



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL
MENCIÓN: HIDRÁULICA



**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS
PARA LA MEJORA DE ESTUDIOS HIDROLÓGICOS
EN DEFENSAS RIBEREÑAS EN EL
DISTRITO DE COASA 2024**

TESIS PRESENTADA POR:
RENE SUAÑA QUISPE

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL
MENCIÓN: HIDRÁULICA**

JULIACA – PERÚ
2024



**UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL
MENCIÓN: HIDRAÚLICA**

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS
PARA LA MEJORA DE ESTUDIOS HIDROLÓGICOS
EN DEFENSAS RIBEREÑAS EN EL
DISTRITO DE COASA 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

RENE SUAÑA QUISPE

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL


MENCIÓN: HIDRAÚLICA

APROBADA POR:


PRESIDENTE DEL JURADO :


Dr. LEOPOLDO WENGESLAO CONDORI CARI


MIEMBRO DEL JURADO :


Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

MIEMBRO DEL JURADO :


Dr. EFRAÍN PARILLO SOSA

ASESOR DE TESIS :


Dr. ARNALDO YANA TORRES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN :

TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P51



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" ESCUELA DE POSGRADO

RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 526-2024-D-EPG-UANCV/J

Juliaca, 12 de diciembre del 2024

VISTOS:

El expediente N° 2024-013960 presentado por el (a) Bachiller, RENE SUAÑA QUISPE, quien solicita nominación de Jurados y Fecha y hora de sustentación de tesis, de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez".

CONSIDERANDO:

Que, el (a) Bachiller, RENE SUAÑA QUISPE, con número de DNI. 43105580 y con número de matrícula 1610101059, ha solicitado asignación de jurados, Fecha y hora de sustentación de la tesis titulado: **ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS PARA LA MEJORA DE ESTUDIOS HIDROLÓGICOS EN DEFENSAS RIBEREÑAS EN EL DISTRITO DE COASA 2024**, para optar el GRADO de MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL. Mención: HIDRÁULICA de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez;

Que, de conformidad con lo previsto en el artículo 18° del Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, **COMITÉ DE INVESTIGACIÓN**;

Que, mediante Resolución N° 1189-2024-USA-EPG/UANCV SE APRUEBA Y AUTORIZA LA EJECUCION DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACION y con Resolución N° 1720-2024-USA-EPG/UANCV, se APRUEBA y AUTORIZA EL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS) titulado: **ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS PARA LA MEJORA DE ESTUDIOS HIDROLÓGICOS EN DEFENSAS RIBEREÑAS EN EL DISTRITO DE COASA 2024** La misma que pertenece a la Línea de Investigación: **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P51**;

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos en su artículo 28° **DE LA SUSTENTACIÓN**.

Y estando, la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y el Director de la Escuela de Posgrado mediante acta de sorteo de jurado, con registro N° 00036 de fecha 11 de diciembre del 2024 se nomina jurados.

Que, conforme al artículo 66° del Reglamento General de la Escuela de Posgrado de la UANCV, establece que *la Tesis de Posgrado es un trabajo de investigación científica original de actualidad y de alto valor científico*;

En uso de las atribuciones conferidas a la Dirección en el inciso "J" del artículo 17° del Reglamento General de la Escuela de Posgrado, y el artículo 76° del Estatuto Universitario;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. - DECLARAR APTO para la sustentación presencial del informe final de la investigación (BORRADOR DE TESIS), del (la) Bach: RENE SUAÑA QUISPE, para optar el GRADO de MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL, Mención: HIDRÁULICA, en virtud de los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO. - NOMINAR JURADOS para la sustentación presencial y defensa de la tesis a los siguientes docentes ordinarios:

Presidente	: Dr. LEOPOLDO WENCESLAO CONDORI CARI
Primer miembro	: Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Segundo miembro	: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
Asesor	: Dr. ARNALDO YANA TORRES

ARTÍCULO TERCERO. - PROGRAMAR FECHA Y HORA de sustentación como se detalla:

Fecha	: Miércoles 18 de diciembre del 2024
Hora	: 10:00 a.m.
Lugar	: Aula N° 307 EPG-UANCV-JULIACA

ARTÍCULO CUARTO. - el Director de la Escuela de Posgrado queda encargado del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, comuníquese y Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA DE POSGRADO

Dr. Leopoldo Wenceslao Condori Cari
DIRECTOR (e)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" ESCUELA DE POSGRADO



RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 01720-2024-USA-EPG/UANCV

Juliaca, 22 de octubre de 2024

VISTOS:

El Expediente N° 2024-012121 de fecha 30 de Setiembre de 2024, el (la) Bach. RENE SUAÑA QUISPE, con DNI N° 43105580, código de matrícula N° 1610101059, quien solicita Revisión de Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis); INFORME N° 00695-2024-UI-EPG-UANCV y el Anexo (04 o 05) "Ficha de Opinión del Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis)" del 17 de octubre de 2024, que fue revisada por el Comité de Investigación de la Escuela de Posgrado.

CONSIDERANDO:

Que, las Unidades de Investigación son unidades académicas que agrupan a docentes y estudiantes de diversas disciplinas, en razón del desarrollo de investigación científica, tecnológica y humanista de acuerdo al Estatuto Universitario Modificado 2020 de nuestra primera Casa Superior de Estudios.

Que, con Expediente N° 2024-012121 el (la) Bach. RENE SUAÑA QUISPE, solicita la revisión y aprobación del Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis) titulado: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS PARA LA MEJORA DE ESTUDIOS HIDROLÓGICOS EN DEFENSAS RIBEREÑAS EN EL DISTRITO DE COASA 2024 Línea de investigación TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P51, para optar el GRADO de MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL, mención: HIDRÁULICA.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos plasmado en la Resolución N° 0294-2023-UANCV-CU-R.

Que, el Comité de Investigación emitió su opinión FAVORABLE al Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis).

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado, corroboró el asesoramiento en el Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis) del ASESOR Dr. ARNALDO YANA TORRES; y,

Estando, la opinión favorable del Comité de Investigación, según INFORME N° 00695-2024-UI-EPG-UANCV y el Anexo (04 o 05) "Ficha de Opinión del Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis)" en concordancia con el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos Resolución N° 0294-2023-UANCV-CU-R, de conformidad a lo que establece la Ley Universitaria N° 30220, Ley de Creación de la UANCV N° 23738 y Modificatoria N° 24661 y el Estatuto de la UANCV, que confiere facultades a la unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado.

SE RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- APROBAR Y AUTORIZAR EL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS) para la REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN, titulado: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS PARA LA MEJORA DE ESTUDIOS HIDROLÓGICOS EN DEFENSAS RIBEREÑAS EN EL DISTRITO DE COASA 2024 presentado por el (la) Bach. RENE SUAÑA QUISPE, en virtud de los considerandos expuestos.

ARTICULO SEGUNDO.- RATIFICAR, como ASESOR al (a) Dr. ARNALDO YANA TORRES.

ARTICULO TERCERO. - DISPONER que la Escuela de Posgrado, la Secretaría Académica y administrativa, quedan encargados del cumplimiento de la presente resolución.

Regístrese, comuníquese y archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA DE POSGRADO

Dr. Leopoldo Platenesio Cordero Cari
DIRECTOR (e)



RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 01189-2024-USA-EPG/UANCV

Juliaca, 21 de agosto de 2024

VISTOS:

El Expediente N° 2024-09641 de fecha 05 de agosto de 2024, el (la) Bach. RENE SUAÑA QUISPE, con DNI N° 43105580, código de matrícula N° 1610101059, quien solicita Revisión de propuesta de Investigación; INFORME N° 00298-2024-UI-EPG-UANCV y el Anexo (02 o 03) "Ficha de Opinión de la Propuesta de Investigación" del 15 de agosto de 2024, que fue revisada por el Comité de Investigación de la Escuela de Posgrado.

CONSIDERANDO:

Que, las Unidades de Investigación son unidades académicas que agrupan a docentes y estudiantes de diversas disciplinas, en razón del desarrollo de investigación científica, tecnológica y humanista de acuerdo al Estatuto Universitario Modificado 2020 de nuestra primera Casa Superior de Estudios.

Que, con Expediente N° 2024-09641 el (la) Bach. RENE SUAÑA QUISPE, solicita la revisión y aprobación de la propuesta de Investigación titulado: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS PARA LA MEJORA DE ESTUDIOS HIDROLÓGICOS EN DEFENSAS RIBEREÑAS EN EL DISTRITO DE COASA 2024 Línea de investigación TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P51, para optar el GRADO de MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL con mención en: HIDRÁULICA.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos plasmado en la Resolución N° 0294-2023-UANCV-CU-R.

Que, el Comité de Investigación emitió su opinión FAVORABLE a la propuesta de investigación.

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado, corroboró la propuesta del ASESOR MGTR. ARNALDO YANA TORRES, quien debe estar acreditado y facultado para orientar y ayudar al asesorado en el proceso de elaboración del trabajo de investigación (Tesis) de acuerdo a la DIRECTIVA N° 004-2019-UANCV-VRAD-OI; y,

Estando, la opinión favorable del Comité de Investigación, según INFORME N° 00298-2024-UI-EPG-UANCV y el Anexo (02 o 03) "Ficha de Opinión de la Propuesta de Investigación" en concordancia con el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos Resolución N° 0294-2023-UANCV-CU-R, de conformidad a lo que establece la Ley Universitaria N° 30220, Ley de Creación de la UANCV N° 23738 y Modificatoria N° 24661 y el Estatuto de la UANCV, que confiere facultades a la unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado.

SE RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- APROBAR Y AUTORIZAR LA EJECUCIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, titulado: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS PARA LA MEJORA DE ESTUDIOS HIDROLÓGICOS EN DEFENSAS RIBEREÑAS EN EL DISTRITO DE COASA 2024 presentado por el (la) Bach. RENE SUAÑA QUISPE, en virtud de los considerandos expuestos.

ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER, como ASESOR al MGTR. ARNALDO YANA TORRES.

ARTICULO TERCERO. - DISPONER que la Escuela de Posgrado, la Secretaría Académica y administrativa, quedan encargados del cumplimiento de la presente resolución.

Regístrese, comuníquese y archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA DE POSGRADO

D^{ra}. Marcelina Mercedes Condori Carl
DIRECTOR (e)



INFORME DE ORIGINALIDAD

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

15%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS


1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	8%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante	<1%
8	Submitted to Universidad Católica Boliviana "San Pablo" Trabajo del estudiante	<1%
9	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	<1%
10	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1%



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS PARA LA MEJORA DE ESTUDIOS HIDROLÓGICOS EN DEFENSAS RIBEREÑAS EN EL DISTRITO DE COASA 2024	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	RENE SUAÑA QUISPE
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	43105580
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0009-2038-0526
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41414676
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-6740-5024
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	LEOPOLDO WENCESLAO CONDORI CARI
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02389341
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02306659
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	02416058
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción – P51
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca Latitud: S 15° 29' 27" Longitud: O 70° 07' 37"</p>  <p>https://maps.app.goo.gl/bfxen7C77QscT6ZUA</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Agosto 2024– Diciembre 2024
URL de disciplinas OCDE - Librería	Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01 Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE INGENIERÍA

Dr. Segundo Ortiz Dansaya
DIRECTOR
DE INVESTIGACIÓN - IPI



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo RENE SUAÑA QUISPE, identificado con DNI Nro. 43105580, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA CIVIL MENCIÓN: HIDRAÚLICA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación, Trabajo Académico denominada:

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS PARA LA MEJORA DE ESTUDIOS HIDROLÓGICOS EN DEFENSAS RIBEREÑAS EN EL DISTRITO DE COASA 2024

Asesorado por: Dr. ARNALDO YANA TORRES

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliana 30 de enero del 2025

Firma del Asesor (obligatoria)

Firma del Estudiante (obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A mis padres, por su amor incondicional, su apoyo inquebrantable y por ser la fuente de inspiración que me ha guiado en cada paso de este camino. Gracias por inculcarme el valor del esfuerzo, la perseverancia y la dedicación, principios que me han permitido llegar hasta aquí. Este logro es tanto suyo como mío.

A todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a la culminación de esta etapa. Su confianza, consejos y apoyo han sido fundamentales en este proceso.



AGRADECIMIENTO

A Dios, fuente de sabiduría y fortaleza, por guiarme en cada momento de este proceso, por concederme la paciencia y la determinación necesarias para superar los desafíos, y por iluminar mi camino con su gracia y bondad.

A los docentes y profesionales que, con su conocimiento, dedicación y orientación, han sido fundamentales en mi formación académica. Agradezco profundamente el tiempo que me brindaron, sus enseñanzas y su ejemplo de profesionalismo, que han dejado una huella imborrable en mi desarrollo personal y profesional.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN.....	xi

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática.....	13
1.2 Planteamiento del problema.....	14
1.2.1 Problema general.....	14
1.2.2 Problemas específicos.....	14
1.3 Justificación de la investigación.....	15
1.3.1 Justificación técnica.....	15
1.3.2 Justificación económica.....	15
1.3.3 Justificación social.....	15
1.3.4 Justificación ambiental.....	16
1.4 Objetivos.....	16
1.4.1 Objetivo general.....	16
1.4.2 Objetivos específicos.....	16
1.5 Importancia y alcance de la investigación.....	17
1.6 Limitaciones y delimitaciones de la investigación.....	17
1.6.1 Limitaciones.....	17
1.6.2 Delimitación.....	18
1.7 Hipótesis.....	18



- 1.7.1 Hipótesis general..... 18
- 1.7.2 Hipótesis específicas..... 19
- 1.8 Variables 19
 - 1.8.1 Variable independiente 19
 - 1.8.2 Variable dependiente..... 19
- 1.9 Operacionalización de variables 19

CAPITULO II
MARCO TEÓRICO

- 2.1 Antecedentes de la investigación..... 21
 - 2.1.1 Antecedentes internacionales..... 21
 - 2.1.2 Antecedente nacional 24
 - 2.1.3 Antecedente local 28
- 2.2 Bases teóricas 31
 - 2.2.1 Hidrología 31
 - 2.2.1.1 Ciclo hidrológico 33
 - 2.2.2 Pluviometría..... 41
 - 2.2.2.1 Tipos de estaciones pluviométricas 43
 - 2.2.2.2 Métodos de medición y recolección de datos..... 46
 - 2.2.3 Curvas IDF 50
- 2.3 Marco conceptual 52

CAPITULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

- 3.1 Enfoque de investigación..... 53
- 3.2 Método de investigación 53
- 3.3 Tipo de investigación 54
- 3.4 Nivel de Investigación..... 54
- 3.5 Diseño de investigación..... 54
- 3.6 Población y muestra 55



3.6.1 Población.....	55
3.6.2 Muestra	55
3.7 Técnicas e instrumentos de recolección	56
3.7.1 Técnicas	56
3.7.2 Instrumentos.....	56
3.8 Validación y de instrumentos y confiabilidad.....	56
3.8.1 Validación de instrumentos.....	56
3.8.2 Confiabilidad de instrumentos.....	56
3.9 Trabajos realizados	57

CAPITULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 Resultados obtenidos	60
4.1.1 Determinación de las curvas de intensidad, duración y frecuencia en la cuenca	63
4.1.2 Determinación de las avenidas máximas en diferentes periodos de retorno	110
4.1.3 Propuesta de diseño de la estructura de defensas ribereñas.....	111
4.2 Discusión de resultados.....	117
CONCLUSIONES.....	120
RECOMENDACIONES.....	121
REFERENCIAS.....	122
ANEXOS	126



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Operacionalización de variables</i>	20
Tabla 2 <i>Rutas de acceso a la zona de estudio</i>	62
Tabla 3 <i>Ubicación de las estaciones meteorológicas utilizadas</i>	63
Tabla 4 <i>Precipitación máxima en 24 horas- Estación Upina</i>	64
Tabla 5 <i>Precipitación máxima en 24 horas- Estación Crucero</i>	66
Tabla 6 <i>Precipitación anual y la media de las estaciones</i>	68
Tabla 7 <i>Datos empleados para la corrección en el mes de enero</i>	70
Tabla 8 <i>Corrección en el mes de enero</i>	71
Tabla 9 <i>Datos empleados para la corrección en el mes de marzo</i>	72
Tabla 10 <i>Corrección en el mes de marzo</i>	73
Tabla 11 <i>Datos empleados para la corrección en el mes de mayo</i>	74
Tabla 12 <i>Corrección en el mes de mayo</i>	75
Tabla 13 <i>Datos empleados para la corrección en el mes de setiembre</i>	76
Tabla 14 <i>Corrección en el mes de setiembre</i>	77
Tabla 15 <i>Datos empleados para la corrección en el mes de octubre</i>	78
Tabla 16 <i>Corrección en el mes de octubre</i>	79
Tabla 17 <i>Datos empleados para la corrección en el mes de noviembre</i>	80
Tabla 18 <i>Corrección en el mes de noviembre</i>	81
Tabla 19 <i>Datos empleados para la corrección en el mes de diciembre</i>	82
Tabla 20 <i>Corrección en el mes de diciembre</i>	83
Tabla 21 <i>Precipitación máxima corregidas - Estación Upina</i>	84
Tabla 22 <i>Precipitación total anual de las estaciones</i>	85
Tabla 23 <i>Frecuencia de datos Ppmax 24 horas (mm)</i>	86
Tabla 24 <i>Distribución por log-normal</i>	87
Tabla 25 <i>Distribución Gumbel</i>	88



Tabla 26 <i>Distribución log-Pearson tipo III</i>	89
Tabla 27 <i>Ajuste por el método del error medio cuadrático mínimo</i>	90
Tabla 28 <i>Probabilidades pluviométricas - Gumbel</i>	92
Tabla 29 <i>Calculo para el periodo de retorno - Gumbel</i>	94
Tabla 30 <i>Coefficiente de la relación de lluvia – 24 horas</i>	94
Tabla 31 <i>Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias</i>	95
Tabla 32 <i>Intensidad de la lluvia según el periodo de retorno</i>	96
Tabla 33 <i>Regresión para el periodo de 2 años</i>	98
Tabla 34 <i>Regresión para el periodo de 5 años</i>	99
Tabla 35 <i>Regresión para el periodo de 10 años</i>	100
Tabla 36 <i>Regresión para el periodo de 25 años</i>	101
Tabla 37 <i>Regresión para el periodo de 50 años</i>	102
Tabla 38 <i>Regresión para el periodo de 70 años</i>	103
Tabla 39 <i>Regresión para el periodo de 100 años</i>	104
Tabla 40 <i>Regresión para el periodo de 140 años</i>	105
Tabla 41 <i>Regresión para el periodo de 500 años</i>	106
Tabla 42 <i>Resumen de la regresión en diferentes periodos</i>	107
Tabla 43 <i>Regresión potencial</i>	107
Tabla 44 <i>Intensidad y tiempo de duración</i>	109
Tabla 45 <i>Curvas de intensidad, duración y frecuencia</i>	109
Tabla 46 <i>Caudal en los diferentes periodos de retorno</i>	110
Tabla 47 <i>Momento resistente</i>	116



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Localización de la zona de estudio</i>	61
Figura 2 <i>Vista aérea de la localización de Coasa</i>	61
Figura 3 <i>Cuenca hidrológica en Coasa</i>	62
Figura 4 <i>Precipitación anual en la estación de Upina</i>	65
Figura 5 <i>Precipitación anual en la estación de Crucero</i>	67
Figura 6 <i>Precipitación anual en la estación de Crucero</i>	69
Figura 7 <i>Ajuste del error medio cuadrático mínimo</i>	91
Figura 8 <i>Regresión para el periodo de 2 años</i>	98
Figura 9 <i>Regresión para el periodo de 5 años</i>	99
Figura 10 <i>Regresión para el periodo de 10 años</i>	100
Figura 11 <i>Regresión para el periodo de 25 años</i>	101
Figura 12 <i>Regresión para el periodo de 50 años</i>	102
Figura 13 <i>Regresión para el periodo de 70 años</i>	103
Figura 14 <i>Regresión para el periodo de 100 años</i>	104
Figura 15 <i>Regresión para el periodo de 140 años</i>	105
Figura 16 <i>Regresión para el periodo de 500 años</i>	106
Figura 17 <i>Regresión para el periodo de 140 años</i>	108
Figura 18 <i>Caudal en los diferentes periodos de retorno</i>	111
Figura 19 <i>Diseño de un muro de contención</i>	112
Figura 20 <i>Diseño final de muro de contención</i>	114
Figura 21 <i>Presiones laterales de la defensa ribereña</i>	114
Figura 22 <i>Presión generada en el terreno</i>	117



RESUMEN

La investigación denominada "Análisis estadístico de estaciones pluviométricas para la mejora de estudios hidrológicos en defensas ribereñas en el distrito de Coasa 2024", se enfocó en el análisis estadístico de las estaciones pluviométricas para optimizar los estudios hidrológicos aplicados a las defensas ribereñas. El estudio se realizó siguiendo un enfoque cuantitativo y un diseño no experimental con un nivel descriptivo, empleando procedimientos científicos rigurosos. Se analizaron las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) para precipitaciones máximas de 24 horas correspondientes a períodos de retorno de 2 hasta 500 años, identificando variaciones en la intensidad de precipitación que oscilan entre 9.12 mm/h y 74.08 mm/h. Adicionalmente, se utilizó el método racional modificado para calcular las máximas avenidas en los mismos períodos, revelando caudales estimados que van desde 9.85 m³/s hasta 46.86 m³/s, lo que permite anticipar diferentes escenarios de riesgo y la frecuencia de eventos extremos. Como parte de las medidas de mitigación, se construyó una defensa ribereña con un muro de gravedad. La parte superior del muro tiene un ancho de 0.17 metros, y la base o zapata, con una altura de 0.30 metros y un ancho de 1.40 metros, fue diseñada para asegurar la estabilidad y durabilidad de la estructura. La altura total del muro se estableció en 2.00 metros, optimizando la distribución de la carga y previniendo desplazamientos.

