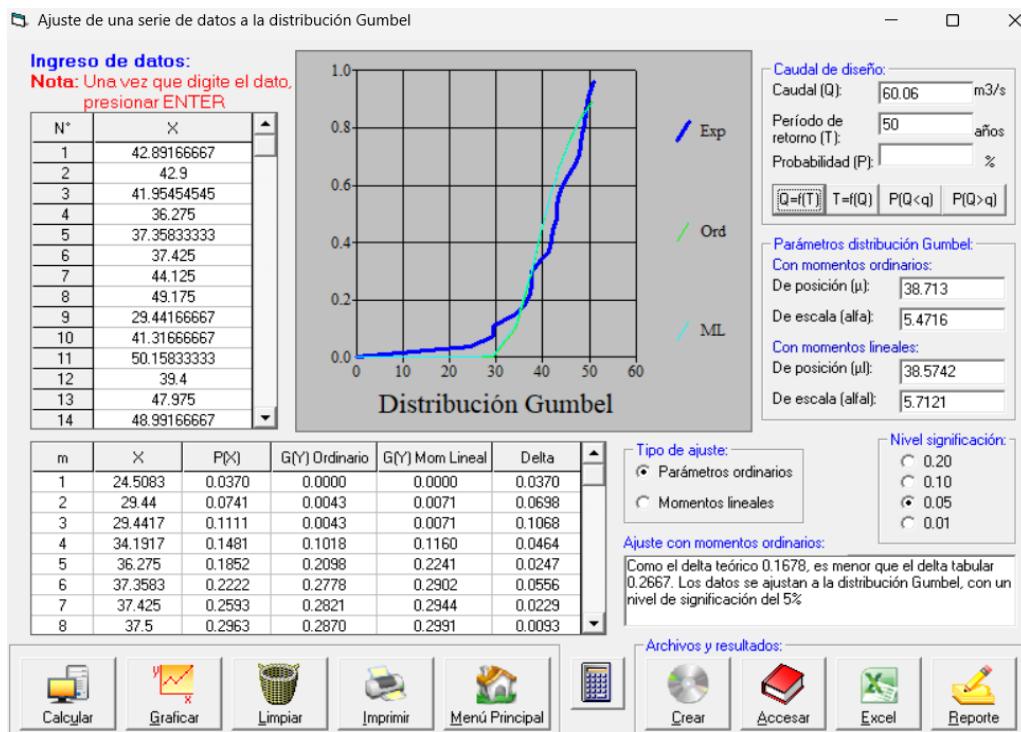
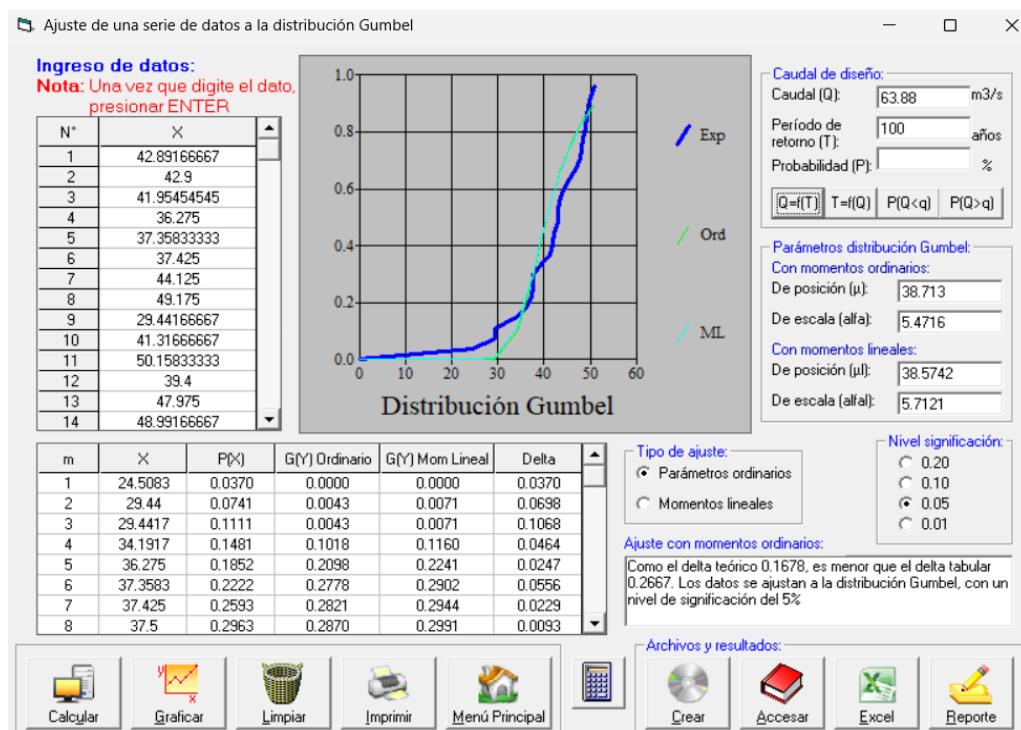