PALABRAS CLAVE: Estaciones pluviométricas, defensas ribereñas, monitoreo climático y curva de IDF.



ABSTRACT

The research, entitled "Statistical analysis of pluviometric stations for the improvement of hydrological studies in riparian defenses in the Coasa 2024 district", focused on the statistical analysis of pluviometric stations to optimize hydrological studies applied to riparian defenses. The study was carried out following a quantitative approach and a non-experimental design with a descriptive level, using rigorous scientific procedures. Intensity-duration-frequency (IDF) curves were analyzed for maximum 24-hour rainfall corresponding to return periods from 2 to 500 years, identifying variations in rainfall intensity ranging from 9.12 mm/h to 74.08 mm/h. Additionally, the modified rational method was used to calculate the maximum floods in the same periods, revealing estimated flows ranging from 9.85 m³/s to 46.86 m³/s, which makes it possible to anticipate different risk scenarios and the frequency of extreme events. As part of the mitigation measures, a riparian defense was built with a gravity wall. The top of the wall is 0.17 meters wide, and the base or footing, with a height of 0.30 meters and a width of 1.40 meters, was designed to ensure the stability and durability of the structure. The total height of the wall was set at 2.00 meters, optimizing load distribution and preventing displacements.

KEY WORDS: Rainfall stations, riparian defenses, climate monitoring and IDF curve.



INTRODUCCIÓN

El análisis hidrológico es una disciplina fundamental en la ingeniería civil, especialmente en la planificación y diseño de infraestructuras relacionadas con el manejo de recursos hídricos. En el contexto del distrito de Coasa, la gestión adecuada de las defensas ribereñas es crucial debido a la variabilidad climática y las crecientes incidencias de eventos extremos como inundaciones. Las estaciones pluviométricas juegan un rol esencial en la recopilación de datos precisos sobre las precipitaciones, permitiendo la elaboración de estudios hidrológicos más detallados y fiables.

En las últimas décadas, la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos han mostrado una tendencia al alza, lo que ha puesto de manifiesto la necesidad de contar con sistemas robustos de monitoreo y análisis de datos pluviométricos. La información recopilada por las estaciones pluviométricas permite modelar y predecir el comportamiento de los caudales, identificar zonas de riesgo y diseñar medidas preventivas y correctivas adecuadas para proteger las áreas vulnerables.

Tiene como objetivo principal optimizar el uso de los datos pluviométricos en el diseño y planificación de defensas ribereñas. A través del análisis estadístico de la información obtenida de diversas estaciones pluviométricas ubicadas en el distrito, se pretende identificar patrones y tendencias que contribuyan a una mejor comprensión de los fenómenos hidrológicos locales.

En conclusión, esta investigación pretende ser un aporte significativo al campo de la ingeniería civil, específicamente en el área de la hidrología aplicada a las defensas ribereñas. A través del análisis estadístico riguroso de los datos pluviométricos, se espera



mejorar la precisión y eficacia de los estudios hidrológicos, contribuyendo así a la protección y bienestar de las poblaciones del distrito de Coasa.

En el capítulo I ; Esta sección se analizan la situación problemática, los objetivos y la operación de variables.

En el capítulo II ; El marco teórico: En esta sección se analizan estudios anteriores y la bibliografía importante para nuestra investigación. También se hace uso del material de referencia y se establece el marco conceptual como base de nuestra investigación.

En el capítulo III; En la sección de metodología de un estudio de investigación se incluye información detallada sobre el tipo de estudio, el grado de estudio, el diseño de la investigación, así como los procedimientos e instrumentos utilizados para la recogida y el análisis de datos. En esta sección también se esboza la estructura fundamental de un estudio de investigación.

Finalmente, en el capítulo IV: Resultados y discusión: En esta sección se resumen y analizan los resultados obtenidos, que servirán de base para las conclusiones y sugerencias que se formen a partir de esta investigación cuando se presenten y discutan.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática

A nivel global, los desastres naturales asociados a fenómenos hidrológicos han incrementado en frecuencia e intensidad debido al cambio climático. Las inundaciones representan una de las amenazas más comunes, afectando tanto a regiones desarrolladas como en desarrollo. La gestión del riesgo de inundaciones requiere una infraestructura robusta y estudios hidrológicos precisos. Sin embargo, en muchas partes del mundo, los datos pluviométricos disponibles son insuficientes o inexactos, lo que complica la planificación y construcción de defensas ribereñas efectivas. En países en desarrollo, esta problemática se agrava por la falta de recursos tecnológicos y financieros para el mantenimiento y actualización de estaciones pluviométricas.

En Perú, las inundaciones causadas por lluvias intensas y fenómenos climáticos como El Niño han tenido un impacto devastador en diversas regiones del país. La falta de infraestructura adecuada y la deficiencia en el monitoreo y análisis de datos pluviométricos han contribuido a la vulnerabilidad de las poblaciones ribereñas. Aunque el gobierno ha implementado algunas medidas para mejorar la gestión de riesgos, persisten grandes

desafíos en la recopilación y análisis de datos hidrológicos, esenciales para el diseño y construcción de defensas ribereñas. La carencia de un sistema estadístico robusto para el análisis de datos pluviométricos limita la capacidad de prever eventos extremos y mitigar sus efectos.

En el Distrito de Coasa, región Puno, las inundaciones periódicas representan una amenaza significativa para las comunidades locales y sus medios de vida. Las estaciones pluviométricas existentes en la región son escasas y, en muchos casos, no operan con la precisión y regularidad necesarias. La información obtenida es insuficiente para realizar estudios hidrológicos detallados y confiables, lo que dificulta la planificación y construcción de defensas ribereñas efectivas. Esta situación expone a la población a riesgos mayores durante la temporada de lluvias, afectando tanto a la infraestructura como a la agricultura y otras actividades económicas locales. Mejorar el análisis estadístico de las estaciones pluviométricas es crucial para desarrollar estrategias de mitigación y protección más efectivas, y para la elaboración de proyectos de infraestructura que resguarden a la comunidad de los efectos de las inundaciones.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Problema general

¿Cómo es el análisis estadístico de estaciones pluviométricas para la mejora de estudios hidrológicos en defensas ribereñas en el distrito de Coasa 2024?

1.2.2 Problemas específicos

1. ¿Cómo son las curvas de intensidad, duración y frecuencia en la cuenca del distrito de Coasa?
2. ¿Cuáles son las avenidas máximas en diferentes periodos de retorno en la cuenca del distrito de Coasa?



3. ¿Cómo se diseñó la estructura de defensa ribereña utilizando la información estadística de las estaciones pluviométricas del distrito de Coasa?

1.3 Justificación de la investigación.

1.3.1 Justificación técnica

La ingeniería civil moderna se enfrenta a retos significativos en la gestión y protección de los recursos hídricos, especialmente en áreas vulnerables a inundaciones como el Distrito de Coasa. La precisión en los estudios hidrológicos es crucial para diseñar defensas ribereñas efectivas. Utilizando un análisis estadístico avanzado de las estaciones pluviométricas, se pueden identificar patrones y tendencias en las precipitaciones, mejorando así la precisión de los modelos hidrológicos. Este enfoque permitirá diseñar estructuras más robustas y adaptadas a las condiciones locales, reduciendo el riesgo de fallos en las defensas ribereñas.

1.3.2 Justificación económica

Las inversiones en infraestructura hidráulica deben ser eficientes y sostenibles. Un análisis estadístico preciso de las estaciones pluviométricas optimiza la asignación de recursos financieros al permitir diseños más acertados y eficientes. Esto se traduce en una reducción de costos a largo plazo al minimizar la necesidad de reparaciones y mantenimientos imprevistos. Además, al prevenir inundaciones y sus consecuencias, se evitan pérdidas económicas significativas asociadas con daños a la propiedad, interrupciones en la actividad económica y gastos en emergencias.

1.3.3 Justificación social

Las inundaciones representan una amenaza constante para las comunidades del Distrito de Coasa, afectando su seguridad, salud y bienestar. Mejorar los estudios hidrológicos mediante un análisis estadístico avanzado de las estaciones pluviométricas



contribuye a la protección de estas comunidades. Al implementar defensas ribereñas más efectivas, se reduce el riesgo de desastres naturales, proporcionando a la población una mayor seguridad y estabilidad. Esto, a su vez, fomenta un entorno propicio para el desarrollo social y económico, mejorando la calidad de vida de los residentes.

1.3.4 Justificación ambiental

El diseño y construcción de defensas ribereñas basadas en estudios hidrológicos precisos tienen un impacto directo en la preservación del medio ambiente. Un análisis estadístico detallado de los datos pluviométricos permite diseñar infraestructuras que armonizan con el entorno natural, minimizando la alteración de los ecosistemas fluviales. Además, al prevenir inundaciones, se protegen áreas naturales y se evita la erosión del suelo, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental de la región. De este modo, el proyecto no solo se alinea con objetivos de desarrollo humano, sino también con la conservación del medio ambiente.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Analizar de forma estadística las estaciones pluviométricas para la mejora de estudios hidrológicos en defensas ribereñas en el distrito de Coasa 2024.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Determinar las curvas de intensidad, duración y frecuencia en la cuenca del distrito de Coasa.
2. Determinar las avenidas máximas en diferentes periodos de retorno en la cuenca del distrito de Coasa.
3. Proponer el diseño de la estructura de defensas ribereñas según la información estadística de estaciones pluviométricas del distrito de Coasa.

1.5 Importancia y alcance de la investigación

La tesis "Análisis Estadístico de Estaciones Pluviométricas para la Mejora de Estudios Hidrológicos en Defensas Ribereñas en el Distrito de Coasa 2024" es de vital importancia debido a su capacidad para mitigar desastres naturales y proteger a la comunidad. Al mejorar los estudios hidrológicos, se pueden diseñar defensas ribereñas más efectivas que reduzcan el riesgo de inundaciones, protegiendo vidas y propiedades. Además, la optimización de recursos financieros y la planificación eficiente de proyectos se ven favorecidas por el análisis detallado de los datos pluviométricos, lo que contribuye a la reducción de costos y a una infraestructura más adecuada. Este estudio también generará conocimiento valioso que servirá como base para futuras investigaciones y fomentará la investigación académica, mientras que contribuye al desarrollo sostenible mediante la minimización del impacto ambiental y la adaptación al cambio climático.

El alcance de esta tesis abarca diversas áreas clave que incluyen la cobertura geográfica del Distrito de Coasa, donde se analizarán las estaciones pluviométricas y sus datos históricos. Se realizará un análisis estadístico de estos datos para identificar patrones y tendencias, y se evaluará la infraestructura de defensas ribereñas existente para determinar su efectividad y necesidades de mejora. Con base en estos análisis, se propondrán nuevas estructuras de defensa ribereña y se sugerirán mejoras para las existentes, integrando tecnologías avanzadas y modelos predictivos.

1.6 Limitaciones y delimitaciones de la investigación

1.6.1 Limitaciones

Una de las principales limitaciones de la tesis "Análisis Estadístico de Estaciones Pluviométricas para la Mejora de Estudios Hidrológicos en Defensas Ribereñas en el Distrito de Coasa 2024" es la disponibilidad y calidad de los datos pluviométricos históricos, los cuales pueden ser incompletos o no estar actualizados, afectando la precisión del análisis estadístico y la elaboración de modelos predictivos. Además, los recursos



tecnológicos y financieros disponibles para la implementación de herramientas avanzadas de análisis y la ejecución de propuestas de mejora pueden ser insuficientes, lo que limita el alcance y la efectividad del estudio. La variabilidad climática y el cambio climático también representan una incertidumbre significativa, complicando la identificación de patrones precisos de lluvia.

1.6.2 Delimitación

El ámbito geográfico de la tesis se delimita específicamente al Distrito de Coasa, centrandó su análisis y propuestas de mejora en esta región particular. El periodo de estudio se basa en datos pluviométricos históricos disponibles hasta el año 2024, con proyecciones y propuestas de mejora fundamentadas en estos datos. Técnicamente, el estudio se enfoca exclusivamente en el análisis estadístico de los datos recopilados por las estaciones pluviométricas, sin incluir otros tipos de datos hidrológicos o meteorológicos. Las propuestas de mejora se centrarán en las defensas ribereñas, excluyendo otros aspectos de la infraestructura hidráulica o de gestión del agua. Metodológicamente, se utilizarán herramientas y técnicas específicas para el análisis estadístico, limitando el estudio a metodologías reconocidas en el campo de la ingeniería civil, y se aplicarán modelos predictivos basados en los datos disponibles, restringiendo el análisis a la capacidad y precisión de estos modelos.

1.7 Hipótesis

1.7.1 Hipótesis general

El análisis estadístico de las estaciones pluviométricas para la mejora de estudios hidrológicos en defensas ribereñas en el distrito de Coasa 2024, aportará a la optimización de diseños de estructuras de defensas ribereñas.



1.7.2 Hipótesis específicas.

1. Las curvas de intensidad, duración y frecuencia en la cuenca del distrito de Coasa, serán de tendencias altas en épocas de avenidas.
2. Las avenidas máximas en los diferentes periodos de retorno en la cuenca del distrito de Coasa, están por encima del nivel de alto riesgo de inundaciones debido a tu topografía y caudal alto.
3. El diseño de estructura de defensas ribereñas según la información estadística de estaciones pluviométricas del distrito de Coasa, serán óptimos para el encausamiento del caudal del río.

1.8 Variables

1.8.1 Variable independiente

Estaciones Pluviométricas

- Precipitación máxima Pd
- Intensidad de la lluvia
- Duración

1.8.2 Variable dependiente

Estudios Hidrológicos en Defensas Ribereñas

- Diseño de estructuras de defensas ribereñas

1.9 Operacionalización de variables



Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLES	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Independiente		Es el conjunto de instrumentos y tecnologías empleados para medir la precipitación en un lugar específico.			
Estaciones Pluviométricas	Una estación pluviométrica es una instalación diseñada para la recolección y medición de datos sobre la precipitación en un área geográfica determinada.	Estos datos son registrados en milímetros de precipitación por metro cuadrado, utilizando pluviómetros que capturan y miden la lluvia de forma continua, y los datos son recolectados y analizados periódicamente.	Cantidad de lluvia recogida y registrada en un período de tiempo.	<ul style="list-style-type: none"> •Precipitación máxima Pd •Intensidad de la lluvia •Duración 	Registros meteorológicos
Dependiente	Los estudios hidrológicos en defensas ribereñas se refieren al análisis sistemático de las características hídricas de ríos y arroyos, específicamente en relación con las estructuras construidas para proteger las áreas ribereñas de la erosión, inundaciones y otros impactos ambientales.	Es la recopilación y análisis de datos hidrológicos, como caudales, niveles de agua y velocidades de flujo, en puntos específicos a lo largo de defensas ribereñas.	Evaluación y diseño de estructuras de protección contra inundaciones basado en datos hidrológicos.	<ul style="list-style-type: none"> •Diseño de estructuras de defensas ribereñas 	Número y tipo de estructuras diseñadas y construidas



CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación.

2.1.1 Antecedentes internacionales

Según Vázquez (2023) en su investigación "Análisis de tendencias de precipitación en la cuenca Río Bravo – San Juan por medio de productos satelitales de precipitación y estaciones climatológicas", se centró en dos objetivos principales. El primer objetivo fue realizar una evaluación sistemática de tres Productos Satelitales de Precipitación (SPP) con el fin de determinar cuál de ellos proporciona el mejor desempeño en la cuenca del Río Bravo - San Juan, la cual está situada en la región noreste de México. Para determinar el grado en que la cuenca y ciertas regiones son susceptibles a los efectos del cambio climático, el segundo propósito fue determinar los patrones de precipitación que se han presentado dentro de la cuenca mediante la utilización de estaciones climatológicas tradicionales. Como resultado del examen, se determinó que el producto CMORPH V.01 Daily es el más apropiado para la cuenca. Esto se debe a que presentó los menores errores y sesgos en todos los tipos de acumulaciones y promedios, con correlaciones que oscilan entre 0,6 y 0,8 con respecto a las estaciones meteorológicas. El producto IMERG, en cambio, presentaba errores y sesgos importantes con tendencia a subestimar la



precipitación general y zonal, a pesar de estar fuertemente correlacionado (correlaciones superiores a 0,85). El producto PERSIANN-CCS fue el menos acertado, con tendencia a sobreestimar la precipitación hasta el doble de los valores reales en todas las temporalidades. Además, presentó las correlaciones más bajas, que oscilaron entre -0,3 y 0,4. El uso de la prueba de Mann-Kendall indicó dos tendencias separadas en la cuenca: una tendencia creciente importante a nivel mensual y una tendencia que no era significativa a nivel anual: ambas tendencias eran significativamente crecientes. De ello se desprende que, aunque la cantidad de precipitaciones aumenta de un mes a otro, la variabilidad anual, que se ve afectada por las tormentas y las sequías, no presenta un patrón discernible. Se observó que las regiones montañosas y metropolitanas mostraban una tendencia mensual al alza no significativa, así como una tendencia anual a la baja no significativa. La presencia de esta vulnerabilidad sugiere que puede agravarse aún más si no se toman las medidas adecuadas, poniendo así en peligro los ecosistemas y la población local.

Según Plúa (2021) en su investigación "Curvas IDF mediante el método de Pearson para la cuenca hidrográfica MA-01 del Sur de Manabí, caso Sub-cuenca del río Jipijapa", tiene como objetivo principal la construcción de curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) para la cuenca hidrográfica MA-01 en el sur de Manabí, empleando distribuciones de probabilidad de Pearson. Se recopilaron datos pluviométricos de las estaciones Jóa, Andíl, Sancán, Puerto Cayo y Cantagallo, con registros que varían entre 27 y 45 años, proporcionados por el INAMHI. El análisis comenzó con la determinación de la precipitación máxima probable a partir de la precipitación media, utilizando el método del polígono de Thiessen para el área de estudio. Se realizó un análisis estadístico para valores extremos, obteniendo factores de frecuencia específicos para cada estación: Andíl (1.38; -3.31), Jóa (6.15; -1.58), Puerto Cayo (5.40; -1.79) y Cantagallo (3.70; -2.34). Las curvas IDF fueron diseñadas para periodos de retorno de 2, 4, 10, 20, 50, 100, 200 y 1000 años. Este proceso se llevó a cabo individualmente para cada estación, considerando su influencia particular en diferentes secciones de la cuenca. Para la precipitación de diseño



necesaria en la elaboración de las curvas IDF, se empleó el método de Pearson, proyectando valores para distintos periodos de retorno con alta probabilidad de regresión. Este diseño es fundamental para la planificación de obras hidráulicas en la cuenca. La información fue complementada con anuarios del INAMHI y datos estadísticos proporcionados por el ingeniero Pablo Gallardo, cubriendo el periodo de 1989 a 2018. Aunque solo la estación de Jóa cuenta con datos completos para los 30 años estimados, el estudio incluye todas las estaciones relevantes para una comprensión integral de la dinámica pluviométrica de la cuenca.

Según Gallego *et al.* (2024) en su investigación "Análisis hidrológico de caudales máximos en la cuenca alta del río Medellín (Colombia) con condiciones estacionarias y no estacionarias", se llevó a cabo en la cuenca alta del río Medellín, Colombia, con el objetivo de analizar las relaciones lluvia-escorrentía y estimar los caudales máximos para diversos periodos de retorno, considerando tanto las condiciones climáticas actuales como los potenciales efectos del cambio climático. La metodología incluyó la caracterización de la cuenca y un detallado análisis hidrológico, utilizando datos de precipitación y niveles fluviales de alta resolución temporal. Para el análisis, se empleó el software HEC-HMS en un enfoque de modelación hidrológica semidistribuida. Se calibró el modelo usando cinco eventos de caudales máximos del año 2021, seleccionados aleatoriamente en las estaciones 94 y 106 del proyecto SIATA. La modelación se ejecutó bajo diferentes configuraciones de humedad antecedente y modelos lluvia-escorrentía, además de incorporar análisis bajo condiciones estacionarias y no estacionarias, estas últimas para evaluar los efectos del cambio climático. Los resultados mostraron que las diferencias entre los escenarios estacionarios y no estacionarios son moderadas, con variaciones porcentuales entre 3-5% para la mayoría de casos, aunque estas diferencias se incrementan hasta aproximadamente 9% para periodos de retorno más largos. Esto sugiere que la variabilidad en los parámetros estadísticos, como la media y la varianza, adquiere mayor relevancia en el análisis de eventos extremos y debe considerarse en el



diseño y la mitigación de estos eventos. Adicionalmente, las condiciones de humedad antecedente tuvieron una influencia notable en la respuesta hidrológica, especialmente cuando se modelaron bajo la condición CNIII y con un tiempo de rezago del 60% del tiempo de concentración. La validación del modelo se enriqueció gracias a la existencia de redes de medición hidrometeorológica avanzadas, como las del proyecto SIATA y la empresa EPM, permitiendo una evaluación más precisa y robusta del comportamiento hidrológico en la cuenca.

2.1.2 Antecedente nacional

Según Yarihuamán (2021) en su investigación "Determinación de las intensidades máximas de precipitación y zonificación de la cuenca del río Pampas", se centra en la determinación de las intensidades máximas de precipitación y zonificación de la cuenca del río Pampas, situada en la vertiente amazónica. Más concretamente, lo hace en la cuenca del Apurímac pampeano y en la subcuenca pampeana. El estudio incluye una serie de objetivos particulares, como la recopilación y el procesamiento de los datos de precipitación máxima de las estaciones meteorológicas, el desarrollo de ecuaciones para las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) de cada una de las estaciones pluviométricas y la zonificación de las mayores intensidades de precipitación en toda la cuenca. Para el análisis se utilizaron técnicas de cálculo basadas en sistemas de información geográfica (SIG). Estas herramientas incluyeron la utilización del software ArcGIS y el enfoque de interpolación espacial IDW (Inverse Distance Weighting). A partir de los resultados obtenidos, fue posible concluir que las intensidades máximas de precipitación, en conjunto con su zonificación en mapas, son herramientas extremadamente útiles para la construcción de estructuras hidráulicas que serán utilizadas en futuros proyectos dentro de la cuenca del Río de las Pampas. La producción de las ecuaciones de las curvas IDF fue facilitada por la colecta y procesamiento de informaciones inmediatas colectadas en las estaciones meteorológicas. Esta información fue recopilada y procesada con el fin de obtener resultados precisos. Con el uso de estas ecuaciones, la



cuenca se dividió en zonas basadas en las intensidades máximas de precipitación que correspondían a los distintos tiempos de retorno y de concentración. Esto proporcionó un marco clave para la planificación hidrológica y la administración de la región.

Según Atoche y Alemán (2019), en su investigación "Estimación de caudales máximos en Cuencas secas y aplicación en diseños obras de defensas ribereñas: caso Quebrada Angostura, Tumbes, 2019", el objetivo de esta investigación fue estimar el caudal máximo de diseño haciendo uso de modelos hidrológicos preestablecidos. El diseño de las características hidráulicas de una obra de defensa contra inundaciones (encauzamiento) en la cuenca Angostura Cabuyal fue el objetivo de esta investigación. Para abordar la problemática de las inundaciones y erosión en la cuenca Angostura, el estudio es un componente de un proyecto de investigación aplicada. Esto se debe a que el caudal máximo de diseño se calculó haciendo uso de modelos previos. En el diseño del estudio, que no fue experimental, se adoptó un enfoque transversal, descriptivo y correlacional. Debido a que la información que se evaluó correspondía a un período de tiempo determinado, no fue necesario contar con un grupo de control ni con experimentos. La utilización del coeficiente de correlación de Spearman y del coeficiente de correlación de Pearson, además de diversas distribuciones estadísticas, permitió caracterizar las variables e investigar la correlación existente entre diversas variables. Si bien la muestra estuvo conformada por la cuenca de la Quebrada Angostura, la cual tuvo una extensión de 187,81 km², la población de estudio representa el número ilimitado de cuencas secas que se ubican en la región Tumbes. Para las cuencas secas se utilizó el Método Racional Modificado y el Método de Creager para calcular el caudal máximo (m³/s) para períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 20, 25, 50, 100, 200 y 500 años. Se compararon los resultados del Método Racional Modificado y del Método de Creager para cada período de retorno y se determinó que los caudales máximos que se obtuvieron a través de los modelos hidrológicos para la cuenca Angostura Cabuyal son el resultado del promedio de los resultados de ambos métodos. La velocidad erosiva del cauce se calculó en 3,63 metros



por segundo, lo que resultó en una profundidad de socavación de 2,50 metros. Esto se muestra en la Tabla 43, donde se muestra el cálculo.

Según Girón (2023) en su estudio titulado "Análisis estadístico de las estaciones pluviométricas de la región Piura", el autor realizó un examen de las variables meteorológicas que estaban presentes en las estaciones pluviométricas ubicadas en la Región Piura. Se determinó que la precipitación, la temperatura máxima y la temperatura mínima eran las tres variables más importantes a analizar en esta investigación. Una de las primeras cosas que se analizó fue el número total de estaciones pluviométricas que se encontraban en la zona. Son ocho las provincias que conforman la Región Piura. Estas provincias son las siguientes: Talara, Sullana, Paíta, Piura, Sechura, Morropón, Ayabaca y Huancabamba. En total, se encontraron veinte estaciones pluviométricas en la región; ocho de estas estaciones contienen datos actualizados, y cinco de estas estaciones dan datos completos, los cuales fueron elegidos para servir de base al estudio. El objetivo principal de esta investigación es prever y atenuar los efectos que los fenómenos climáticos tendrán en las estructuras de ingeniería y en la salud de las personas. La recogida de datos sobre el caudal, la temperatura máxima, la temperatura mínima y las precipitaciones se llevó a cabo mediante la utilización de aplicaciones informáticas especializadas. Estos datos servirán de base para diversos proyectos que se llevarán a cabo a escala regional. El estudio es un componente de un proceso de investigación que utilizó una variedad de metodologías analíticas, como el análisis de promedios, el análisis de consistencia, el análisis de saltos y el análisis de bondad de ajuste. Mediante la utilización de estas metodologías, fue posible validar y comprobar la coherencia de los datos adquiridos. Hubo un análisis de los factores climáticos y el impacto que tuvieron en las estaciones pluviométricas e hidrométricas que se encontraban dentro de la cuenca de investigación. Como consecuencia de los resultados obtenidos sobre una base diaria, mensual y anual, se descubrió que cinco de las veintiuna estaciones accesibles proporcionaban datos



bastante satisfactorios. Se utilizaron diversas técnicas de recogida de datos y de coherencia para garantizar que la información ofrecida era suficiente. A continuación, se utilizó el método de la bondad de ajuste para estimar la probabilidad de que se produjeran fenómenos extremos y comparar los datos recogidos mediante metodologías estadísticas. En conclusión, se investigó el régimen de precipitaciones para determinar si cabe esperar que aumente en los próximos años.

Según Maraví y Melchor (2020) en su estudio titulado " Análisis comparativo de defensas ribereñas para la mitigación de inundaciones del río Ica", el enfoque principal es el análisis comparativo de defensas ribereñas para la mitigación de inundaciones en el río Ica. El objetivo de este estudio es proponer el sistema de defensa más adecuado para prevenir pérdidas humanas, daños a viviendas y daños a áreas agrícolas. Para la realización de este estudio se utilizaron como fuentes de conocimiento el mapa geológico nacional, la página web del SENAMHI y el expediente técnico titulado «Control de inundaciones y desbordes en el río Ica y quebrada Cansas/Chanchajalla». Se determinó mediante la utilización de criterios empíricos, hojas de cálculo, las normas técnicas nacionales más recientes y software especializado. Con el uso de la modelización hidrológica en el programa HEC-HMS, se calculó el caudal, y el resultado fue un caudal de diseño de 771,90 m³/s para un tiempo de retorno de 140 años. Para determinar los parámetros hidráulicos de este caudal se utilizó el programa HEC-RAS. Los resultados del cálculo revelaron que el caudal tenía una velocidad máxima de 5,05 metros por segundo, una altura de 4,82 metros y un número de Froude inferior a 1, lo que indicaba que se trataba de una configuración de caudal subcrítica. Se analizaron e investigaron las características técnicas y económicas de tres sistemas diferentes de defensa ribereña. Se determinó que un muro de gaviones con relleno de material de préstamo era el tipo de defensa ribereña más apropiado. En el diseño de este muro se utilizaron dos tipos de medidas: 5x1,5x1 metros y 5x1x1 metros. La altura del muro es de 4,20 metros, la longitud del colchón es de 4 metros, el espesor es de 0,30 metros, la profundidad de socavación es



de 2,43 metros y, además, hay un borde libre que es de 1 metro. Según las estimaciones, el coste global de esta defensa ribereña es de 52.040.849,04 dólares de Singapur.

2.1.3 Antecedente local

Según Flores (2020) en su investigación "Generación de máximas avenidas en la sub cuenca Torococha empleando métodos hidrológicos, para diseño del puente Torococha, Juliaca, Puno, 2020", tiene como objetivo generar máximas avenidas de diseño utilizando métodos hidrológicos en la subcuenca del río Torococha. Esta investigación surge de la necesidad de contar con datos precisos para el diseño del puente Torococha, una infraestructura clave para la región. Para alcanzar este objetivo, se aplicó una metodología científica del tipo aplicada, con un enfoque explicativo y un diseño no experimental. Se utilizaron tres métodos hidrológicos diferentes: el hidrograma unitario de Clark, el hidrograma unitario del Servicio de Conservación de Suelos (SCS) y el hidrograma unitario de Snyder. Estos métodos se seleccionaron por su amplia aceptación y precisión en la estimación de caudales máximos en diversas aplicaciones hidrológicas. Los resultados obtenidos mediante estos métodos fueron los siguientes: Hidrograma unitario de Clark: Se estimaron caudales de 34.90 m³/s para un periodo de retorno (T) de 140 años, y 53.60 m³/s para T=500 años. Hidrograma unitario del SCS: Los caudales estimados fueron de 49.80 m³/s para T=140 años y 76.60 m³/s para T=500 años. Hidrograma unitario de Snyder: Se obtuvieron caudales de 32.10 m³/s y 49.20 m³/s para T=140 años y T=500 años, respectivamente. Estos resultados muestran variaciones significativas entre los diferentes métodos hidrológicos aplicados. Cada método presenta sus propias ventajas y limitaciones, lo que subraya la importancia de la elección adecuada del método para el diseño de infraestructuras hidráulicas. En este contexto, se recomienda que los especialistas en la materia evalúen cuidadosamente los resultados obtenidos y elijan el método que mejor se ajuste a las condiciones específicas del proyecto y a los datos hidrométricos disponibles. Para el dimensionamiento del puente Torococha, se sugiere emplear los caudales generados a partir del hidrograma unitario de Clark. Esta



recomendación se basa en investigaciones previas que indican que los resultados obtenidos mediante este método se ajustaron de manera más eficiente a los caudales máximos registrados hidrométricamente en la región. El uso del hidrograma unitario de Clark permitirá diseñar una infraestructura más segura y resiliente, capaz de soportar los eventos hidrológicos extremos previstos en la subcuenca del río Torococha..

Según Vela (2023) en su investigación "Comparación de las curvas intensidad-duración-frecuencia generadas a partir de las estaciones pluviométricas y del producto grillado pisco de precipitación en el departamento de Puno", el objetivo es comparar las curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia) generadas a partir de estaciones pluviométricas con las obtenidas a partir del producto reticulado de Pisco. El objetivo de esta comparación es verificar la exactitud de las curvas IDF generadas a partir de las estaciones pluviométricas con las obtenidas a partir del producto reticulado de Pisco. Esto se hace con el fin de asegurar que las curvas IDF generadas a partir de las estaciones pluviométricas son lo suficientemente precisas para ser utilizadas en regiones del departamento de Puno que tienen poca o ninguna información pluviométrica. Para la realización de esta investigación se recolectaron mediciones de precipitación tanto del producto reticulado Pisco (Pisco Pd) como de las 22 estaciones pluviométricas que fueron suministradas por el SENAMHI. Se realizó un análisis de frecuencias utilizando diferentes funciones de distribución de probabilidad, incluyendo la distribución de Gumbel, también conocida como valor extremo tipo I, la distribución log-normal de 2 parámetros, la distribución log-normal de 3 parámetros, la distribución log-Pearson tipo III y la distribución de Gumbel. Se recuperó la precipitación máxima en 24 horas. Se seleccionó la distribución de probabilidad que resultó tener la mayor distribución de probabilidad. Se utilizó la prueba de bondad de ajuste de Smirnov-Kolmogorov para seleccionar la distribución de probabilidad que proporcionaba la representación más exacta de la serie de datos de cada estación. A continuación, se determinó la cantidad máxima de precipitación aplicando los factores de frecuencia a periodos de retorno de 2, 5, 10, 10, 25, 50 y 100 años. Se observó



que las precipitaciones se dispersaban a lo largo de diversos periodos de tiempo. Se utilizó el enfoque de Dick Peschke para las duraciones inferiores a una hora. Por otro lado, se utilizaron los coeficientes de duración de la precipitación del Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Perú para duraciones de una a veinticuatro horas. Al finalizar los cálculos se mostraron tanto las intensidades máximas coincidentes como las curvas IDF. Además, para evitar proporcionar una representación gráfica, las ecuaciones se generaron mediante el uso de un análisis de regresión lineal múltiple. Al final, se realizó una comparación entre las intensidades máximas alcanzadas por las ecuaciones generadas para cada estación. Dependiendo de la ubicación geográfica de cada estación, los resultados revelaron que las intensidades obtenidas a partir de los datos del SENAMHI y de la cuadrícula de Pisco presentan discrepancias considerables y pequeñas. Estas diferencias están determinadas por la ubicación de las estaciones.

Según Vilca (2022), en su investigación "Determinación de caudales máximos de diseño mediante métodos convencionales probabilísticos en la cuenca del río llave, Puno – 2022", tiene como objetivo es estimar los caudales máximos de diseño que se pueden alcanzar mediante el uso de métodos probabilísticos convencionales en la cuenca del río llave, que se encuentra en Puno. El nivel explicativo y la metodología de enfoque cuantitativo son las metodologías que se utilizan. En la población de estudio se incluye toda la cuenca del río llave, lo que significa que en el transcurso de la investigación se evaluará toda la cuenca. Para la recolección de datos se utilizaron formularios de recolección de datos, y la información fue procesada con la ayuda de aplicaciones informáticas como Easyfit e Hidroesta, que son herramientas especializadas para el análisis de la recolección de datos hidrológicos. En la parte inicial del proyecto de investigación se utilizaron los datos de precipitación máxima en 24 horas que fueron recolectados por el SENAMHI en el transcurso de los treinta años anteriores. Además, se utilizaron los datos hidrométricos de la cuenca, es decir, los caudales del río llave en su parte baja, antes de su ingreso al lago Titicaca. Se realizó una comparación entre estos



datos y los derivados de las precipitaciones, utilizando siempre los mismos procedimientos estadísticos. Se consideró que los datos hidrométricos arrojaban resultados más confiables para los intervalos de retorno requeridos, tal como se decidió a lo largo del proceso. Las decisiones sobre los caudales máximos de diseño se tomaron teniendo en cuenta la importancia de la información utilizada en cada enfoque. Los datos medidos y registrados por SENAMHI revelaron una coincidencia del 97,3% con los resultados obtenidos por ambos métodos. Esto sugiere que ambos métodos tienen un valor comparable para el diseño de estructuras hidráulicas con respecto a sus respectivas aplicaciones. En base a los resultados del estudio hidrométrico que se realizó con los datos de caudal máximo anual de la cuenca del río Llave, utilizando métodos probabilísticos tradicionales y aplicando las modificaciones de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov, se determinó que la distribución Gamma de 2 parámetros proporcionó el mejor ajuste. Se obtuvieron los siguientes resultados Q es igual a 445,53 m³/s para un período de tiempo de 5 años, 537,14 m³/s para un período de tiempo de 10 años, 621,23 m³/s para un período de tiempo de 20 años, 700,48 m³/s para un período de tiempo de 40 años, 725,21 m³/s para un período de tiempo de 50 años, 800,09 m³/s para un período de tiempo de 100 años y 872,32 m³/s para un período de tiempo de 200 años. Dado que los datos proporcionados por el SENAMHI son mediciones objetivas realizadas en el río con equipos especializados, estos resultados son más fiables que los obtenidos por otros métodos. Por consiguiente, estos datos se tendrán en cuenta para el desarrollo de la defensa ribereña, que es el fin último especificado.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Hidrología

La hidrología es una disciplina científica que se dedica al estudio de las propiedades físicas y químicas del agua, así como a su distribución en las diferentes esferas de la Tierra: la superficie terrestre, la atmósfera y el subsuelo. Esta ciencia se centra en analizar los



procesos que regulan el ciclo del agua, abarcando tanto los movimientos y transformaciones que el agua experimenta como su interacción con el medio ambiente. La comprensión de la distribución espacial y temporal del agua es uno de los pilares fundamentales de la hidrología, ya que permite prever su comportamiento en diferentes condiciones y ubicaciones geográficas. Estos principios son clave para la gestión adecuada de los recursos hídricos, la planificación de medidas de prevención ante desastres naturales relacionados con el agua, como inundaciones o sequías, y el diseño eficiente de infraestructuras hidráulicas que aseguren un uso racional del agua (Gallego et al., 2024).

La hidrología también juega un papel central en el campo de la ingeniería civil, ya que ofrece el conocimiento imprescindible para llevar a cabo la planificación, diseño y gestión de proyectos de infraestructura relacionados con el agua. Entre estos proyectos se incluyen la construcción de presas que controlan el flujo de los ríos, canales de irrigación, sistemas de drenaje para el manejo de aguas pluviales y de escorrentía, redes de abastecimiento de agua potable y plantas para el tratamiento de aguas residuales. La aplicación de principios hidrológicos no solo garantiza el correcto funcionamiento de estas infraestructuras, sino que también es fundamental para la evaluación del riesgo de inundaciones, la gestión sostenible de cuencas hidrográficas y la protección del entorno natural.

Por lo tanto, el conocimiento hidrológico permite a los ingenieros civiles desarrollar soluciones técnicas que minimicen el impacto ambiental y promuevan el uso sostenible de los recursos hídricos. Gracias a este enfoque, se puede garantizar tanto la disponibilidad como la calidad del agua para el bienestar de las comunidades actuales y para las generaciones venideras. La correcta interpretación de los procesos hidrológicos es esencial para que las obras de ingeniería cumplan con los estándares de sostenibilidad y resistan los retos futuros que plantea el cambio climático y la creciente demanda de agua (Girón, 2023).