Figura 40

HidroEsta distribución Gumbel para un T: 100 años



Para la estación SAN RAFAEL

Figura 41

HidroEsta distribución normal para un T: 20 años

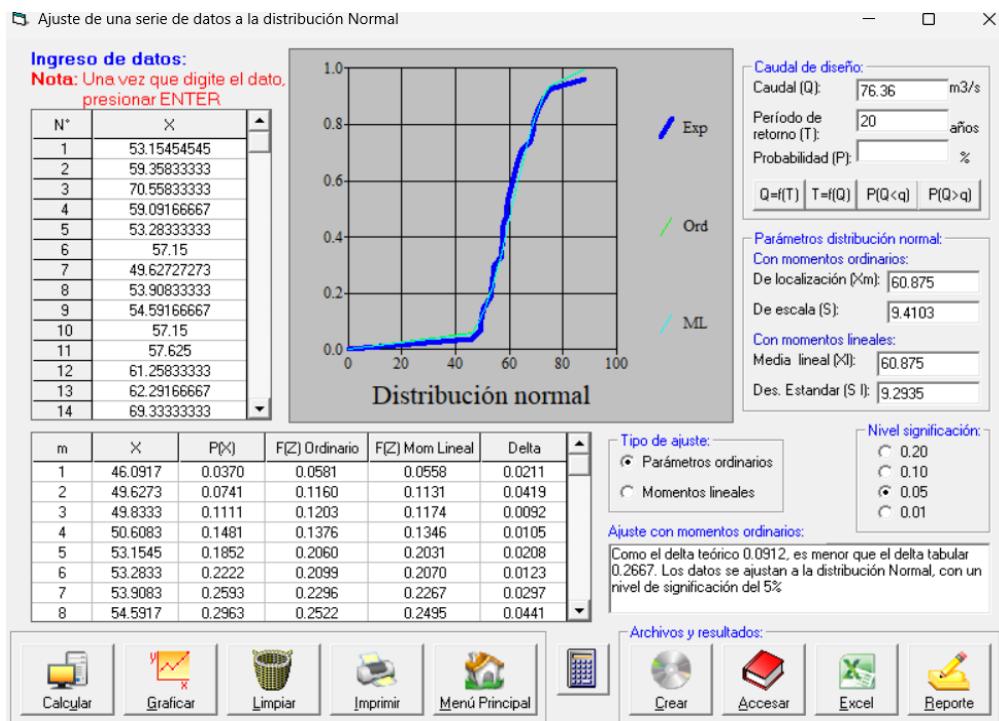


Figura 42

HidroEsta distribución normal para un T: 25 años