2.2.1.1 Ciclo hidrológico

El ciclo hidrológico, o ciclo del agua, se refiere al movimiento constante del agua en el planeta, pasando por sus diferentes estados: sólido, líquido y gaseoso. Este proceso natural es fundamental para mantener el equilibrio hídrico en la Tierra y se compone de una serie de fenómenos interconectados. Entre ellos se encuentran la evaporación, la condensación, la precipitación, la infiltración y el escurrimiento. Cada uno de estos mecanismos tiene un papel indispensable en la dinámica del agua.

La evaporación es el proceso por el cual el agua de los océanos, ríos, lagos y otros cuerpos acuáticos se transforma en vapor y asciende a la atmósfera. Este fenómeno también se produce en la superficie terrestre, incluida la vegetación, donde el agua presente se evapora a medida que recibe calor del sol. Posteriormente, cuando el vapor de agua se enfría a mayores altitudes, ocurre la condensación, que es el proceso en el que el vapor se convierte en diminutas gotas de agua. Estas gotas se agrupan y forman las nubes que se ven en el cielo.

La precipitación es el siguiente paso en este ciclo, y ocurre cuando el agua contenida en las nubes regresa a la superficie terrestre en diversas formas: lluvia, nieve, granizo o aguanieve, dependiendo de las condiciones atmosféricas. Una vez que el agua llega al suelo, parte de ella se infiltra, un proceso mediante el cual el agua penetra en el subsuelo y es absorbida por el suelo. Esta agua puede pasar a formar parte de los acuíferos o ser utilizada por la vegetación. Finalmente, el escurrimiento se refiere al agua que no es absorbida por el suelo y fluye sobre la superficie terrestre, desplazándose hacia cuerpos de agua como ríos, lagos y océanos, donde comienza nuevamente el ciclo (Pariona & Tovar, 2022).

Este ciclo es vital no solo para la distribución del agua en el planeta, sino también para la regulación del clima y la preservación de la vida en la Tierra. Gracias a estos procesos continuos, el agua se renueva y se mantiene en movimiento, garantizando que tanto los ecosistemas como las comunidades humanas dispongan de este recurso esencial. La interacción entre el ciclo del agua y otros sistemas naturales también tiene un



impacto directo en la temperatura, la humedad y otros factores climáticos, subrayando su relevancia en la sostenibilidad del medio ambiente (Romero & Casimiro, 2015).

Componentes del ciclo hidrológico

❖ Evaporación

La evaporación es un proceso clave dentro del ciclo hidrológico, mediante el cual el agua en estado líquido se transforma en vapor gracias a la energía proveniente del sol. Este fenómeno ocurre predominantemente en grandes masas de agua como océanos, mares, ríos y lagos, aunque también se produce en superficies húmedas como el suelo, la vegetación y otras áreas que contienen agua en su superficie. La energía solar calienta el agua, provocando que las moléculas en la superficie adquieran suficiente energía para pasar al estado gaseoso y ascender hacia la atmósfera.

Este proceso no es uniforme y depende de varios factores ambientales que pueden influir en la tasa de evaporación. Entre estos factores se incluyen la temperatura tanto del agua como del aire, la velocidad del viento y la humedad relativa del aire. En condiciones de temperaturas elevadas, la evaporación ocurre a un ritmo más rápido, ya que el agua tiene más energía para convertirse en vapor. Del mismo modo, cuando la humedad relativa del aire es baja, el aire puede retener más vapor de agua, lo que favorece una mayor evaporación. Por el contrario, en situaciones donde la humedad relativa es alta, el aire está casi saturado de vapor de agua, lo que reduce la velocidad de evaporación. Además, el viento también juega un papel importante al desplazar el aire saturado de vapor y permitir que más agua se evapore.

La evaporación es esencial dentro del ciclo del agua, ya que representa el principal mecanismo por el cual el agua ingresa a la atmósfera. Sin este proceso, no sería posible la formación de nubes y, en consecuencia, no habría precipitación, lo que interrumpiría el ciclo hidrológico. En términos generales, la evaporación no solo regula la cantidad de agua disponible en la atmósfera, sino que también influye en la redistribución del calor en el planeta, afectando patrones climáticos a nivel global (Ramos, 2016).



Factores que afectan la evaporación

- **Temperatura:** A temperaturas más altas, las moléculas de agua se mueven más rápidamente, facilitando la transición de líquido a gas.
- **Humedad Relativa:** Una baja humedad relativa en el aire permite una mayor evaporación porque el aire puede contener más vapor de agua.
- **Viento:** El viento ayuda a remover el vapor de agua que se acumula cerca de la superficie de evaporación, permitiendo que más agua se evapore.
- **Área Superficial:** Un área de superficie mayor expuesta al aire permite una mayor evaporación.

❖ **Transpiración**

Mediante un proceso conocido como transpiración, las plantas son capaces de eliminar el vapor de agua de sus hojas y liberarlo al cielo. Las raíces de las plantas se encargan de absorber el agua del suelo. A continuación, esta agua se transporta a través del xilema hasta las hojas, donde se expulsa a la atmósfera a través de los estomas, que son poros diminutos. Este proceso es crucial no solo para el ciclo del agua, sino también para el transporte de nutrientes y el enfriamiento de las plantas (Maraví & Melchor, 2020).

Importancia de la transpiración:

- **Regulación de la Temperatura de la Planta:** La transpiración ayuda a enfriar las plantas en condiciones de calor.
- **Movimiento de Nutrientes:** El flujo de agua transporta nutrientes disueltos desde las raíces hasta otras partes de la planta.
- **Control de la Humedad del Suelo:** La transpiración influye en la humedad del suelo y puede afectar la disponibilidad de agua para otras plantas y organismos.



❖ Evapotranspiración

La evapotranspiración es un proceso que integra dos componentes fundamentales del ciclo hidrológico: la evaporación y la transpiración. Por un lado, la evaporación se refiere a la pérdida de agua directamente desde el suelo, las superficies húmedas y cuerpos de agua. Por otro lado, la transpiración es el proceso mediante el cual las plantas liberan vapor de agua a través de las estomas de sus hojas durante su actividad metabólica. La combinación de estos dos procesos conforma la evapotranspiración, que es crucial para regular el flujo de agua desde la superficie terrestre hacia la atmósfera.

Este fenómeno desempeña un papel vital en el ciclo del agua, ya que determina el volumen total de agua que se devuelve a la atmósfera, contribuyendo a la formación de nubes y precipitaciones. Además, la evapotranspiración es una variable clave en la gestión de los recursos hídricos y tiene una gran relevancia en la agricultura. Para los agricultores y gestores de ecosistemas, la evapotranspiración es esencial, ya que influye directamente en la disponibilidad de agua para los cultivos y en la sostenibilidad de los ecosistemas naturales. Una comprensión precisa de este proceso permite optimizar el uso del agua en actividades agrícolas y en la planificación de sistemas de riego, mejorando la eficiencia en el uso de los recursos hídricos (ul Hasson & Böhner, 2019).

Componentes de la evapotranspiración:

- **Evaporación del Suelo:** Se refiere a la pérdida de agua que ocurre directamente desde la superficie del suelo, ya sea por acción solar o por la exposición al viento. Este componente de la evapotranspiración depende en gran medida de las condiciones climáticas, como la temperatura y la humedad relativa, así como de la cantidad de agua disponible en el suelo.
- **Transpiración de las Plantas:** Este proceso corresponde a la pérdida de agua que ocurre a través de las hojas de las plantas. La transpiración es esencial para el ciclo de vida de las plantas, ya que regula la absorción de nutrientes y enfría el tejido vegetal.



La cantidad de agua que las plantas liberan varía según el tipo de vegetación, las condiciones climáticas y la disponibilidad de agua en el suelo.

Factores que Afectan la Evapotranspiración

- **Temperatura:** A mayor temperatura, mayor será la tasa de evapotranspiración, ya que el calor incrementa la evaporación del agua y la transpiración de las plantas.
- **Radiación Solar:** La cantidad de radiación solar que llega a la superficie terrestre afecta directamente la cantidad de energía disponible para la evaporación y la transpiración.
- **Viento:** El viento facilita el movimiento del vapor de agua hacia la atmósfera, acelerando el proceso de evapotranspiración.
- **Humedad Relativa:** Cuando la humedad del aire es baja, el aire puede retener más vapor de agua, lo que incrementa la evapotranspiración.
- **Tipo de Vegetación:** Diferentes especies vegetales tienen tasas de transpiración variables, lo que influye en la evapotranspiración total de un área.
- **Disponibilidad de Agua en el Suelo:** La cantidad de agua presente en el suelo es crucial, ya que, si el suelo está seco, la evapotranspiración será limitada, independientemente de otros factores.

❖ **Condensación**

Mediante el proceso de condensación, el vapor de agua de la atmósfera sufre un proceso de enfriamiento y se transforma en gotas de agua líquida. La creación de nubes y niebla es el resultado de este proceso, que tiene lugar cuando el aire húmedo asciende y se enfría durante un periodo de tiempo. Como las gotas de agua se agrupan para producir gotas más grandes que acaban cayendo en forma de lluvia, la condensación es un proceso esencial que interviene en la producción de precipitaciones (Pang et al., 2024).



Proceso de condensación:

- **Enfriamiento del aire:** A medida que el aire húmedo asciende, tiene la capacidad de expandirse y enfriarse. Cuando baja la temperatura, se reduce la capacidad del aire para contener vapor de agua, lo que da lugar a la formación de condensación.
- **Núcleos de condensación:** El polvo, el polen y la sal son ejemplos de pequeñas partículas que pueden encontrarse en la atmósfera. Estas partículas sirven como núcleos alrededor de los cuales se condensa el vapor de agua para crear microgotas de agua.

❖ **Precipitación**

El proceso por el que el agua en forma de lluvia, nieve, aguanieve o granizo desciende del cielo a la superficie de la Tierra se denomina precipitación. El retorno del agua a la Tierra a través de las precipitaciones es uno de los procesos más importantes que se producen, y es también un componente esencial del suministro de agua dulce. Hay una serie de elementos que influyen en la cantidad y el tipo de precipitaciones que se producen, como la temperatura, la geografía y las condiciones atmosféricas (Carvalho et al., 2022).

Tipos de precipitación:

- **Lluvia:** Gotas de agua líquida que caen cuando las gotas de nube se combinan y se vuelven lo suficientemente pesadas para superar la resistencia del aire.
- **Nieve:** Cristales de hielo que se forman cuando la temperatura es lo suficientemente baja para que el vapor de agua se congele.
- **Aguanieve:** Mezcla de lluvia y nieve que cae cuando las condiciones atmosféricas permiten la coexistencia de ambas formas de precipitación.

- Granizo: Bolas o grumos de hielo que se forman en tormentas fuertes con corrientes ascendentes que llevan las gotas de agua hacia áreas más frías de la atmósfera donde se congelan.

❖ Infiltración

El término «infiltración» se refiere al proceso por el que el agua precipitada penetra en el suelo y viaja hacia abajo a través de los poros del suelo para reabastecer los acuíferos subterráneos. Debido a que mantiene estables los niveles de los acuíferos y garantiza que plantas y animales tengan acceso al agua, este proceso es sumamente importante para el suministro de agua dulce (Robertson et al., 2022).

Factores que afectan la infiltración:

- Tipo de Suelo: Suelos arenosos permiten una mayor infiltración debido a sus grandes poros, mientras que los suelos arcillosos tienen poros más pequeños y permiten una menor infiltración.
- Cobertura Vegetal: La presencia de plantas y su cubierta de hojarasca puede aumentar la infiltración al reducir la velocidad de escorrentía superficial.
- Compactación del Suelo: Suelos compactados por el tráfico de maquinaria pesada o ganado tienen una menor capacidad de infiltración.
- Precipitación Intensa: Precipitaciones fuertes y rápidas pueden saturar el suelo rápidamente, reduciendo la infiltración y aumentando la escorrentía.

❖ Escorrentía

La escorrentía se refiere al flujo de agua que se desplaza sobre la superficie terrestre cuando el suelo ha alcanzado su capacidad máxima de absorción y no puede infiltrar toda el agua proveniente de la precipitación. Este fenómeno ocurre comúnmente después de lluvias intensas o prolongadas, cuando el suelo se satura o cuando las

superficies impermeables, como pavimentos o rocas, impiden la infiltración del agua. La escorrentía desempeña un papel fundamental en el ciclo hidrológico, ya que actúa como una de las principales fuentes de aporte de agua a los ríos, lagos y otros cuerpos de agua.

Además de su contribución a los sistemas hídricos, la escorrentía tiene un impacto significativo en los procesos de erosión del suelo. A medida que el agua fluye sobre la superficie, arrastra partículas de suelo y otros materiales, contribuyendo al desgaste de la tierra y al modelado del paisaje. Este transporte de sedimentos también es importante porque moviliza nutrientes y minerales, los cuales son llevados a otras áreas, como campos agrícolas o ecosistemas acuáticos, donde pueden influir en la fertilidad del suelo o la calidad del agua. Sin embargo, cuando la escorrentía es excesiva, puede provocar la degradación del suelo y la sedimentación en ríos y lagos, afectando negativamente a los ecosistemas acuáticos y al uso sostenible del suelo (Robertson et al., 2022).

Tipos de escorrentía:

- Superficial: Escorrentía que fluye sobre la superficie del suelo hacia ríos, arroyos y otros cuerpos de agua.
- Subsuperficial: Agua que se infiltra en el suelo y luego se mueve lateralmente antes de emerger en un río o arroyo.
- Subterránea: Movimiento lento de agua a través de los acuíferos que eventualmente alimenta manantiales, ríos y lagos.

❖ Flujo Subterráneo

El flujo subterráneo es el movimiento del agua almacenada en los acuíferos hacia ríos, lagos y océanos. Este proceso es más lento que la escorrentía superficial y puede tardar desde días hasta siglos. El flujo subterráneo es esencial para mantener el flujo base de los ríos y garantizar un suministro continuo de agua durante períodos secos (Robertson et al., 2022).

Importancia del flujo subterráneo:

- **Suministro de Agua Dulce:** Los acuíferos subterráneos son una fuente crucial de agua para consumo humano, riego y uso industrial.
- **Mantenimiento de Ecosistemas:** El flujo subterráneo mantiene el flujo base de los ríos y otros cuerpos de agua, que es vital para los ecosistemas acuáticos.
- **Almacenamiento de Agua:** Los acuíferos actúan como reservorios naturales que almacenan agua durante períodos de lluvia y la liberan lentamente durante períodos secos.

2.2.2 Pluviometría

La pluviometría es un subcampo de la hidrología que se centra en medir y analizar con precisión la cantidad de precipitación que cae de la atmósfera. Se utiliza para recopilar información sobre la cantidad, intensidad y distribución de las precipitaciones en una región determinada. Para una amplia gama de aplicaciones, como la planificación y gestión de los recursos hídricos, la agricultura, la predicción de inundaciones y la construcción de infraestructuras, estos datos son absolutamente necesarios. Cuando los ingenieros civiles tienen acceso a la información sobre las precipitaciones, están en mejores condiciones de diseñar sistemas de drenaje que sean eficaces y de prever las posibles implicaciones que los fenómenos pluviométricos importantes pueden tener en los edificios construidos (Sacaca, 2023).

La pluviometría es el estudio y medición de la cantidad de precipitación que cae en un lugar durante un período específico. La precipitación puede incluir lluvia, nieve, granizo, rocío, entre otros, aunque comúnmente se refiere a la lluvia. Los instrumentos utilizados en la pluviometría incluyen principalmente el pluviómetro, que mide la cantidad de lluvia caída en milímetros en un recipiente estándar (Flores, 2021).

La finalidad principal de la pluviometría incluye varios aspectos importantes:



- **Monitoreo del clima y del tiempo:** La pluviometría es esencial para comprender cómo se distribuyen las precipitaciones a lo largo del tiempo y el espacio en distintas regiones. Esto es crucial para modelar y prever fenómenos meteorológicos, incluyendo tormentas y periodos de sequía. Los meteorólogos utilizan estos datos para generar pronósticos más precisos y para estudiar las tendencias climáticas a largo plazo, lo que es vital en el contexto del cambio climático (Neciosup, 2022).
- **Gestión del agua:** Los datos pluviométricos informan decisiones críticas en la gestión de cuencas hidrográficas y la planificación del uso del agua. Esto incluye la asignación de agua para consumo humano, riego en la agricultura, y operaciones industriales. Por ejemplo, saber cuánta lluvia puede esperarse permite a las autoridades y a las empresas gestionar eficientemente los embalses y otros sistemas de almacenamiento de agua, asegurando un suministro adecuado durante periodos de escasez (Neciosup, 2022).
- **Prevención de desastres:** La medición precisa y continua de la precipitación es fundamental para sistemas de alerta temprana que pueden prevenir o mitigar el impacto de inundaciones y deslizamientos de tierra. Estos sistemas dependen de datos actuales y precisos para activar alertas y evacuaciones en tiempo real, protegiendo vidas y propiedades en áreas propensas a desastres naturales relacionados con fenómenos de precipitación extrema (Neciosup, 2022).
- **Investigación y desarrollo agrícola:** Los agricultores y planificadores agrícolas dependen de la pluviometría para tomar decisiones informadas sobre cuándo plantar o cosechar, y cómo gestionar los sistemas de riego. Una comprensión detallada de los patrones de lluvia ayuda a maximizar la eficiencia del agua, lo que es especialmente importante en regiones áridas o bajo condiciones de variabilidad climática. Esto puede incluir la adaptación de cultivos a las expectativas de cambio en los regímenes de precipitación (Neciosup, 2022).

- Los investigadores de los campos del medio ambiente y la ecología utilizan los datos pluviométricos para evaluar el impacto de las precipitaciones en los ecosistemas terrestres y acuáticos. Por ejemplo, la cantidad de precipitaciones influye en la cantidad de humedad del suelo, el caudal de los ríos y la cantidad de agua disponible para diversas especies vegetales y animales. El estudio de la biodiversidad y la salud ecológica, así como la predicción de cómo pueden alterarse estos sistemas como consecuencia del cambio climático, deben realizarse con esta información (Neciosup, 2022).

2.2.2.1 Tipos de estaciones pluviométricas

Existen varios tipos de estaciones pluviométricas, cada una diseñada para cumplir con diferentes necesidades de medición y precisión. Las estaciones manuales son las más simples y consisten en un pluviómetro que se vacía y registra manualmente a intervalos regulares. Las estaciones automáticas, en cambio, están equipadas con pluviómetros que registran y almacenan datos de forma continua, enviándolos a un centro de datos a través de transmisiones inalámbricas o por cable. Estas estaciones pueden estar equipadas con sensores adicionales para medir otros parámetros meteorológicos como la temperatura, la humedad y la presión atmosférica. Las estaciones pluviométricas satelitales utilizan tecnología de teledetección para proporcionar datos de precipitación a gran escala, lo cual es especialmente útil en áreas remotas o de difícil acceso (Lyra et al., 2024).

En el estudio de la pluviometría, es crucial contar con estaciones de medición adecuadas que permitan obtener datos precisos y continuos sobre la precipitación. Existen diferentes tipos de estaciones de medición, cada una con sus propias características y tecnologías (Agakpe et al., 2024).

❖ Estaciones Manuales

Las estaciones manuales utilizan pluviómetros simples, que son básicamente recipientes calibrados para recoger y medir la precipitación. Este tipo de estaciones requiere la intervención humana para la lectura y registro de los datos (Lyra et al., 2024).

Componentes y Funcionamiento:

- **Pluviómetro Simple:** Un recipiente cilíndrico graduado que recoge la lluvia a través de un embudo y permite medir la cantidad de precipitación en una escala calibrada.
- **Lectura Manual:** Un observador debe leer y registrar la cantidad de precipitación acumulada en intervalos regulares, generalmente diariamente.

Ventajas:

- **Simplicidad:** Fácil de instalar y mantener, no requiere tecnología avanzada.
- **Costo Bajo:** Económico en comparación con estaciones automáticas y de radar.
- **Fiabilidad:** Proporciona datos precisos y confiables si se mantienen adecuadamente.

Desventajas:

- **Intervención Humana:** Requiere la presencia de un observador para realizar las lecturas, lo que puede introducir errores humanos.
- **Frecuencia de Lecturas:** Las mediciones no son continuas y dependen de la frecuencia con la que se realicen las lecturas manuales.

❖ Estaciones Automáticas

Las estaciones automáticas están equipadas con pluviómetros electrónicos que registran datos de manera continua y los transmiten a una base de datos central para su análisis. Estas estaciones son ideales para obtener datos en tiempo real y reducir la dependencia de la intervención humana (Lyra et al., 2024).

Componentes y Funcionamiento:

- **Pluviómetro Electrónico:** Un dispositivo que utiliza sensores electrónicos para medir la cantidad de precipitación y registrar los datos automáticamente.
- **Sistema de Registro y Transmisión:** Los datos recolectados son enviados a una base de datos central, a menudo a través de redes inalámbricas o por cable.

Ventajas:

- **Datos Continuos:** Proporciona mediciones continuas y en tiempo real, lo que permite un monitoreo constante.
- **Reducción de Errores Humanos:** Minimiza la intervención humana, reduciendo así la posibilidad de errores en las lecturas.
- **Facilidad de Acceso a Datos:** Los datos pueden ser accedidos y analizados remotamente a través de sistemas de monitoreo centralizados (Agilan & Umamahesh, 2016).

Desventajas:

- **Costo Inicial:** El costo de instalación y mantenimiento de estaciones automáticas puede ser elevado.
- **Dependencia Tecnológica:** Requiere una fuente de energía y sistemas de transmisión de datos, lo que puede ser un desafío en áreas remotas.

❖ **Estaciones de Radar**

Las estaciones de radar utilizan tecnología de radar para estimar la cantidad de precipitación en áreas extensas, proporcionando datos en tiempo real sobre la distribución y la intensidad de las lluvias. Esta tecnología es especialmente útil para monitorear eventos de precipitación en grandes áreas y para el pronóstico del tiempo (Lyra et al., 2024).



Componentes y Funcionamiento:

- Radar Meteorológico: Un dispositivo que emite pulsos de energía electromagnética y mide los ecos reflejados por las gotas de lluvia en la atmósfera.
- Procesamiento de Datos: Los ecos reflejados son analizados para estimar la cantidad, intensidad y distribución espacial de la precipitación.

Ventajas:

- Cobertura Amplia: Puede monitorear grandes áreas, proporcionando una visión completa de la precipitación en tiempo real.
- Datos Detallados: Ofrece información detallada sobre la intensidad y distribución de las lluvias, útil para la gestión de recursos hídricos y la predicción de inundaciones.
- Aplicaciones en Pronóstico del Tiempo: Fundamental para los servicios meteorológicos en la emisión de alertas tempranas y predicciones precisas.

Desventajas:

- Costo Alto: Las estaciones de radar son caras de instalar y mantener.
- Requiere Infraestructura: Necesita infraestructura avanzada y personal capacitado para operar y mantener el equipo.

2.2.2.2 Métodos de medición y recolección de datos

Los métodos de medición de la precipitación varían en función de la precisión requerida y las condiciones del sitio. Los pluviómetros de cubeta basculante son ampliamente utilizados en estaciones automáticas. Funcionan mediante el balanceo de una pequeña cubeta que, al llenarse con una cantidad específica de agua, se inclina y vacía, registrando así la cantidad de precipitación. Los pluviómetros de pesaje miden el peso del agua recogida, proporcionando datos muy precisos. Los pluviómetros de tubo son simples y consisten en un tubo que recolecta agua y se mide manualmente. Los radares

meteorológicos son otra herramienta importante, ya que utilizan ondas de radio para detectar y medir la intensidad de las precipitaciones en áreas extensas. La recolección de datos puede realizarse manualmente en estaciones tradicionales o automáticamente en estaciones modernas, permitiendo un monitoreo continuo y en tiempo real de las precipitaciones (Silva et al., 2021).

Los pluviómetros son dispositivos diseñados para medir la cantidad de precipitación en un área específica. Estos instrumentos son esenciales para recoger datos precisos y confiables sobre la lluvia, los cuales son vitales para el diseño y la planificación de infraestructuras. Existen varios tipos de pluviómetros, incluyendo el pluviómetro estándar, el pluviómetro de balancín y el pluviómetro digital (Noor et al., 2021).

❖ **Pluviómetro Estándar**

El pluviómetro estándar, también conocido como pluviómetro de lectura manual, es uno de los dispositivos más simples y confiables para medir la cantidad de precipitación. Consiste en un cilindro graduado que recoge la lluvia a través de un embudo. La precipitación se mide observando el nivel de agua en la escala calibrada del cilindro. Este tipo de pluviómetro es ampliamente utilizado en estaciones meteorológicas y en estudios hidrológicos debido a su simplicidad y precisión (Noor et al., 2021).

Componentes y Funcionamiento:

- **Cilindro Graduado:** Recipiente cilíndrico de material resistente, generalmente plástico o metal, con marcas de medición en milímetros o pulgadas.
- **Embudo:** Conductor de lluvia hacia el cilindro, diseñado para minimizar la evaporación y evitar la entrada de contaminantes.
- **Base:** Estructura que sostiene el pluviómetro de manera estable en el suelo o sobre una plataforma.

Ventajas:

- Simplicidad: Fácil de instalar y mantener.
- Costo: Relativamente económico en comparación con otros métodos de medición.
- Precisión: Alta precisión en la medición de precipitaciones diarias.

Desventajas:

- Lectura Manual: Requiere la presencia de un observador para registrar las mediciones.
- Evaporación: Posibilidad de pérdida de agua por evaporación si no se lee con frecuencia.

❖ **Pluviómetro de Balancín**

El pluviómetro de balancín, también conocido como pluviómetro basculante, es un dispositivo que utiliza dos pequeños recipientes que se llenan alternativamente con agua de lluvia. Cuando uno de los recipientes se llena hasta cierto punto, se inclina y vacía su contenido, mientras el otro recipiente comienza a llenarse. Cada inclinación se registra y se convierte en una medida de la precipitación (Cedeño & Cedeño, 2021).

Componentes y Funcionamiento:

- Recipientes de Balancín: Dos pequeñas cubetas que se llenan alternativamente con lluvia.
- Mecanismo de Basculación: Sistema que permite que los recipientes se inclinen cuando se llenan, vaciando el agua y reiniciando el proceso.
- Registro de Datos: Sensor o contador que registra cada inclinación del balancín, traduciendo las basculaciones en medidas de precipitación acumulada.

Ventajas:

- Automatización: Registra datos automáticamente sin necesidad de intervención humana.



- **Precisión Temporal:** Proporciona datos de precipitación con alta resolución temporal, útil para estudios de eventos de lluvia intensa.

Desventajas:

- **Mantenimiento:** Requiere mantenimiento regular para asegurar el correcto funcionamiento del mecanismo de basculación.
- **Costo:** Más caro que los pluviómetros estándar debido a la complejidad de su diseño.

❖ **Pluviómetro Digital**

Los pluviómetros digitales utilizan sensores electrónicos para medir y registrar la cantidad de lluvia. Estos dispositivos están equipados con tecnología avanzada que permite la transmisión de datos en tiempo real a estaciones de monitoreo. Los pluviómetros digitales son especialmente útiles en redes de monitoreo ambiental y en investigaciones científicas que requieren datos precisos y continuos (Cedeño & Cedeño, 2021).

Componentes y Funcionamiento:

- **Sensor de Precipitación:** Dispositivo electrónico que detecta y mide la cantidad de lluvia.
- **Unidad de Registro:** Sistema que almacena y procesa los datos de precipitación.
- **Transmisión de Datos:** Tecnología que envía los datos recopilados a una estación de monitoreo central a través de medios inalámbricos o por cable.

Ventajas:

- **Datos en Tiempo Real:** Capacidad para transmitir datos en tiempo real, permitiendo una monitorización continua y actualizada.
- **Alta Precisión:** Sensores electrónicos que ofrecen mediciones muy precisas de la precipitación.

- **Bajo Mantenimiento:** Menos susceptible a errores humanos y con menores requerimientos de mantenimiento comparado con otros tipos (Plúa, 2021).

Desventajas:

- **Costo:** Generalmente más caro que los pluviómetros manuales o de balancín.
- **Requiere Energía:** Dependencia de fuentes de energía para operar los sensores y sistemas de transmisión de datos.

2.2.3 Curvas IDF

Las tormentas, que pueden durar desde unos pocos minutos hasta varias horas y afectar áreas que varían en tamaño, presentan características esenciales que deben conocerse para una correcta planificación y diseño de infraestructuras. Entre estas características destacan las curvas de intensidad, duración y frecuencia, comúnmente conocidas como curvas IDF. Estas curvas son fundamentales en la hidrología y la ingeniería hidráulica, ya que describen cómo se comportan las precipitaciones extremas en un área específica, considerando distintos factores que influyen en el diseño de sistemas de drenaje y control de inundaciones (Bermeo, 2023).

- **Intensidad:** Este parámetro mide la cantidad de lluvia que cae por unidad de tiempo, generalmente expresada en milímetros por hora (mm/h). La intensidad de una tormenta varía durante su desarrollo, y su análisis permite identificar las tasas máximas de precipitación en diferentes periodos. Comprender la intensidad es crucial para prever el impacto de una tormenta en la capacidad de absorción del suelo y el funcionamiento de los sistemas de drenaje.
- **Duración:** La duración de una tormenta se mide en minutos u horas y abarca el tiempo que transcurre desde el inicio hasta el final del evento de precipitación. Dentro de la duración total, es posible definir periodos más cortos, conocidos como periodos de duración, que suelen utilizarse en el diseño de infraestructuras. Estos periodos pueden



ser de 10, 30, 60, 120 o 240 minutos, y para cada uno de ellos se busca la intensidad máxima, con el fin de asegurar que las estructuras de drenaje estén preparadas para los eventos de mayor impacto.

- Frecuencia: La frecuencia se refiere a la probabilidad de que una tormenta con cierta intensidad ocurra en un lugar durante un determinado periodo de tiempo. Este concepto está vinculado al periodo de retorno o tiempo de retorno, que indica cada cuántos años, en promedio, puede esperarse una tormenta de esa magnitud. Por ejemplo, una tormenta con un periodo de retorno de 50 años tiene una probabilidad de ocurrencia del 2% en un año dado.

Para la determinación de las curvas IDF, es necesario contar con registros pluviométricos detallados que se hayan recopilado en la región de estudio. Estos registros proporcionan información sobre las precipitaciones más intensas durante diferentes periodos del año, lo que permite realizar un análisis estadístico y un estudio de frecuencia para estimar las lluvias extremas correspondientes a diferentes periodos de retorno (Schlef et al., 2023).

Las curvas IDF resultan esenciales en la ingeniería civil, especialmente en el diseño de infraestructuras hidráulicas y sistemas de drenaje. Permiten estimar la intensidad de las lluvias extremas que pueden ocurrir en un área, lo que es crucial para prevenir inundaciones y diseñar obras que sean capaces de gestionar eficientemente las aguas pluviales. Garantizan la seguridad y funcionalidad de estructuras como carreteras, puentes, sistemas de alcantarillado y otras infraestructuras urbanas, asegurando que estén preparadas para resistir eventos meteorológicos extremos (Vela, 2023).



2.3 Marco conceptual

- a. **Avenidas.** - En el contexto de hidrología e ingeniería civil, las avenidas son aumentos repentinos y significativos en el flujo de agua en un río o arroyo, generalmente causados por lluvias intensas o deshielos. Estas inundaciones pueden superar la capacidad de los cauces naturales, provocando desbordamientos y daños en las áreas circundantes.

- b. **Curvas IDF.** - Las curvas IDF son gráficos que representan la relación entre la intensidad de las lluvias, la duración de los eventos y su frecuencia de ocurrencia en un área específica. Estas curvas se utilizan en la planificación y diseño de sistemas de drenaje y control de inundaciones, ayudando a predecir y manejar el impacto de las precipitaciones en una región.

- c. **Cuenca.** - Una cuenca hidrográfica o cuenca es un área de tierra delimitada por divisorias de aguas donde todos los arroyos y ríos drenan hacia un mismo punto de salida, como un río principal, lago o mar. La cuenca incluye todas las áreas de captación de agua, y su estudio es crucial para la gestión de recursos hídricos y la planificación del uso del suelo.

- d. **Pluviometría.** - La pluviometría es la medición de la cantidad de precipitación que cae en una región durante un período de tiempo específico. Esta medida se obtiene a través de instrumentos llamados pluviómetros o pluviógrafos. La pluviometría es fundamental para estudios climáticos, hidrológicos y para la gestión de recursos hídricos y planificación urbana.



CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Enfoque de investigación

El enfoque cuantitativo es fundamentalmente un paradigma de investigación que se centra en la cuantificación de los datos para deducir patrones, tendencias y relaciones objetivas entre variables. Este enfoque se caracteriza por su estructura formal y sistemática, orientada a resultados que se pueden medir y replicar. La investigación cuantitativa utiliza herramientas estadísticas para analizar datos numéricos recopilados a través de métodos como encuestas, experimentos y otras técnicas que permiten una recolección de datos masiva y estandarizada (Alfonso et al., 2020).

3.2 Método de investigación

El método de investigación científica es un enfoque sistemático, controlado y empírico para la solución de problemas dentro de campos científicos específicos. Este método se basa en la observación y experimentación rigurosa para explorar fenómenos, formular y probar hipótesis, y finalmente desarrollar teorías o leyes que expliquen la realidad observable. El proceso comienza con la identificación y definición clara del



problema de investigación. A continuación, se revisa la literatura existente para comprender mejor el contexto y las investigaciones previas relacionadas. Basándose en esta información, el investigador formula una o varias hipótesis que indican posibles respuestas al problema planteado (Arias, 2012).

3.3 Tipo de investigación

La investigación aplicada es un tipo de investigación científica que se enfoca en la aplicación práctica del conocimiento para resolver problemas específicos, desarrollar tecnologías o mejorar procesos. A diferencia de la investigación básica, que busca expandir el conocimiento teórico sobre principios fundamentales sin un enfoque directo hacia aplicaciones prácticas, la investigación aplicada se orienta hacia objetivos concretos y resultados utilitarios. En la investigación aplicada, el proceso comienza con la identificación de un problema práctico que necesita solución. A partir de aquí, se plantean preguntas de investigación específicas cuyas respuestas se espera que tengan aplicaciones directas en campos como la medicina, la ingeniería, la educación, la tecnología, entre otros (Baena, 2017).

3.4 Nivel de Investigación

El nivel de investigación descriptiva es aquel que se enfoca en caracterizar, detallar y analizar un fenómeno, situación o población sin establecer relaciones causales directas. Su principal objetivo es observar y describir las características esenciales de un objeto de estudio en su contexto natural, sin manipular variables (Baena, 2017).

3.5 Diseño de investigación

El diseño de investigación no experimental es aquel en el que no se manipulan deliberadamente las variables, sino que se observan los fenómenos en su contexto natural para analizarlos y describir sus características, relaciones o tendencias a lo largo del



tiempo. Se basa en la recopilación y análisis de datos existentes sin alterar las condiciones en que ocurren.

Este tipo de diseño se utiliza principalmente en estudios descriptivos, correlacionales y explicativos, donde el investigador no interviene en el fenómeno, sino que lo estudia tal como se presenta en la realidad (Alfonso et al., 2020).

3.6 Población y muestra

3.6.1 Población

La población se refiere al conjunto completo de casos o elementos que cumplen con ciertos criterios específicos y sobre los cuales se desea obtener información. Esta puede incluir personas, eventos, objetos, instituciones, etc., dependiendo del ámbito y objetivo del estudio. La población es el universo total sobre el que se hacen inferencias basadas en los datos recogidos de la muestra.

La población del presente estudio incluye todas las estaciones pluviométricas operativas y accesibles situadas en las zonas ribereñas dentro del distrito de Coasa. Este conjunto abarca estaciones que han registrado datos pluviométricos de manera continua y consistente a lo largo del tiempo establecido para el estudio.

3.6.2 Muestra

La muestra, por su parte, es un subconjunto de la población que se selecciona para ser objeto de estudio. La muestra debe ser representativa de la población para que los resultados del estudio puedan generalizarse a todo el universo de interés. La selección de una muestra adecuada y representativa es crucial, ya que una muestra sesgada o no representativa puede llevar a conclusiones erróneas o no aplicables a la población general.

La muestra está compuesta por un subconjunto de estaciones pluviométricas seleccionadas con base en criterios específicos, como la representatividad de las distintas áreas dentro del distrito, así como la calidad y continuidad de los registros de datos. El tipo de muestreo utilizado fue no probabilístico.

3.7 Técnicas e instrumentos de recolección

3.7.1 Técnicas

- Observación
- Análisis de datos
- Recopilación de información

3.7.2 Instrumentos

- Fichas técnicas
- Equipos de laboratorio
- Herramientas de laboratorio

3.8 Validación y de instrumentos y confiabilidad

3.8.1 Validación de instrumentos

La confirmación de la idoneidad de los instrumentos es un componente crucial en las metodologías de investigación, destinado a verificar que los medios utilizados para la recolección de datos sean precisos y eficaces para evaluar lo que se propone medir. Este procedimiento incluye la verificación de la validez y la confiabilidad del instrumento. La validez denota la habilidad del instrumento para medir acertadamente el constructo teórico que busca evaluar.

3.8.2 Confiabilidad de instrumentos

La fiabilidad de un instrumento de investigación es una característica esencial que indica la capacidad del mismo para medir de manera consistente y estable el constructo

de interés a lo largo del tiempo. Esta propiedad asegura que, al aplicar el instrumento bajo condiciones idénticas y a los mismos sujetos en diferentes momentos, se obtienen resultados coherentes y repetibles. Un instrumento es considerado confiable si demuestra producir datos estables en estas pruebas repetidas, minimizando las variaciones que no se deben a cambios reales en las variables estudiadas. Para evaluar la fiabilidad, los investigadores pueden emplear diversos métodos como el test-retest, que mide la estabilidad temporal del instrumento al aplicarlo en dos ocasiones distintas.

3.9 Trabajos realizados

❖ **Recolección, procesamientos y análisis de datos**

- Selección de Estaciones Pluviométricas: Acceder a la plataforma en línea del SENAMHI para identificar y seleccionar las estaciones pluviométricas ubicadas dentro del área de estudio del distrito de Coasa. Estas estaciones deben haber registrado datos de precipitación durante el periodo de interés del estudio.
- Solicitud de Datos: Envío de una solicitud formal, redactada por la universidad, dirigida al SENAMHI. Esta solicitud debe incluir la petición de acceso a las lecturas de precipitación máxima en 24 horas de las estaciones seleccionadas en Cuyo, Tambopata y Limbani. El periodo solicitado abarca desde 1995 hasta 2023, especificando la necesidad de información continua y verificada para un análisis estadístico riguroso.
- Completar Información Faltante: Proceder al llenado de los huecos de datos en las lecturas de las estaciones, empleando técnicas de imputación estadística adecuadas para mantener la integridad y la confiabilidad de la serie temporal de datos de precipitación.

❖ **Elaboración de Curvas IDF**

- Cálculo de Caudales para Periodos de Retorno: Utilizar la distribución estadística seleccionada para calcular los caudales correspondientes a diferentes periodos de



retorno. Aplicar el factor de corrección recomendado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) para ajustar estos valores a condiciones locales específicas.

- **Determinación de Precipitaciones Máximas:** Estimar las precipitaciones máximas para distintos tiempos de duración de las lluvias en cada estación pluviométrica seleccionada, asegurando que estos cálculos reflejen las variaciones temporales y espaciales observadas en los datos históricos.
- **Cálculo de Intensidades de Lluvia:** Calcular las intensidades de lluvia para cada estación, basándose en las precipitaciones estimadas y la duración de estas, junto con la frecuencia de ocurrencia de tales eventos. Este paso es crucial para entender cómo la intensidad varía con la duración y la frecuencia de las precipitaciones en cada localización.
- **Formulación de la Ecuación de Intensidad:** Derivar la ecuación que relaciona la intensidad de la lluvia con la duración y la frecuencia para cada estación. Esta ecuación es fundamental para el desarrollo de modelos predictivos y simulaciones hidrológicas.
- **Generación de Curvas IDF:** Generar las curvas IDF que grafican la relación entre la intensidad de la lluvia y su duración para diferentes frecuencias de ocurrencia. Estas curvas son herramientas esenciales para la planificación y diseño de infraestructura relacionada con la gestión de aguas pluviales y la mitigación de inundaciones.