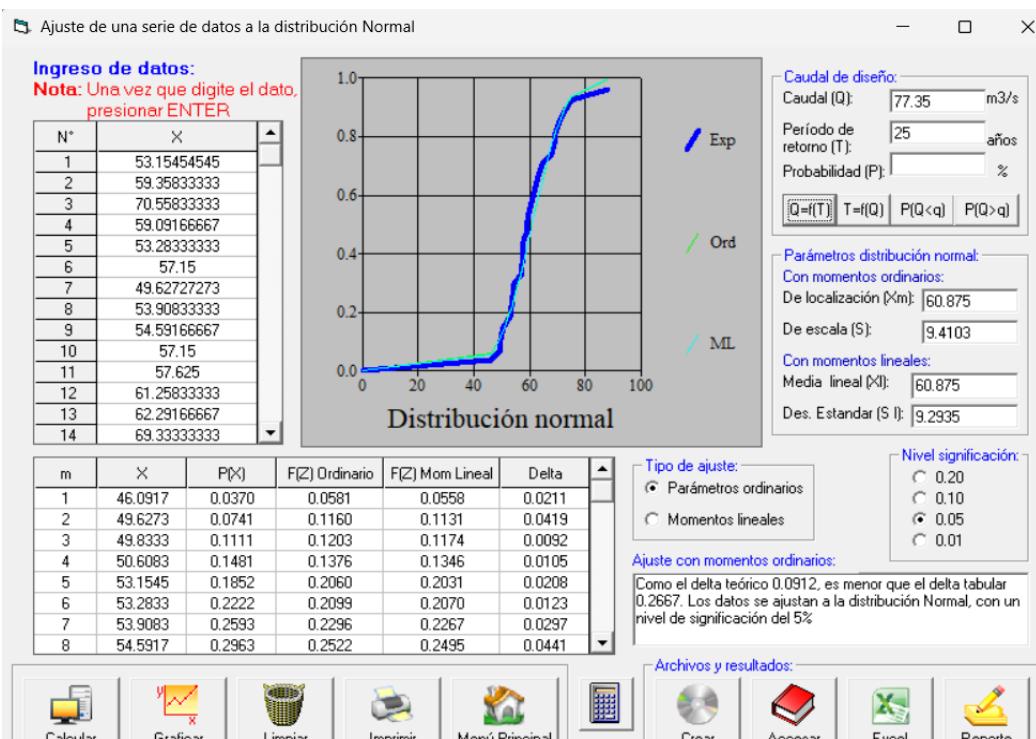


Figura 43

HidroEsta distribución normal para un T: 50 años

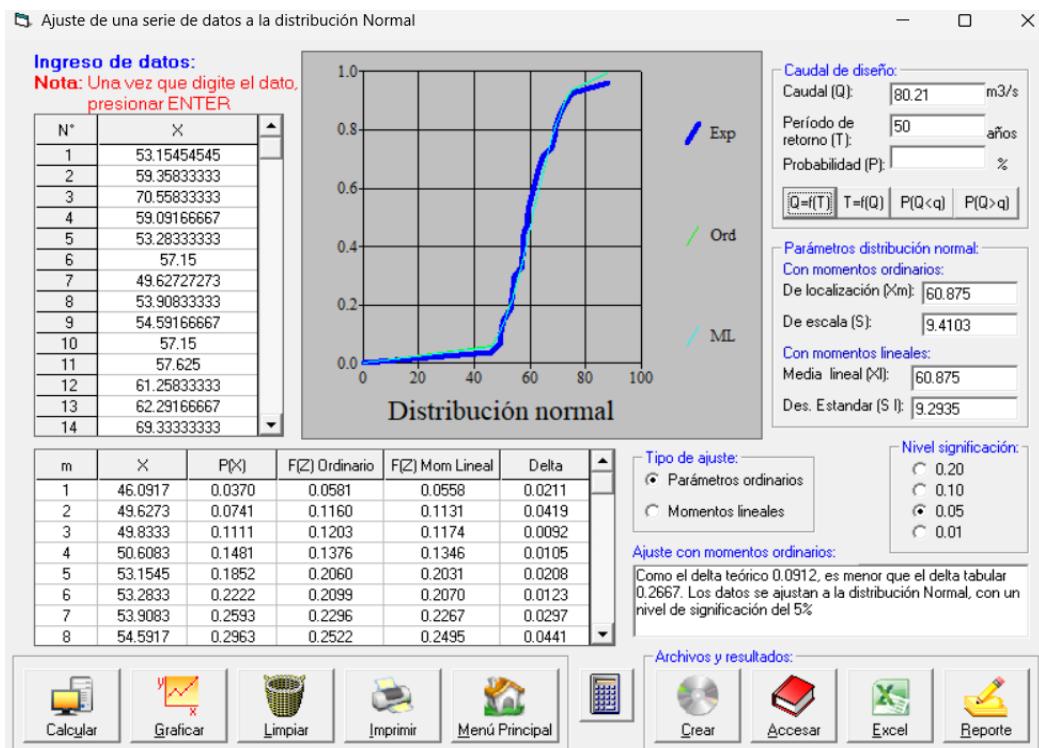


Figura 44

HidroEsta distribución normal para un T: 100 años

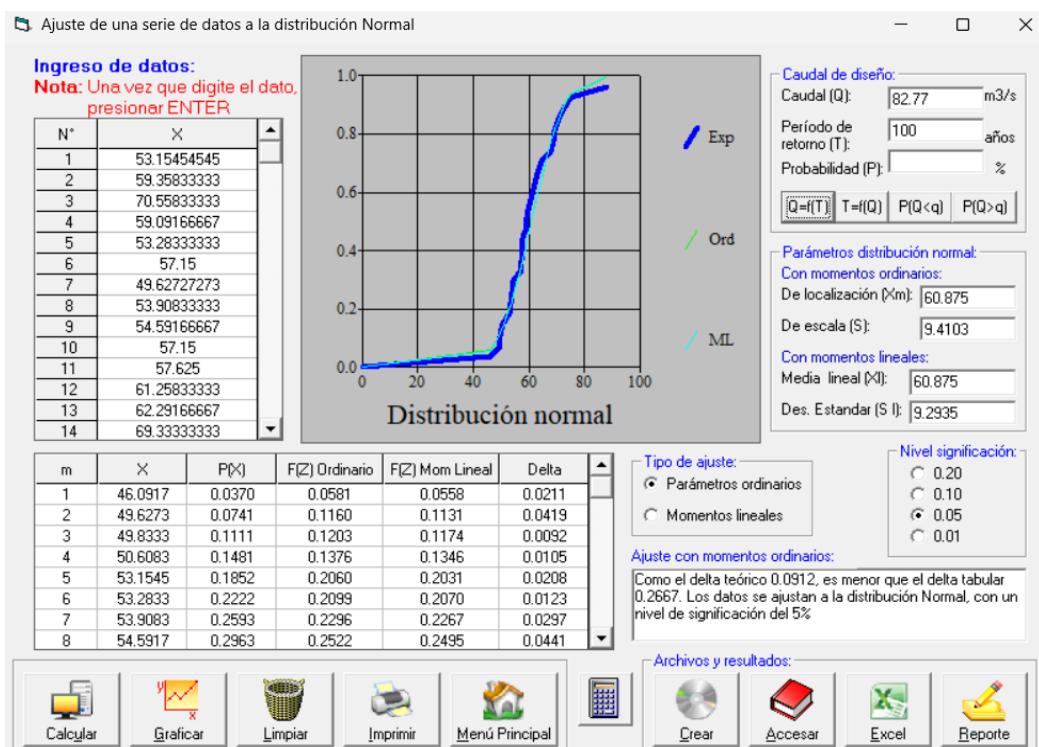


Figura 45