❖ **Elaboración de defensas ribereñas**

- Realizar un análisis detallado de los riesgos de inundación y erosión en las zonas ribereñas identificadas. Este análisis debe incluir estudios históricos de eventos de inundación y modelaciones de escenarios futuros basados en los datos climáticos.
- Diseñar las estructuras de defensa ribereña, que se adecuen a las necesidades específicas del área en base a los resultados del análisis de riesgos. Estos diseños



deben considerar la funcionalidad, resistencia y adaptabilidad a las condiciones cambiantes del clima y del río.

- Seleccionar los materiales más adecuados para la construcción de las defensas, priorizando aquellos que ofrecen durabilidad, sostenibilidad y mínima afectación ambiental.



CAPITULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 Resultados obtenidos

En este capítulo vamos a ofrecer los resultados de la investigación más reciente, que incluirá la ubicación concreta de la región investigada. Con el fin de proporcionar unos antecedentes evidentes y fáciles de comprender, se ofrecerá una explicación exhaustiva de los aspectos geográficos y medioambientales del lugar. Además, se detallan los datos que se adquirieron sobre las crecidas máximas, incluido un examen de los episodios de precipitaciones excepcionales y la influencia que tuvieron en la región. Se presentarán las curvas de intensidad, duración y frecuencia (IDF), esenciales para comprender el comportamiento hidrológico de las cuencas situadas en la zona de Coasa. Finalmente, se ofrecerá un diseño de una estructura defensiva ribereña, teniendo en cuenta los datos recogidos y las investigaciones realizadas.

- **Ubicación de la zona de estudio**

Región : Puno

Provincia : Carabaya

Distrito : Coasa
Este : 389996.14 m E
Norte : 8453674.29 m S
Altura promedio : 3,759 msnm

Figura 1

Localización de la zona de estudio



Figura 2

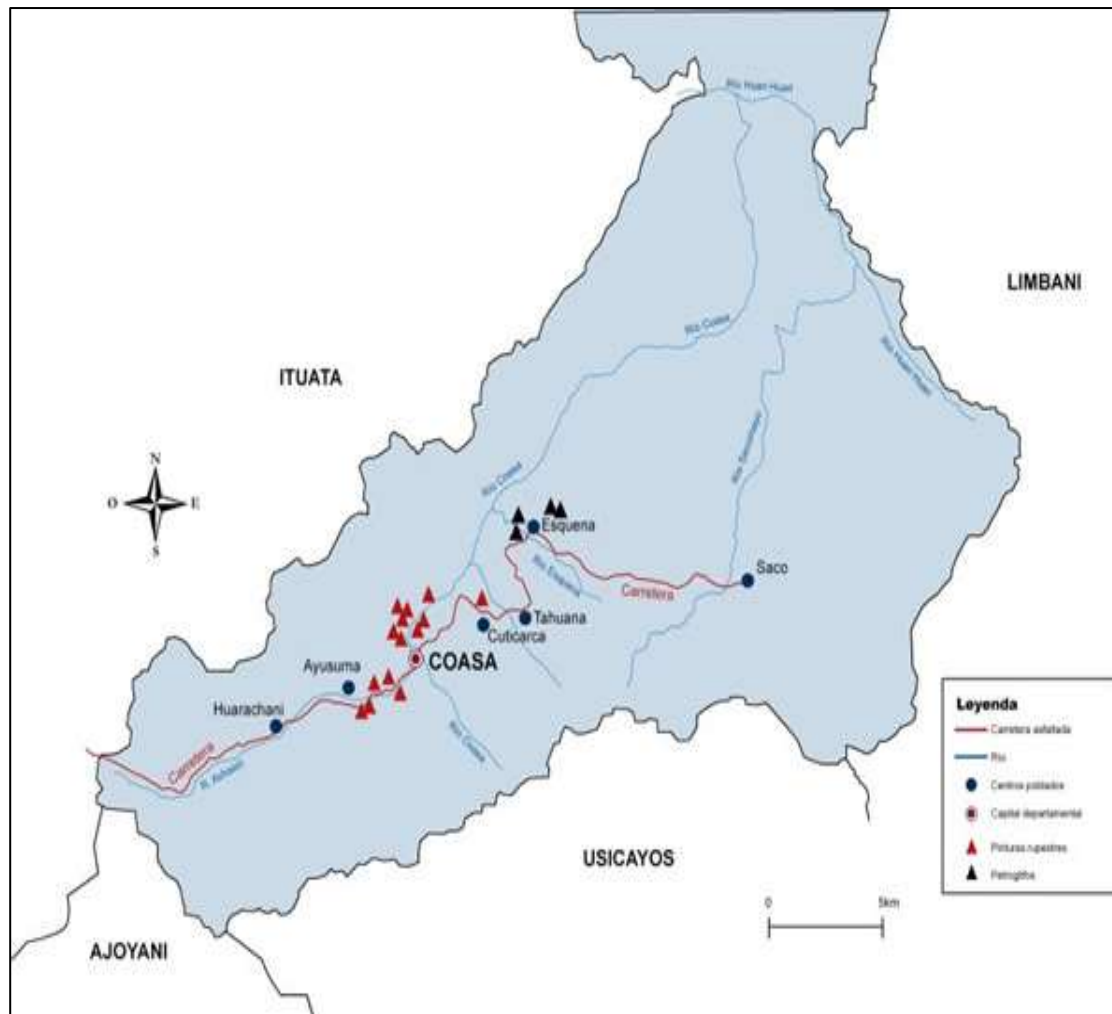
Vista aérea de la localización de Coasa



La localización de la zona de estudio se muestra de manera detallada, proporcionando un contexto claro sobre el área en análisis. Esta información es esencial para comprender los factores de riesgo y vulnerabilidad que se evaluaron.

Figura 3

Cuenca hidrológica en Coasa



Se muestra las la cuenca hidrográfica del distrito de Coasa.

Tabla 2

Rutas de acceso a la zona de estudio

Desde	A	Tipo de Vía	Medio de Transporte	Km.	Tiempo
Juliaca	Azángaro	Asfaltado	Combi/ vehículo motorizado	74.4	1 hora
Azángaro	Coasa	Asfaltado	Combi/ vehículo motorizado	139	2 horas

4.1.1 Determinación de las curvas de intensidad, duración y frecuencia en la cuenca

La precipitación en la zona, particularmente en las partes altas de la cuenca de captación, es la única fuente de esorrentía que se produce en la zona objeto de estudio. Esto es así debido a que las variables que se toman en consideración son similares en cuanto a sus características fisiográficas, datos climatológicos y otras variables influyentes que están asociadas a la similitud de la precipitación y la fuente existente.

Los registros de la red de estaciones meteorológicas que se indican en la tabla N° 03 son la fuente primaria de la información pluviométrica. Estos registros se obtienen en su mayoría del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

Tabla 3

Ubicación de las estaciones meteorológicas utilizadas

Estación	Ubicación política			Ubicación geográfica		
	Dpto	Provincia	Distrito	Longitud	Latitud	Altitud
Crucero	Puno	Carabaya	Crucero	70°1'33.3"	14°21'51.1"	4128
Upina	Puno	Carabaya	Corani	70°4'58.1"	13°53'5.7"	3878

Nota. Elaboración propia

Los datos pluviométricos se muestran en las tablas siguientes, que, de acuerdo con los criterios de la investigación, se refieren a la mayor cantidad de precipitaciones ocurridas en un período de veinticuatro horas.



Tabla 4

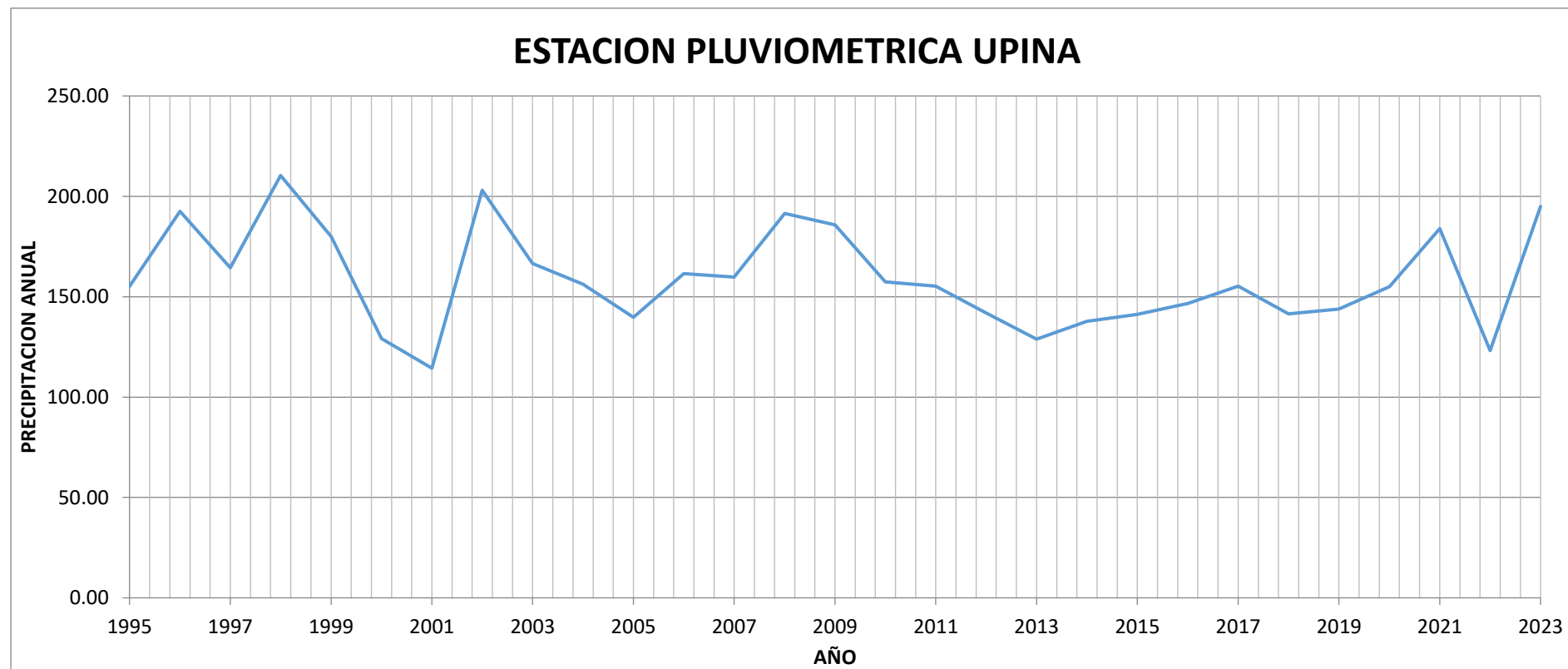
Precipitación máxima en 24 horas- Estación Upina

AÑO	ESTACIÓN METEOROLÓGICA UPINA											
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1995	15.260	12.300	21.700	14.300	7.100	23.400	0.000	0.300	6.100	27.500	13.200	14.600
1996	42.100	18.100	26.400	15.300	13.100	19.200	0.000	0.000	1.100	17.700	8.500	31.400
1997	14.750	12.800	20.700	13.500	0.000	2.300	0.000	28.100	0.000	13.500	23.200	35.400
1998	38.200	14.800	28.100	12.200	0.000	16.100	0.000	11.500	2.300	34.100	33.300	19.000
1999	25.190	26.300	26.300	14.500	0.000	0.000	0.000	5.700	4.900	12.500	29.600	35.200
2000	17.300	24.300	23.300	10.900	2.000	0.000	0.000	0.000	2.100	12.200	15.200	22.000
2001	20.900	24.300	15.600	12.100	1.300	0.000	3.300	3.600	3.200	5.000	11.100	13.100
2002	36.100	25.100	31.700	17.200	4.100	0.000	0.000	14.100	14.400	8.700	18.700	33.300
2003	16.500	17.500	28.100	20.200	0.000	1.100	0.000	2.100	7.400	18.000	27.900	27.500
2004	24.300	23.100	12.400	26.600	6.800	0.000	1.500	1.000	8.200	23.000	7.500	21.800
2005	18.400	21.100	21.600	3.600	7.600	3.400	6.100	1.600	5.800	17.000	10.800	22.200
2006	52.600	12.700	23.200	8.300	9.100	1.100	2.300	4.500	6.500	11.600	8.600	21.400
2007	22.800	25.400	16.100	19.400	9.200	2.100	5.200	4.600	7.100	14.600	22.500	11.000
2008	23.400	29.500	47.700	17.600	2.500	3.200	0.000	9.300	14.000	14.600	14.400	15.100
2009	22.800	41.600	18.200	10.800	1.000	2.100	2.300	13.100	18.100	4.000	19.600	32.500
2010	17.200	28.800	34.100	11.000	0.000	0.000	0.000	6.800	0.000	24.300	20.300	15.000
2011	35.100	30.900		8.700	0.000	3.200	0.000	1.500	2.400	12.700	22.000	38.800
2012	27.900	19.500		23.800	3.500	0.000	2.600	0.000	7.400	8.700	23.600	24.900
2013	16.300	31.800	8.600	2.900	2.900	1.000	0.000	1.500	0.000	13.700	14.000	36.200
2014	24.300	14.600	25.000	26.600	0.000	0.000	0.000	0.000	4.400	10.500	11.600	20.800
2015	23.472	11.464	36.931	18.367	9.550	2.589	2.589	2.589	2.589	7.345	13.611	10.072
2016	17.700	18.500	24.600	17.700	7.300	5.400	4.200	5.000	7.900	14.100		24.200
2017	27.600	22.600	24.100	17.300	0.000	0.000	0.000	0.000	5.700	9.300	31.000	17.700
2018		31.500	16.100	12.500	2.100	7.300	3.300	3.800		21.400	16.800	26.700
2019	19.300	26.900	17.300	16.000		0.000	1.100	7.900		29.000	26.300	
2020	48.600	15.400	13.700	12.100	4.200	0.000	4.500	4.300	18.200		7.500	26.500
2021	32.800	18.500	33.500	19.200	0.000	0.000	4.200	13.100	10.400	12.500	14.100	25.600
2022	14.600	13.500	21.200	5.200	12.800	0.000	3.100	0.000	8.600	13.800	19.700	10.700
2023	21.300	22.100	19.300	8.800	0.000	8.800	24.700	32.600	4.800	17.800	19.200	15.500
Total	716.77	634.96	635.53	416.67	106.15	102.29	70.99	178.59	173.59	429.15	503.81	648.17
Media	25.60	21.90	23.54	14.37	3.79	3.53	2.45	6.16	6.43	15.33	17.99	23.15
Desv. Est.	10.23	7.30	8.38	6.02	4.18	6.07	4.69	7.99	5.05	7.17	7.32	8.43



Figura 4

Precipitación anual en la estación de Upina



Se presenta el registro de datos de precipitaciones conforme a la información proporcionada por el (SENAMHI). Esta recopilación se basa en datos brutos que no han sido sometidos a procesos de corrección o ajuste, asegurando así una representación pura y directa de las mediciones originales.



Tabla 5

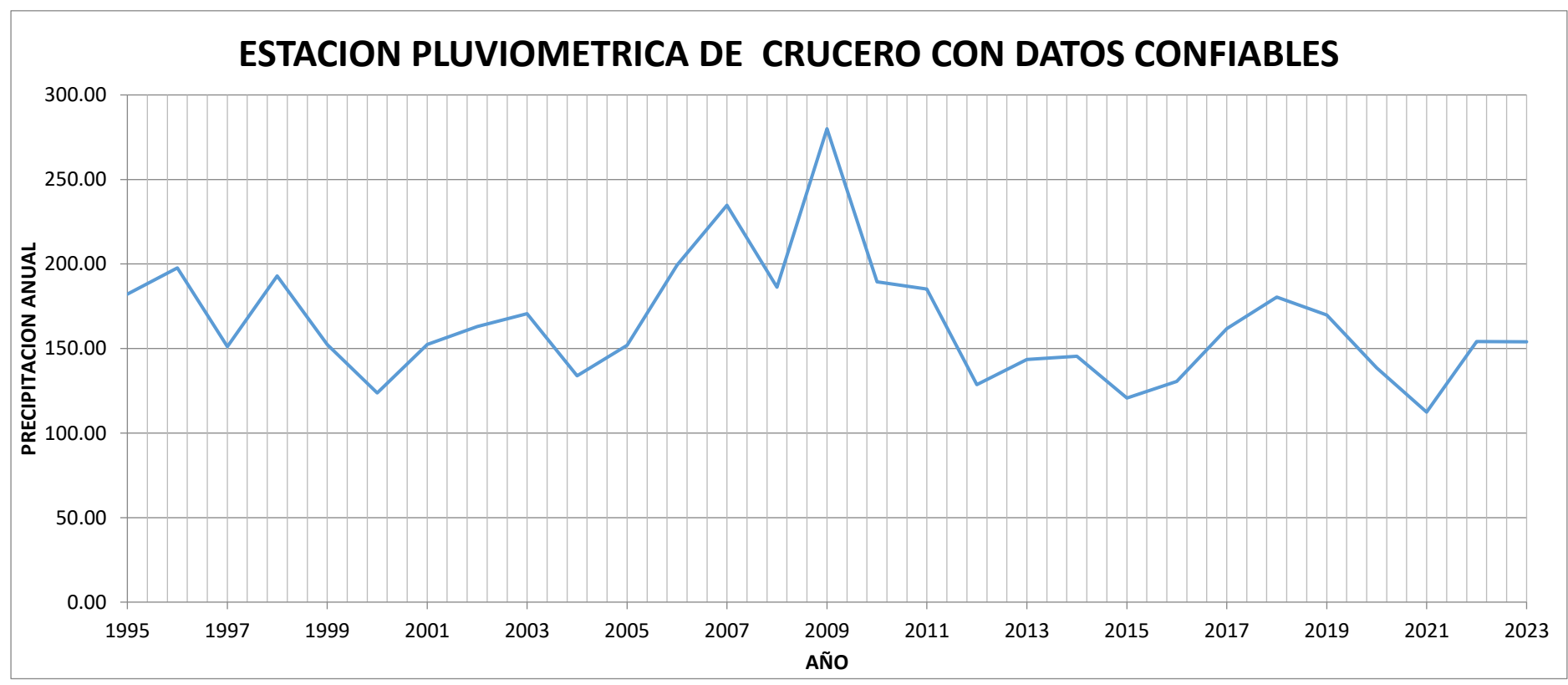
Precipitación máxima en 24 horas- Estación Crucero

AÑO	ESTACIÓN METEOROLOGICA-CRUCERO											
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1995	20.300	33.400	19.000	7.500	6.900	24.400	0.010	4.400	13.400	22.200	16.000	14.700
1996	33.100	21.100	31.100	12.000	18.000	27.100	5.600	4.500	3.900	19.800	8.500	13.000
1997	26.500	15.800	16.100	8.100	0.600	6.700	0.010	23.000	2.600	10.400	12.000	29.400
1998	38.200	7.200	35.500	13.500	3.800	0.500	0.000	10.500	14.500	12.700	23.000	33.600
1999	31.000	35.900	18.600	12.800	0.000	0.000	0.000	4.400	7.936	6.300	17.200	18.300
2000	19.500	18.400	15.900	4.000	1.800	0.000	0.200	0.500	6.200	8.500	22.700	26.000
2001	14.600	11.400	46.600	20.100	13.300	0.000	0.500	3.500	9.500	8.800	11.500	12.600
2002	15.600	15.200	30.400	6.500	1.500	0.000	0.000	9.800	8.600	15.000	28.000	32.400
2003	10.600	37.000	25.000	28.600	0.000	4.500	0.000	1.000	1.500	26.800	14.600	21.000
2004	14.000	19.400	22.600	22.000	7.000	0.000	1.000	5.000	5.000	16.800	8.400	12.600
2005	28.600	18.200	19.000	9.200	3.000	2.100	0.100	17.400	0.200	18.400	14.800	21.000
2006	27.200	16.200	68.000	17.800	10.400	1.800	4.400	5.200	1.400	9.500	13.200	24.400
2007	40.200	34.400	28.600	14.200	7.400	2.700	6.400	8.800	15.800	28.600	14.900	32.800
2008	20.000	15.600	30.000	14.200	4.200	6.800	0.000	7.200	16.000	18.400	13.400	40.500
2009	76.400	49.600	27.000	20.400	3.200	3.200	5.600	13.400	11.800	4.400	21.000	44.000
2010	10.000	19.600	55.600	12.300	0.000	0.000	0.000	14.600	5.000	25.800	19.200	27.400
2011	47.800	21.000	35.400	11.600	0.000	0.200	0.000	0.600	2.200	16.600	22.800	27.000
2012	13.600	14.500	25.700	16.800	5.300	0.000	2.500	0.000	8.000	7.000	17.200	18.000
2013	20.300	23.000	14.400	1.000	1.900	0.000	0.000	0.900	18.600	20.200	21.000	22.200
2014	18.800	16.000	45.000	9.700	0.000	0.000	0.000	0.100	5.800	9.000	17.100	24.000
2015	20.600	17.800	14.000	18.200	2.200	0.000	0.000	0.200	0.800	14.600	8.400	24.000
2016	17.400	17.600	20.400	10.200	9.800	0.200	4.200	0.000	7.800	15.400	9.000	18.600
2017	23.200	36.500	16.000	10.800	0.000	0.000	0.000	4.600	3.400	8.400	9.600	49.200
2018	18.100	27.000	35.000	8.400	24.000	6.400	0.400	8.800	4.800	12.200	11.500	23.800
2019	25.000	31.600	18.200	13.800	1.000	0.000	4.800	9.000	12.600	24.200	14.200	15.400
2020	24.400	22.800	9.400	14.000	2.600	0.600	3.400	4.000	4.400	9.800	26.000	17.200
2021	7.800	16.800	15.400	17.600	1.800	0.400	4.400	3.400	11.400	5.200	11.600	16.600
2022	11.600	19.200	11.000	15.200	12.000	0.000	11.200	0.000	23.800	18.000	19.600	12.600
2023	14.000	28.600	26.000	15.200	0.000	13.400	12.600	3.000	3.200	21.000	3.000	14.000
Total	688.40	660.80	774.90	385.70	141.70	101.00	67.32	167.80	230.14	434.00	449.40	686.30
MEDIA	23.74	22.79	26.72	13.30	4.89	3.48	2.32	5.79	7.94	14.97	15.50	23.67
DESV. EST.	13.87	9.44	13.59	5.67	5.96	6.86	3.38	5.81	5.83	6.78	5.95	9.62



Figura 5

Precipitación anual en la estación de Crucero



Se presenta el registro de datos de precipitaciones conforme a la información proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). Esta recopilación se basa en datos brutos que no han sido sometidos a procesos de corrección o ajuste, asegurando así una representación pura y directa de las mediciones originales.



- **Corrección de datos**

Curva de doble masa

Tabla 6

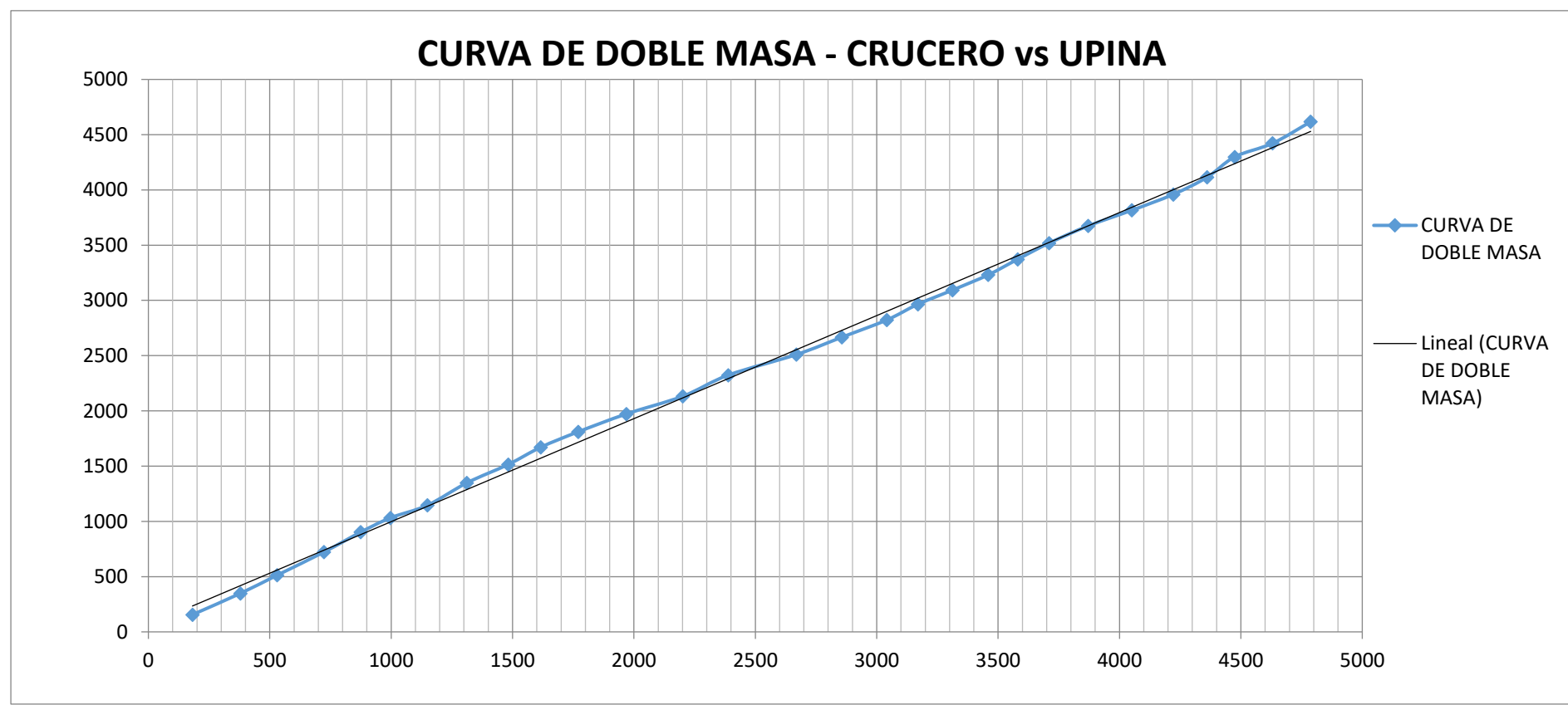
Precipitación anual y la media de las estaciones

Año	CRUCERO		UPINA	
	P anual	Media	P anual	Media
1995	181.60	181.60	155.76	155.76
1996	197.50	379.10	192.90	348.66
1997	151.12	530.22	164.25	512.91
1998	193.10	723.32	209.60	722.51
1999	151.34	874.66	180.19	902.70
2000	122.50	997.16	129.30	1032.00
2001	151.80	1148.96	113.50	1145.50
2002	163.10	1312.06	203.40	1348.90
2003	170.10	1482.16	166.30	1515.20
2004	134.30	1616.46	156.20	1671.40
2005	153.80	1770.26	139.20	1810.60
2006	198.80	1969.06	161.90	1972.50
2007	231.80	2200.86	160.00	2132.50
2008	187.70	2388.56	191.30	2323.80
2009	280.70	2669.26	186.10	2509.90
2010	187.70	2856.96	157.50	2667.40
2011	184.30	3041.26	155.30	2822.70
2012	128.00	3169.26	141.90	2964.60
2013	143.10	3312.36	128.90	3093.50
2014	147.00	3459.36	137.80	3231.30
2015	121.20	3580.56	141.17	3372.47
2016	129.80	3710.36	146.60	3519.07
2017	160.80	3871.16	155.30	3674.37
2018	179.80	4050.96	141.50	3815.87
2019	170.40	4221.36	143.80	3959.67
2020	139.60	4360.96	155.00	4114.67
2021	113.30	4474.26	183.90	4298.57
2022	156.20	4630.46	123.20	4421.77
2023	157.00	4787.46	194.90	4616.67



Figura 6

Precipitación anual en la estación de Crucero



Se presenta la curva de doble masa de la estación de Crucero junto con la estación de Upina, con el objetivo de realizar las correcciones de datos en la estación de Upina.



Corrección de datos en el año 2018 en el mes de enero

Tabla 7

Datos empleados para la corrección en el mes de enero

AÑOS	ENERO		x*y
	x	y	
1995	20.30	15.20	308.56
1996	33.10	42.20	1396.82
1997	26.50	14.80	392.20
1998	38.20	38.30	1463.06
1999	31.00	25.20	781.20
2000	19.50	17.20	335.40
2001	14.60	20.80	303.68
2002	15.60	36.20	564.72
2003	10.60	16.60	175.96
2004	14.00	24.20	338.80
2005	28.60	18.30	523.38
2006	27.20	52.70	1433.44
2007	40.20	22.90	920.58
2008	20.00	23.30	466.00
2009	76.40	22.70	1734.28
2010	10.00	17.20	172.00
2011	47.80	35.10	1677.78
2012	13.60	27.90	379.44
2013	20.30	16.30	330.89
2014	18.80	24.30	456.84
2015	20.60	23.47	483.53
2016	17.40	17.70	307.98
2017	23.20	27.60	640.32
2018	18.10	E	
2019	25.00	19.30	482.50
2020	24.40	48.60	1185.84
2021	7.80	32.80	255.84
2022	11.60	14.60	169.36
2023	14.00	21.30	298.20
Promedio	23.74	25.60	642.09
Desv Est.	13.87	10.26	484.76

Donde:

$$r = (642.09 - (23.74 * 25.60)) / (13.87 * 10.26) = 0.241841636$$



$$b = 0.241841636 * (13.87 / 10.26) = 0.178999072$$

$$a = 25.60 - (b * 23.74) = 21.34994365$$

$$E = a + (b * 18.10) = 24.59$$

Tabla 8

Corrección en el mes de enero

AÑOS	ENERO	
	x	y
1995	20.30	15.20
1996	33.10	42.20
1997	26.50	14.80
1998	38.20	38.30
1999	31.00	25.20
2000	19.50	17.20
2001	14.60	20.80
2002	15.60	36.20
2003	10.60	16.60
2004	14.00	24.20
2005	28.60	18.30
2006	27.20	52.70
2007	40.20	22.90
2008	20.00	23.30
2009	76.40	22.70
2010	10.00	17.20
2011	47.80	35.10
2012	13.60	27.90
2013	20.30	16.30
2014	18.80	24.30
2015	20.60	23.47
2016	17.40	17.70
2017	23.20	27.60
2018	18.10	24.59
2019	25.00	19.30
2020	24.40	48.60
2021	7.80	32.80
2022	11.60	14.60
2023	14.00	21.30



Corrección de datos en el año 2011 Y 2012 en el mes de marzo

Tabla 9

Datos empleados para la corrección en el mes de marzo

AÑOS	MARZO		
	x	y	x*y
1995	19.00	21.60	410.40
1996	31.10	26.50	824.15
1997	16.10	20.60	331.66
1998	35.50	28.20	1001.10
1999	18.60	26.20	487.32
2000	15.90	23.40	372.06
2001	46.60	15.50	722.30
2002	30.40	31.80	966.72
2003	25.00	28.00	700.00
2004	22.60	12.50	282.50
2005	19.00	21.50	408.50
2006	68.00	23.20	1577.60
2007	28.60	16.00	457.60
2008	30.00	47.80	1434.00
2009	27.00	18.30	494.10
2010	55.60	34.10	1895.96
2011	35.40	J	
2012	25.70	L	
2013	14.40	8.60	123.84
2014	45.00	25.00	1125.00
2015	14.00	36.93	517.03
2016	20.40	24.60	501.84
2017	16.00	24.10	385.60
2018	35.00	16.10	563.50
2019	18.20	17.30	314.86
2020	9.40	13.70	128.78
2021	15.40	33.50	515.90
2022	11.00	21.20	233.20
2023	26.00	19.30	501.80
Promedio	26.72	23.54	639.90
Desv Est.	13.612373	8.396714	439.436363

Donde:

$$r = (639.90 - (26.72 * 23.54)) / (13.61 * 8.39) = 0.095752884$$



$$b = 0.095752884 * (13.61 / 8.39) = 0.059064616$$

$$a = 23.54 - (b * 26.72) = 21.95992764$$

$$J = a + (b * 35.40) = 24.05$$

$$L = a + (b * 25.70) = 23.48$$

Tabla 10

Corrección en el mes de marzo

AÑOS	MARZO	
	x	y
1995	19.00	21.60
1996	31.10	26.50
1997	16.10	20.60
1998	35.50	28.20
1999	18.60	26.20
2000	15.90	23.40
2001	46.60	15.50
2002	30.40	31.80
2003	25.00	28.00
2004	22.60	12.50
2005	19.00	21.50
2006	68.00	23.20
2007	28.60	16.00
2008	30.00	47.80
2009	27.00	18.30
2010	55.60	34.10
2011	35.40	24.05
2012	25.70	23.48
2013	14.40	8.60
2014	45.00	25.00
2015	14.00	36.93
2016	20.40	24.60
2017	16.00	24.10
2018	35.00	16.10
2019	18.20	17.30
2020	9.40	13.70
2021	15.40	33.50
2022	11.00	21.20
2023	19.00	21.60



Corrección de datos en el año 2019 en el mes de mayo

Tabla 11

Datos empleados para la corrección en el mes de mayo

AÑOS	MAYO		
	x	y	x*y
1995	6.90	7.00	48.30
1996	18.00	13.00	234.00
1997	0.60	0.00	0.00
1998	3.80	0.00	0.00
1999	0.00	0.00	0.00
2000	1.80	2.10	3.78
2001	13.30	1.40	18.62
2002	1.50	4.00	6.00
2003	0.00	0.00	0.00
2004	7.00	6.90	48.30
2005	3.00	7.70	23.10
2006	10.40	9.00	93.60
2007	7.40	9.30	68.82
2008	4.20	2.30	9.66
2009	3.20	1.10	3.52
2010	0.00	0.00	0.00
2011	0.00	0.00	0.00
2012	5.30	3.50	18.55
2013	1.90	2.90	5.51
2014	0.00	0.00	0.00
2015	2.20	9.55	21.01
2016	9.80	7.30	71.54
2017	0.00	0.00	0.00
2018	24.00	2.10	50.40
2019	1.00	K	
2020	2.60	4.20	10.92
2021	1.80	0.00	0.00
2022	12.00	12.80	153.60
2023	0.00	0.00	0.00
Promedio	5.06	3.93	32.93
Desv Est.	5.98	4.18	54.37

Donde:

$$r = (32.93 - (5.06 * 3.93)) / (5.98 * 4.18) = 0.521608572$$



$$b = 0.521608572 * (4.18 / 5.98) = 0.365156938$$

$$a = 3.93 - (b * 5.06) = 2.083520117$$

$$K = a + (b * 1.0) = 2.45$$

Tabla 12

Corrección en el mes de mayo

AÑOS	MAYO	
	x	y
1995	6.90	7.00
1996	18.00	13.00
1997	0.60	0.00
1998	3.80	0.00
1999	0.00	0.00
2000	1.80	2.10
2001	13.30	1.40
2002	1.50	4.00
2003	0.00	0.00
2004	7.00	6.90
2005	3.00	7.70
2006	10.40	9.00
2007	7.40	9.30
2008	4.20	2.30
2009	3.20	1.10
2010	0.00	0.00
2011	0.00	0.00
2012	5.30	3.50
2013	1.90	2.90
2014	0.00	0.00
2015	2.20	9.55
2016	9.80	7.30
2017	0.00	0.00
2018	24.00	2.10
2019	1.00	2.45
2020	2.60	4.20
2021	1.80	0.00
2022	12.00	12.80
2023	0.00	0.00



Corrección de datos en el año 2018 Y 2019 en el mes de setiembre

Tabla 13

Datos empleados para la corrección en el mes de setiembre

AÑOS	SETIEMBRE		
	x	y	x*y
1995	13.40	6.00	80.40
1996	3.90	1.00	3.90
1997	2.60	0.00	0.00
1998	14.50	2.50	36.25
1999	7.94	4.80	38.09
2000	6.20	2.00	12.40
2001	9.50	3.40	32.30
2002	8.60	14.30	122.98
2003	1.50	7.50	11.25
2004	5.00	8.30	41.50
2005	0.20	5.90	1.18
2006	1.40	6.30	8.82
2007	15.80	7.00	110.60
2008	16.00	14.20	227.20
2009	11.80	18.00	212.40
2010	5.00	0.00	0.00
2011	2.20	2.40	5.28
2012	8.00	7.40	59.20
2013	18.60	0.00	0.00
2014	5.80	4.40	25.52
2015	0.80	2.59	2.07
2016	7.80	7.90	61.62
2017	3.40	5.70	19.38
2018	4.80	W	
2019	12.60	S	
2020	4.40	18.20	80.08
2021	11.40	10.40	118.56
2022	23.80	8.60	204.68
2023	3.20	4.80	15.36
Promedio	7.94	6.43	56.70
Desv Est.	5.91	5.05	68.11

Donde:

$$r = (56.70 - (7.94 * 6.43)) / (5.91 * 5.05) = 0.190390353$$



$$b = 0.190390353 * (5.05 / 5.91) = 0.162484066$$

$$a = 6.43 - (b * 7.94) = 2.083520117$$

$$W = a + (b * 4.80) = 5.92$$

$$S = a + (b * 12.60) = 7.19$$

Tabla 14

Corrección en el mes de setiembre

SETIEMBRE			
AÑOS	x		y
1995	13.40		6.00
1996	3.90		1.00
1997	2.60		0.00
1998	14.50		2.50
1999	7.94		4.80
2000	6.20		2.00
2001	9.50		3.40
2002	8.60		14.30
2003	1.50		7.50
2004	5.00		8.30
2005	0.20		5.90
2006	1.40		6.30
2007	15.80		7.00
2008	16.00		14.20
2009	11.80		18.00
2010	5.00		0.00
2011	2.20		2.40
2012	8.00		7.40
2013	18.60		0.00
2014	5.80		4.40
2015	0.80		2.59
2016	7.80		7.90
2017	3.40		5.70
2018	4.80		5.92
2019	12.60		7.19
2020	4.40		18.20
2021	11.40		10.40
2022	23.80		8.60
2023	3.20		4.80



Corrección de datos en el año 2020 en el mes de octubre

Tabla 15

Datos empleados para la corrección en el mes de octubre

AÑOS	OCTUBRE		
	x	y	x*y
1995	22.20	27.40	608.28
1996	19.80	17.80	352.44
1997	10.40	13.60	141.44
1998	12.70	34.00	431.80
1999	6.30	12.70	80.01
2000	8.50	12.00	102.00
2001	8.80	5.20	45.76
2002	15.00	8.50	127.50
2003	26.80	18.00	482.40
2004	16.80	23.00	386.40
2005	18.40	17.20	316.48
2006	9.50	11.50	109.25
2007	28.60	14.40	411.84
2008	18.40	14.70	270.48
2009	4.40	4.00	17.60
2010	25.80	24.30	626.94
2011	16.60	12.70	210.82
2012	7.00	8.70	60.90
2013	20.20	13.70	276.74
2014	9.00	10.50	94.50
2015	14.60	7.35	107.24
2016	15.40	14.10	217.14
2017	8.40	9.30	78.12
2018	12.20	21.40	261.08
2019	24.20	29.00	701.80
2020	9.80	Z	
2021	5.20	12.50	65.00
2022	18.00	13.80	248.40
2023	21.00	17.80	373.80
Promedio	14.97	15.33	257.36
Desv Est.	6.82	7.16	190.15

Donde:

$$r = (257.36 - (14.97 * 15.33)) / (6.82 * 7.16) = 0.573565994$$



$$b = 0.573565994 * (7.16 / 6.82) = 0.602200983$$

$$a = 15.33 - (b * 14.97) = 6.314373387$$

$$Z = a + (b * 9.80) = 12.22$$

Tabla 16

Corrección en el mes de octubre

AÑOS	OCTUBRE	
	x	y
1995	22.20	27.40
1996	19.80	17.80
1997	10.40	13.60
1998	12.70	34.00
1999	6.30	12.70
2000	8.50	12.00
2001	8.80	5.20
2002	15.00	8.50
2003	26.80	18.00
2004	16.80	23.00
2005	18.40	17.20
2006	9.50	11.50
2007	28.60	14.40
2008	18.40	14.70
2009	4.40	4.00
2010	25.80	24.30
2011	16.60	12.70
2012	7.00	8.70
2013	20.20	13.70
2014	9.00	10.50
2015	14.60	7.35
2016	15.40	14.10
2017	8.40	9.30
2018	12.20	21.40
2019	24.20	29.00
2020	9.80	12.22
2021	5.20	12.50
2022	18.00	13.80
2023	21.00	17.80