HidroEsta distribución log-normal para un $T: 20$ años

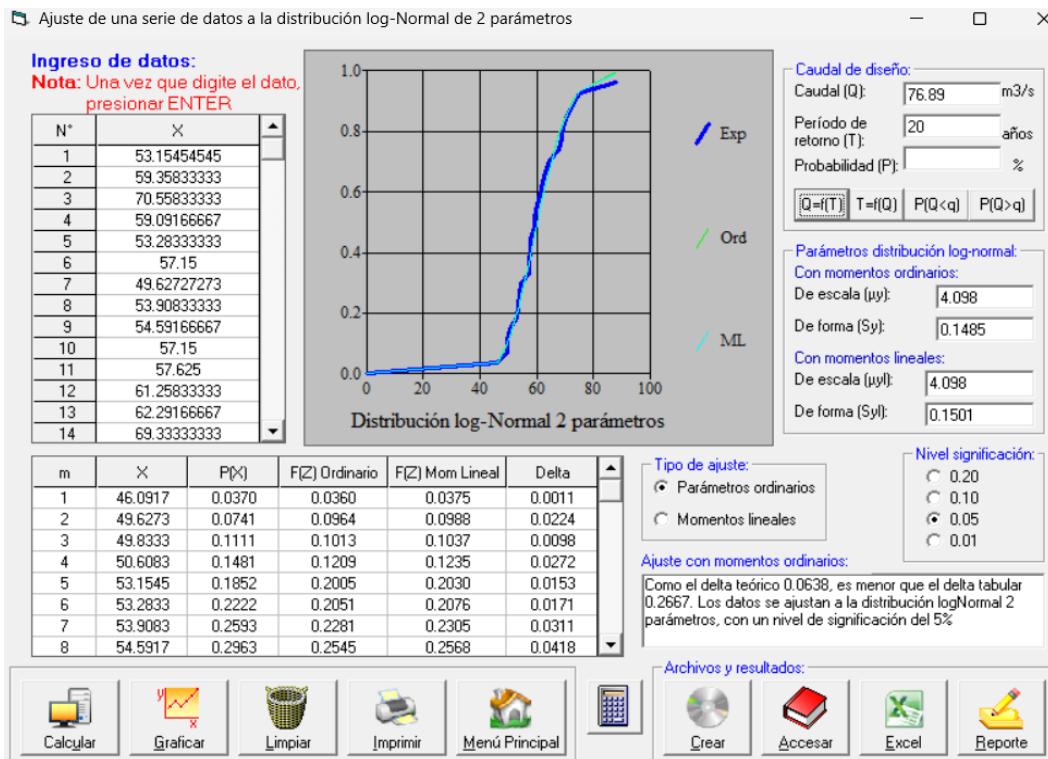


Figura 46

HidroEsta distribución log-normal para un $T: 25$ años

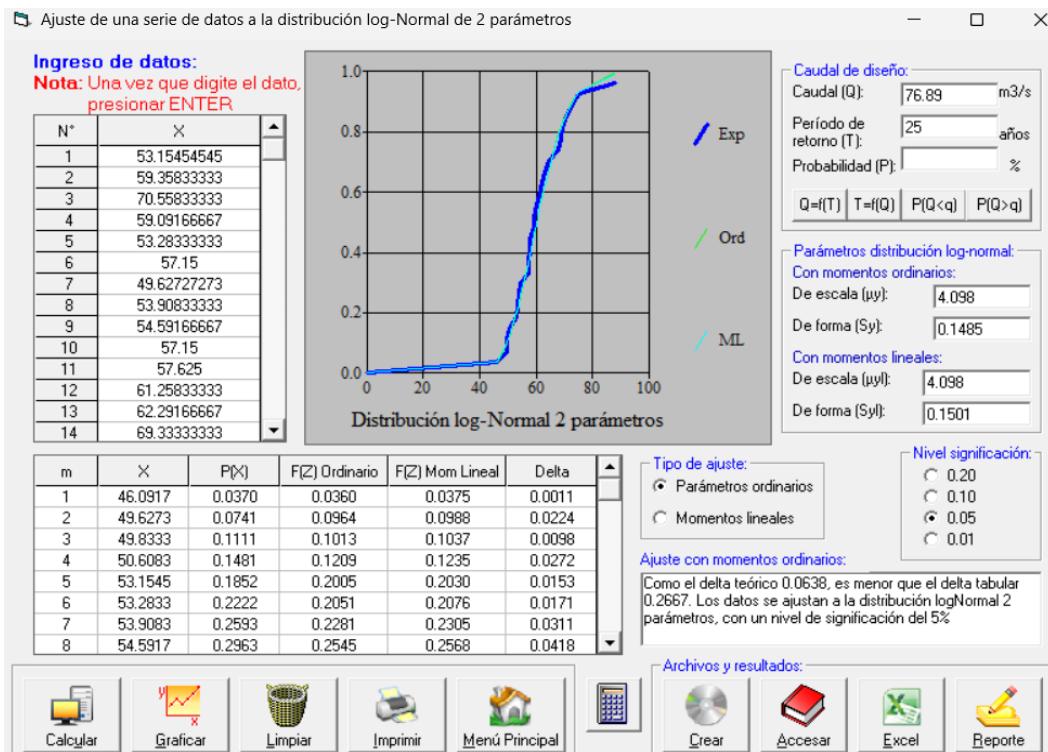


Figura 47

HidroEsta distribución log-normal para un $T: 50$ años

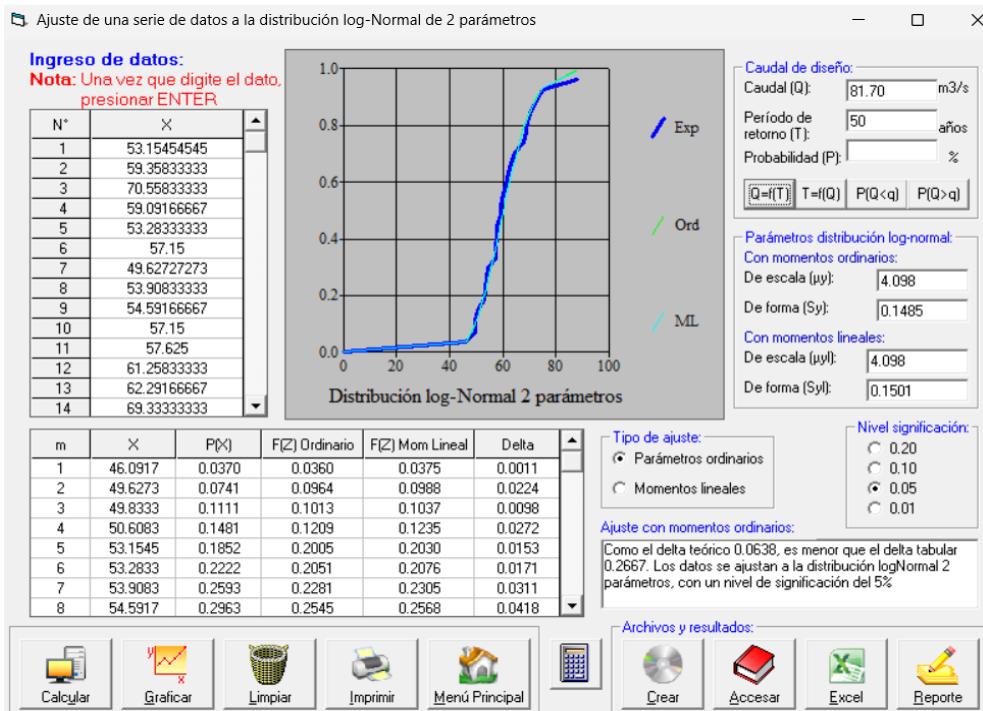


Figura 48

HidroEsta distribución log-normal para un $T: 100$ años

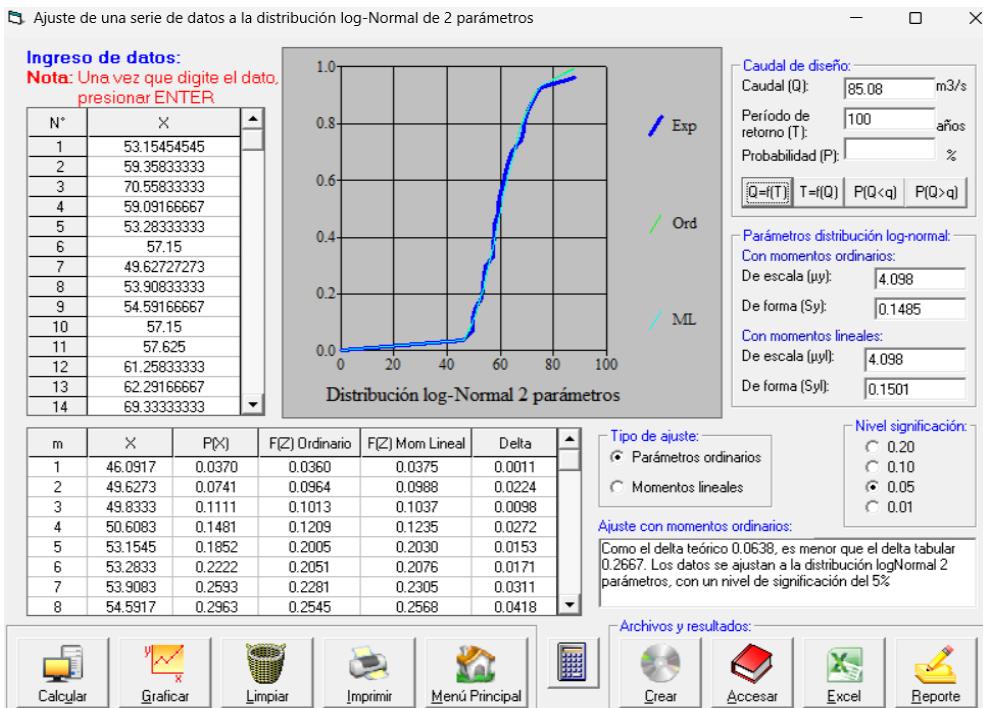


Figura 49

HidroEsta distribución Gumbel para un $T: 20$ años

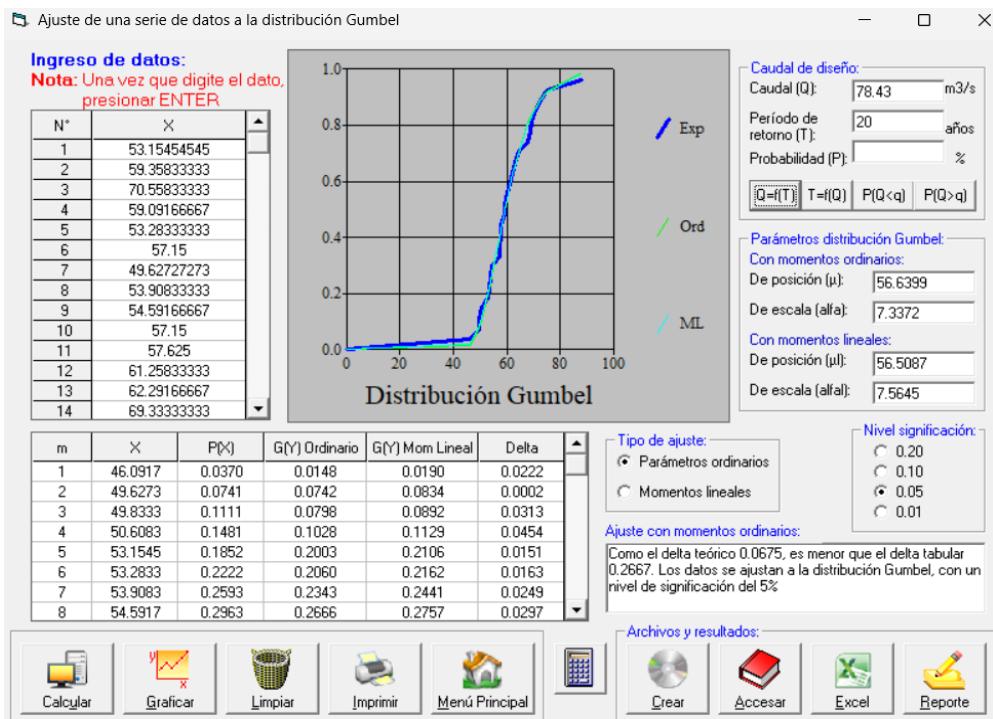


Figura 50

HidroEsta distribución Gumbel para un $T: 25$ años

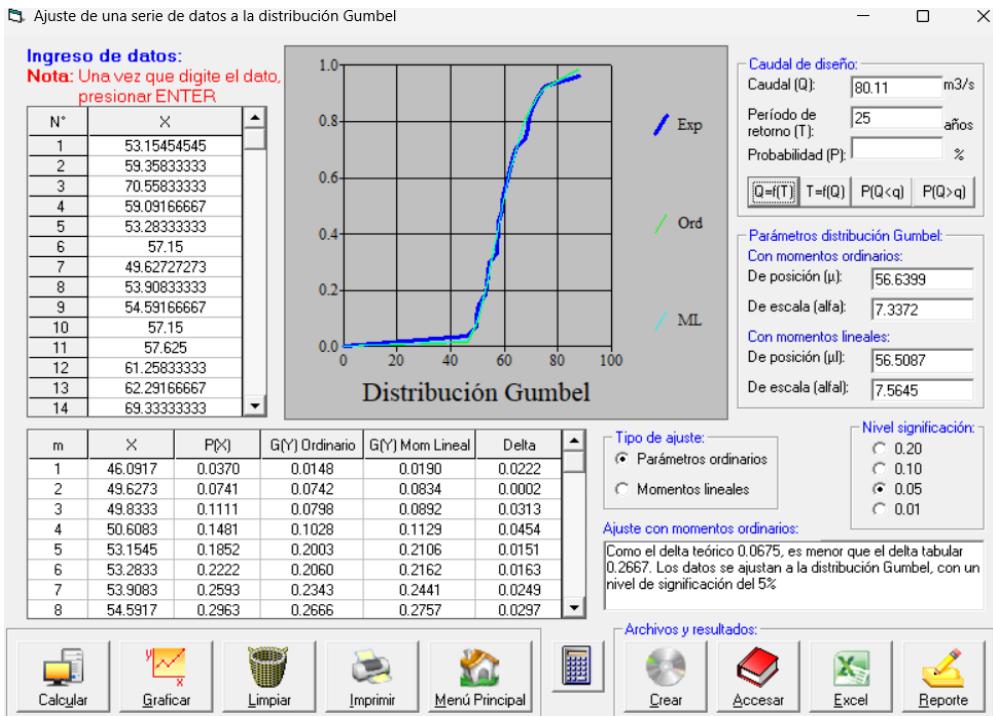


Figura 51

HidroEsta distribución Gumbel para un T: 50 años

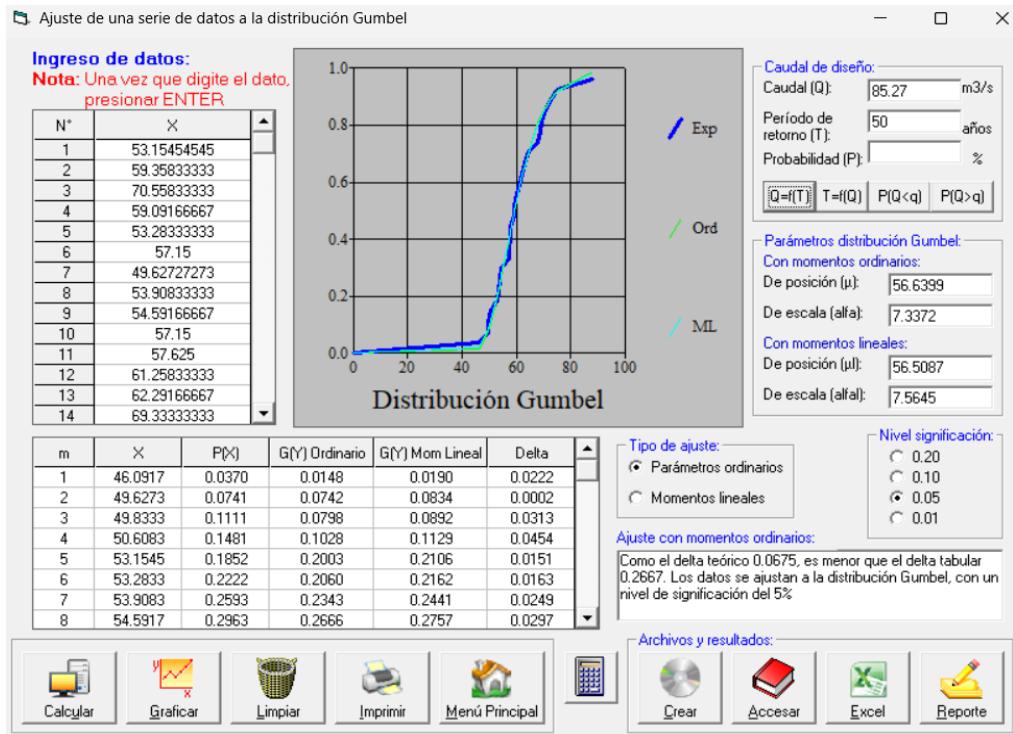
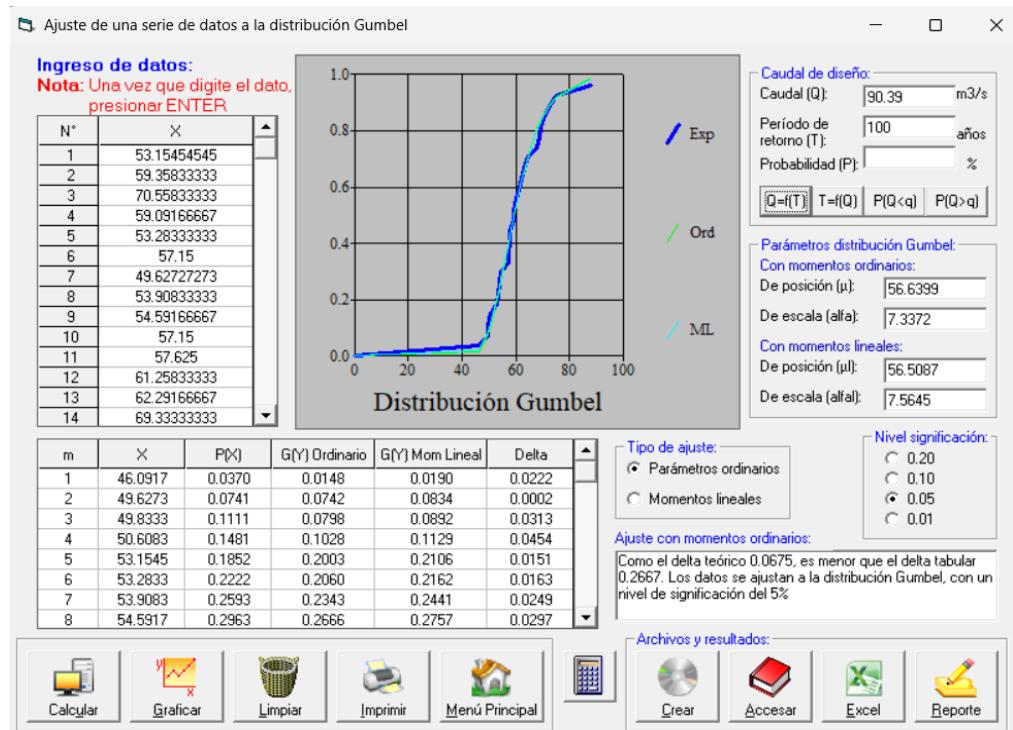


Figura 52

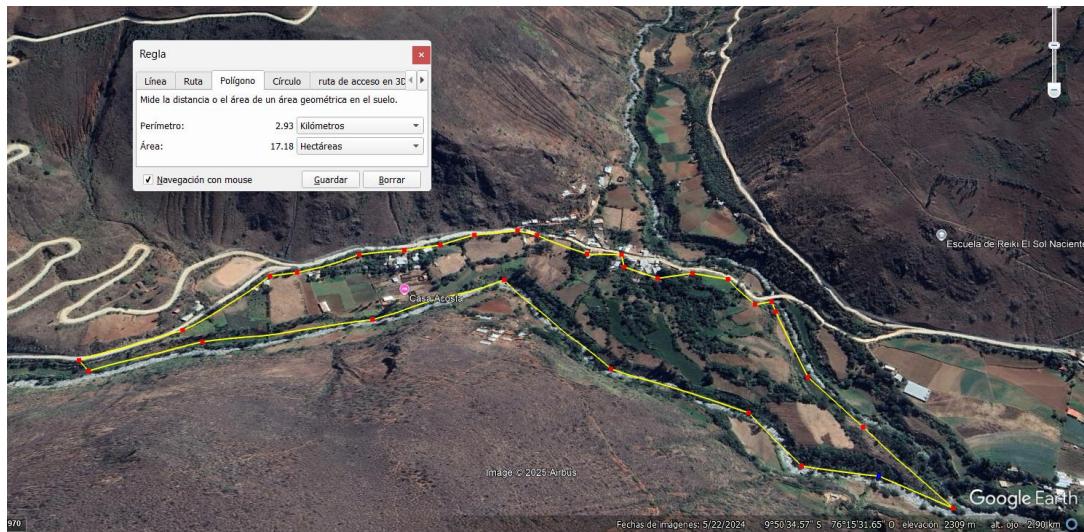
HidroEsta distribución Gumbel para un T: 100 años



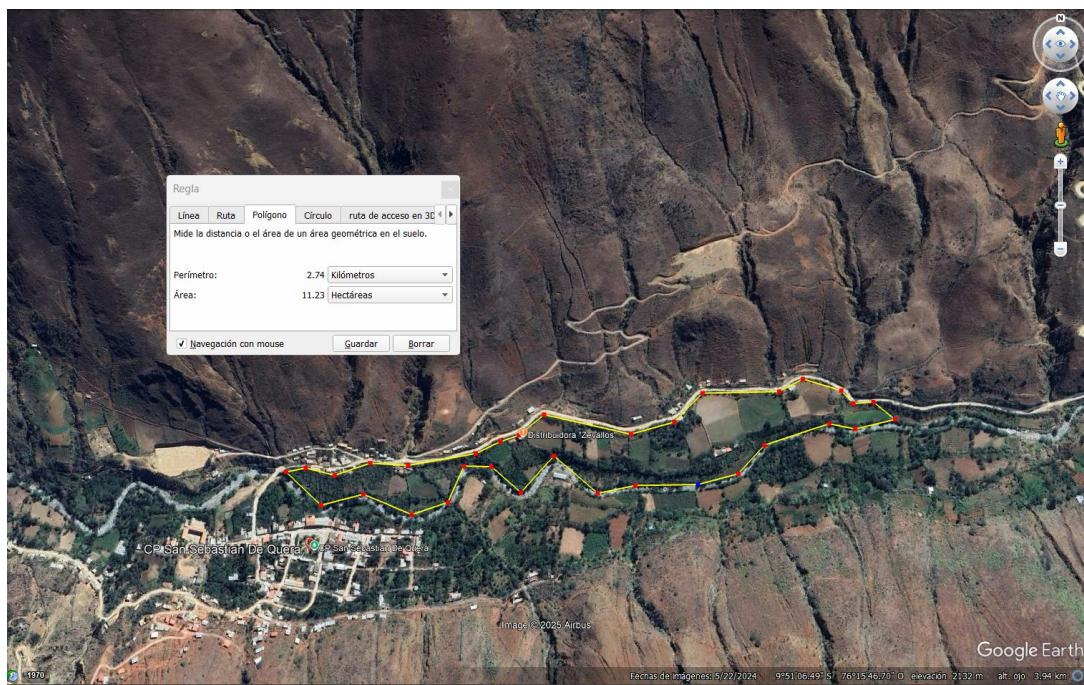
ANEXO 9

CALCULO DE AREA DE CULTIVOS

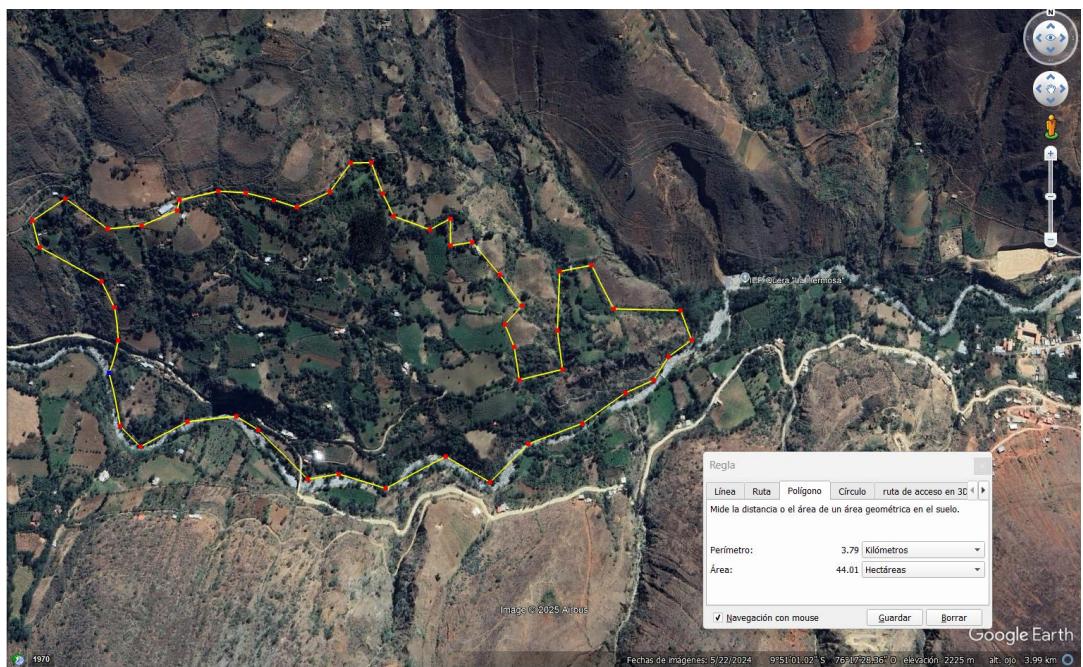
Polígono 1 área de cultivo Quera



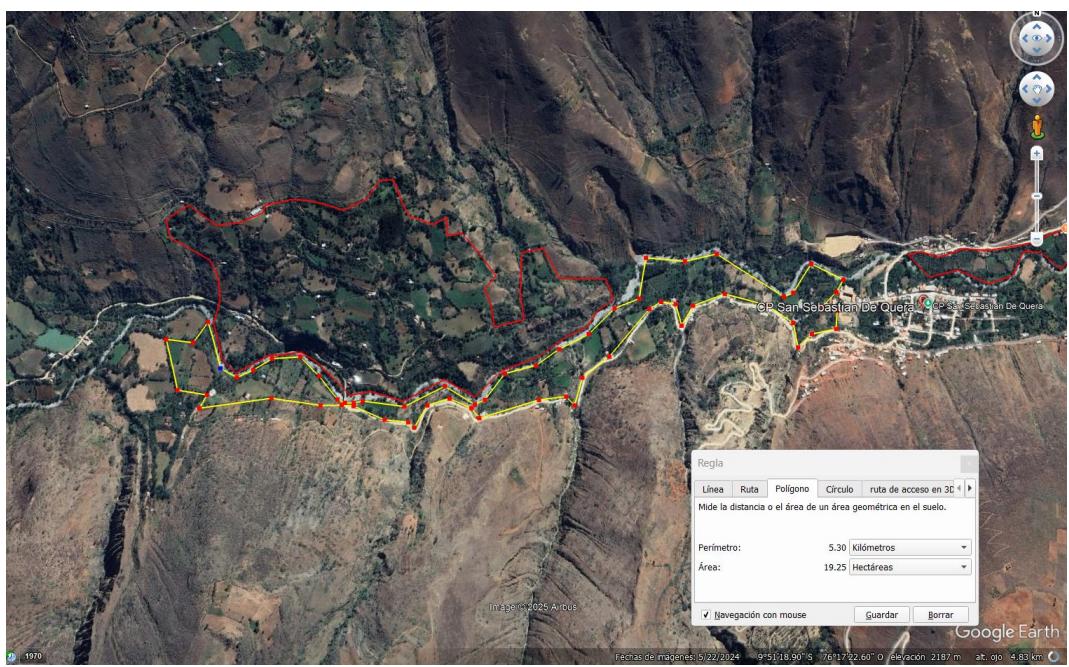
Polígono 2 área de cultivo Quera



Polígono 3 área de cultivo Quera



Polígono 4 área de cultivo Quera



Polígono 5 área de cultivo Quera