Corrección de datos en el año 2016 en el mes de noviembre

Tabla 17

Datos empleados para la corrección en el mes de noviembre

AÑOS	NOVIEMBRE		
	x	y	x*y
1995	16.00	13.00	208.00
1996	8.50	8.70	73.95
1997	12.00	23.00	276.00
1998	23.00	33.50	770.50
1999	17.20	29.50	507.40
2000	22.70	15.00	340.50
2001	11.50	11.30	129.95
2002	28.00	18.90	529.20
2003	14.60	27.80	405.88
2004	8.40	7.70	64.68
2005	14.80	10.60	156.88
2006	13.20	8.80	116.16
2007	14.90	22.30	332.27
2008	13.40	14.60	195.64
2009	21.00	19.40	407.40
2010	19.20	20.30	389.76
2011	22.80	22.00	501.60
2012	17.20	23.60	405.92
2013	21.00	14.00	294.00
2014	17.10	11.60	198.36
2015	8.40	13.61	114.33
2016	9.00	V	
2017	9.60	31.00	297.60
2018	11.50	16.80	193.20
2019	14.20	26.30	373.46
2020	26.00	7.50	195.00
2021	11.60	14.10	163.56
2022	19.60	19.70	386.12
2023	3.00	19.20	57.60
Promedio	15.50	17.99	288.75
Desv Est.	5.93	7.29	168.41

Donde:

$$r = (288.75 - (15.50 * 17.99)) / (5.93 * 7.29) = 0.229482328$$



$$b = 0.229482328 * (7.29 / 5.93) = 0.282361539$$

$$a = 17.99 - (b * 15.50) = 13.61760382$$

$$V = a + (b * 9.00) = 16.16$$

Tabla 18

Corrección en el mes de noviembre

NOVIEMBRE			
AÑOS	x		y
1995	16.00		13.00
1996	8.50		8.70
1997	12.00		23.00
1998	23.00		33.50
1999	17.20		29.50
2000	22.70		15.00
2001	11.50		11.30
2002	28.00		18.90
2003	14.60		27.80
2004	8.40		7.70
2005	14.80		10.60
2006	13.20		8.80
2007	14.90		22.30
2008	13.40		14.60
2009	21.00		19.40
2010	19.20		20.30
2011	22.80		22.00
2012	17.20		23.60
2013	21.00		14.00
2014	17.10		11.60
2015	8.40		13.61
2016	9.00		16.16
2017	9.60		31.00
2018	11.50		16.80
2019	14.20		26.30
2020	26.00		7.50
2021	11.60		14.10
2022	19.60		19.70
2023	3.00		19.20



Corrección de datos en el año 2019 en el mes de diciembre

Tabla 19

Datos empleados para la corrección en el mes de diciembre

AÑOS	DICIEMBRE		
	x	y	x*y
1995	14.70	14.40	211.68
1996	13.00	31.00	403.00
1997	29.40	35.70	1049.58
1998	33.60	19.20	645.12
1999	18.30	35.00	640.50
2000	26.00	22.20	577.20
2001	12.60	13.50	170.10
2002	32.40	33.00	1069.20
2003	21.00	27.80	583.80
2004	12.60	21.50	270.90
2005	21.00	22.30	468.30
2006	24.40	21.30	519.72
2007	32.80	11.10	364.08
2008	40.50	15.00	607.50
2009	44.00	32.50	1430.00
2010	27.40	15.00	411.00
2011	27.00	38.80	1047.60
2012	18.00	24.90	448.20
2013	22.20	36.20	803.64
2014	24.00	20.80	499.20
2015	24.00	10.07	241.73
2016	18.60	24.20	450.12
2017	49.20	17.70	870.84
2018	23.80	26.70	635.46
2019	15.40	Q	
2020	17.20	26.50	455.80
2021	16.60	25.60	424.96
2022	12.60	10.70	134.82
2023	14.00	15.50	217.00
Promedio	23.67	23.15	558.97
Desv Est.	9.62	8.40	309.20

Donde:

$$r = (558.97 - (23.67 * 23.15)) / (9.62 * 8.40) = 0.137798921$$



$$b = 0.137798921 * (8.40 / 9.62) = 0.120386534$$

$$a = 23.15 - (b * 23.67) = 20.29998754$$

$$Q = a + (b * 15.40) = 22.15$$

Tabla 20

Corrección en el mes de diciembre

AÑOS	DICIEMBRE	
	x	y
1995	14.70	14.40
1996	13.00	31.00
1997	29.40	35.70
1998	33.60	19.20
1999	18.30	35.00
2000	26.00	22.20
2001	12.60	13.50
2002	32.40	33.00
2003	21.00	27.80
2004	12.60	21.50
2005	21.00	22.30
2006	24.40	21.30
2007	32.80	11.10
2008	40.50	15.00
2009	44.00	32.50
2010	27.40	15.00
2011	27.00	38.80
2012	18.00	24.90
2013	22.20	36.20
2014	24.00	20.80
2015	24.00	10.07
2016	18.60	24.20
2017	49.20	17.70
2018	23.80	26.70
2019	15.40	22.15
2020	17.20	26.50
2021	16.60	25.60
2022	12.60	10.70
2023	14.00	15.50



Tabla 21

Precipitación máxima corregidas - Estación Upina

AÑO	ESTACIÓN UPINA CORREGIDA											
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1995	15.20	12.40	21.60	14.40	7.00	23.50	0.00	0.20	6.00	27.40	13.00	14.40
1996	42.20	18.00	26.50	15.20	13.00	19.10	0.00	0.00	1.00	17.80	8.70	31.00
1997	14.80	12.70	20.60	13.60	0.00	2.40	0.00	28.00	0.00	13.60	23.00	35.70
1998	38.30	14.90	28.20	12.10	0.00	16.00	0.00	11.70	2.50	34.00	33.50	19.20
1999	25.20	26.20	26.20	14.60	0.00	0.00	0.00	5.80	4.80	12.70	29.50	35.00
2000	17.20	24.40	23.40	10.80	2.10	0.00	0.00	0.00	2.00	12.00	15.00	22.20
2001	20.80	24.20	15.50	12.20	1.40	0.00	3.40	3.50	3.40	5.20	11.30	13.50
2002	36.20	25.20	31.80	17.10	4.00	0.00	0.00	14.00	14.30	8.50	18.90	33.00
2003	16.60	17.40	28.00	20.30	0.00	1.20	0.00	2.00	7.50	18.00	27.80	27.80
2004	24.20	23.00	12.50	26.50	6.90	0.00	1.40	1.20	8.30	23.00	7.70	21.50
2005	18.30	21.20	21.50	3.70	7.70	3.30	6.20	1.80	5.90	17.20	10.60	22.30
2006	52.70	12.80	23.20	8.20	9.00	1.20	2.20	4.30	6.30	11.50	8.80	21.30
2007	22.90	25.30	16.00	19.50	9.30	2.00	5.30	4.70	7.00	14.40	22.30	11.10
2008	23.30	29.60	47.80	17.50	2.30	3.30	0.00	9.20	14.20	14.70	14.60	15.00
2009	22.70	41.60	18.30	10.80	1.10	2.00	2.20	13.20	18.00	4.00	19.40	32.50
2010	17.20	28.80	34.10	11.00	0.00	0.00	0.00	6.70	0.00	24.30	20.30	15.00
2011	35.10	30.90	24.05	8.70	0.00	3.20	0.00	1.50	2.40	12.70	22.00	38.80
2012	27.90	19.50	23.48	23.80	3.50	0.00	2.60	0.00	7.40	8.70	23.60	24.90
2013	16.30	31.80	8.60	2.90	2.90	1.00	0.00	1.50	0.00	13.70	14.00	36.20
2014	24.30	14.60	25.00	26.60	0.00	0.00	0.00	0.00	4.40	10.50	11.60	20.80
2015	23.47	11.46	36.93	18.37	9.55	2.59	2.59	2.59	2.59	7.35	13.61	10.07
2016	17.70	18.50	24.60	17.70	7.30	5.40	4.20	5.00	7.90	14.10	16.16	24.20
2017	27.60	22.60	24.10	17.30	0.00	0.00	0.00	0.00	5.70	9.30	31.00	17.70
2018	24.59	31.50	16.10	12.50	2.10	7.30	3.30	3.80	5.92	21.40	16.80	26.70
2019	19.30	26.90	17.30	16.00	2.45	0.00	1.10	7.90	7.19	29.00	26.30	22.15
2020	48.60	15.40	13.70	12.10	4.20	0.00	4.50	4.30	18.20	12.22	7.50	26.50
2021	32.80	18.50	33.50	19.20	0.00	0.00	4.20	13.10	10.40	12.50	14.10	25.60
2022	14.60	13.50	21.20	5.20	12.80	0.00	3.10	0.00	8.60	13.80	19.70	10.70
2023	21.30	22.10	19.30	8.80	0.00	8.80	24.70	32.60	4.80	17.80	19.20	15.50

La corrección de los datos de precipitación en la estación de Upina se realizó utilizando el método de la curva de doble masa, tomando como referencia también los datos de la estación de Crucero.



Tabla 22

Precipitación total anual de las estaciones

AÑO	PRECIPITACIÓN MÁXIMA			
	UPINA	CRUCERO	UPINA	CRUCERO
1995	155.10	182.21	27.40	33.40
1996	192.50	197.70	42.20	33.10
1997	164.40	151.21	35.70	29.40
1998	210.40	193.00	38.30	38.20
1999	180.00	152.44	35.00	35.90
2000	129.10	123.70	24.40	26.00
2001	114.40	152.40	24.20	46.60
2002	203.00	163.00	36.20	32.40
2003	166.60	170.60	28.00	37.00
2004	156.20	133.80	26.50	22.60
2005	139.70	152.00	22.30	28.60
2006	161.50	199.50	52.70	68.00
2007	159.80	234.80	25.30	40.20
2008	191.50	186.30	47.80	40.50
2009	185.80	280.00	41.60	76.40
2010	157.40	189.50	34.10	55.60
2011	179.35	185.20	38.80	47.80
2012	165.38	128.60	27.90	25.70
2013	128.90	143.50	36.20	23.00
2014	137.80	145.50	26.60	45.00
2015	141.17	120.80	36.93	24.00
2016	162.76	130.60	24.60	20.40
2017	155.30	161.70	31.00	49.20
2018	172.01	180.40	31.50	35.00
2019	175.59	169.80	29.00	31.60
2020	167.22	138.60	48.60	26.00
2021	183.90	112.40	33.50	17.60
2022	123.20	154.20	21.20	23.80
2023	194.90	154.00	32.60	28.60
PROM.	163.96	165.08	33.11	35.92

Se muestran las precipitaciones máximas y anuales corregidas de las estaciones de Upina y Crucero.



- **Análisis de frecuencia de datos Ppmax 24 horas (mm)**

Tabla 23

Frecuencia de datos Ppmax 24 horas (mm)

N ^{ro} (n)	AÑO	Ppmax	Datos de mayor a menor	Posición	P	T (años)	X=Ppmax/Ppm	Y=LOGX
				(m)	m/(n+1)	(n+1)/m		
1	1995	27.40	52.70	1	0.033	30.0000	1.5918	0.2019
2	1996	42.20	48.60	2	0.067	15.0000	1.4679	0.1667
3	1997	35.70	47.80	3	0.100	10.0000	1.4438	0.1595
4	1998	38.30	42.20	4	0.133	7.5000	1.2746	0.1054
5	1999	35.00	41.60	5	0.167	6.0000	1.2565	0.0992
6	2000	24.40	38.80	6	0.200	5.0000	1.1719	0.0689
7	2001	24.20	38.30	7	0.233	4.2857	1.1568	0.0633
8	2002	36.20	36.93	8	0.267	3.7500	1.1154	0.0474
9	2003	28.00	36.20	9	0.300	3.3333	1.0934	0.0388
10	2004	26.50	36.20	10	0.333	3.0000	1.0934	0.0388
11	2005	22.30	35.70	11	0.367	2.7273	1.0783	0.0327
12	2006	52.70	35.00	12	0.400	2.5000	1.0571	0.0241
13	2007	25.30	34.10	13	0.433	2.3077	1.0300	0.0128
14	2008	47.80	33.50	14	0.467	2.1429	1.0118	0.0051
15	2009	41.60	32.60	15	0.500	2.0000	0.9847	-0.0067
16	2010	34.10	31.50	16	0.533	1.8750	0.9514	-0.0216
17	2011	38.80	31.00	17	0.567	1.7647	0.9363	-0.0286
18	2012	27.90	29.00	18	0.600	1.6667	0.8759	-0.0575
19	2013	36.20	28.00	19	0.633	1.5789	0.8457	-0.0728
20	2014	26.60	27.90	20	0.667	1.5000	0.8427	-0.0743
21	2015	36.93	27.40	21	0.700	1.4286	0.8276	-0.0822
22	2016	24.60	26.60	22	0.733	1.3636	0.8034	-0.0951
23	2017	31.00	26.50	23	0.767	1.3043	0.8004	-0.0967
24	2018	31.50	25.30	24	0.800	1.2500	0.7642	-0.1168
25	2019	29.00	24.60	25	0.833	1.2000	0.7430	-0.1290
26	2020	48.60	24.40	26	0.867	1.1538	0.7370	-0.1325
27	2021	33.50	24.20	27	0.900	1.1111	0.7309	-0.1361
28	2022	21.20	22.30	28	0.933	1.0714	0.6736	-0.1716
29	2023	32.60	21.20	29	0.967	1.0345	0.6403	-0.1936
PROMEDIO			33.11		PROMEDIO			-0.0121
S (desviación estándar)			8.11		S (desviación estándar)			0.1036
Coef. Asim.			0.70		Coef. Asim.			-0.04



- Ajuste de distribución log normal

Tabla 24

Distribución por log-normal

N.	P.	W	K = Z	Y estimado Y = Y _{prom} +KS _y	X antilog(y)	PP (mm) PP = X*P _{prom}	T
1	0.033	2.608	1.834	0.194	1.564	53.032	30
2	0.067	2.327	1.501	0.156	1.433	48.590	15
3	0.100	2.146	1.282	0.131	1.353	45.866	10
4	0.133	2.007	1.111	0.112	1.294	43.853	8
5	0.167	1.893	0.967	0.095	1.246	42.231	6
6	0.200	1.794	0.841	0.081	1.205	40.857	5
7	0.233	1.706	0.728	0.068	1.170	39.653	4
8	0.267	1.626	0.623	0.056	1.138	38.574	4
9	0.300	1.552	0.524	0.045	1.109	37.588	3
10	0.333	1.482	0.430	0.034	1.082	36.674	3
11	0.367	1.417	0.340	0.024	1.057	35.817	3
12	0.400	1.354	0.253	0.014	1.033	35.004	3
13	0.433	1.293	0.168	0.004	1.010	34.228	2
14	0.467	1.235	0.083	-0.005	0.988	33.480	2
15	0.500	1.177	0.000	-0.015	0.966	32.754	2
16	0.533	1.121	-0.083	-0.024	0.945	32.045	2
17	0.567	1.066	-0.167	-0.034	0.925	31.347	2
18	0.600	1.011	-0.252	-0.044	0.904	30.656	2
19	0.633	0.956	-0.339	-0.054	0.884	29.966	2
20	0.667	0.901	-0.428	-0.064	0.864	29.274	2
21	0.700	0.845	-0.520	-0.074	0.843	28.573	1
22	0.733	0.788	-0.616	-0.085	0.822	27.857	1
23	0.767	0.729	-0.719	-0.097	0.800	27.119	1
24	0.800	0.668	-0.829	-0.109	0.777	26.347	1
25	0.833	0.604	-0.949	-0.123	0.753	25.527	1
26	0.867	0.535	-1.084	-0.139	0.727	24.638	1
27	0.900	0.459	-1.241	-0.157	0.697	23.642	1
28	0.933	0.371	-1.435	-0.179	0.663	22.468	1
29	0.967	0.260	-1.706	-0.210	0.617	20.924	1
P_{prom}		33.9			Y_{prom}	-0.0149	
S_p		9.4205			S_y	0.1141	
Coef. Asim.		0.99			Coef. Asim.	-0.04	



- **Ajuste a la distribución Gumbel**

Tabla 25

Distribución Gumbel

N.	P.	P%	T.	K.	pp(mm)
1	0.0333	3.3333	30	2.1887	54.5184
2	0.0667	6.6667	15	1.6347	49.2994
3	0.1000	10.0000	10	1.3046	46.1896
4	0.1333	13.3333	8	1.0658	43.9408
5	0.1667	16.6667	6	0.8770	42.1616
6	0.2000	20.0000	5	0.7195	40.6776
7	0.2333	23.3333	4	0.5834	39.3954
8	0.2667	26.6667	4	0.4627	38.2592
9	0.3000	30.0000	3	0.3538	37.2327
10	0.3333	33.3333	3	0.2538	36.2910
11	0.3667	36.6667	3	0.1609	35.4160
12	0.4000	40.0000	3	0.0737	34.5943
13	0.4333	43.3333	2	-0.0090	33.8153
14	0.4667	46.6667	2	-0.0881	33.0703
15	0.5000	50.0000	2	-0.1643	32.3525
16	0.5333	53.3333	2	-0.2383	31.6555
17	0.5667	56.6667	2	-0.3106	30.9739
18	0.6000	60.0000	2	-0.3819	30.3025
19	0.6333	63.3333	2	-0.4526	29.6362
20	0.6667	66.6667	2	-0.5234	28.9696
21	0.7000	70.0000	1	-0.5948	28.2970
22	0.7333	73.3333	1	-0.6675	27.6114
23	0.7667	76.6667	1	-0.7426	26.9045
24	0.8000	80.0000	1	-0.8211	26.1650
25	0.8333	83.3333	1	-0.9048	25.3768
26	0.8667	86.6667	1	-0.9963	24.5146
27	0.9000	90.0000	1	-1.1003	23.5344
28	0.9333	93.3333	1	-1.2268	22.3430
29	0.9667	96.6667	1	-1.4045	20.6691
PROMEDIO		33.900	PROMEDIO		33.592
S (Desv. Est.)		9.420	S (Desv. Est.)		8.287



- Ajuste de la distribución log Pearson tipo III

Tabla 26

Distribución log-Pearson tipo III

N.	P.	z.	K.	Y.estimado $Y=Y_{prom}+KSy$	X Anti.log(y)	PP(mm) $PP = X*P_{pprom}$	T
N°1	0.0333	1.8343	2.1714	0.2328	1.7092	57.9417	30
N°2	0.0667	1.5014	1.6528	0.1736	1.4915	50.5622	15
N°3	0.1000	1.2817	1.3352	0.1374	1.3721	46.5151	10
N°4	0.1333	1.1108	1.1012	0.1107	1.2903	43.7418	8
N°5	0.1667	0.9674	0.9134	0.0893	1.2282	41.6358	6
N°6	0.2000	0.8415	0.7549	0.0712	1.1781	39.9378	5
N°7	0.2333	0.7277	0.6166	0.0554	1.1361	38.5133	4
N°8	0.2667	0.6226	0.4931	0.0413	1.0998	37.2839	4
N°9	0.3000	0.5240	0.3808	0.0285	1.0678	36.1999	3
N°10	0.3333	0.4303	0.2772	0.0167	1.0392	35.2279	3
N°11	0.3667	0.3403	0.1804	0.0057	1.0131	34.3443	3
N°12	0.4000	0.2529	0.0893	-0.0047	0.9891	33.5317	3
N°13	0.4333	0.1676	0.0026	-0.0146	0.9669	32.7770	2
N°14	0.4667	0.0834	-0.0804	-0.0241	0.9460	32.0699	2
N°15	0.5000	0.0000	-0.1605	-0.0332	0.9263	31.4023	2
N°16	0.5333	-0.0834	-0.2382	-0.0421	0.9076	30.7673	2
N°17	0.5667	-0.1672	-0.3142	-0.0508	0.8897	30.1592	2
N°18	0.6000	-0.2521	-0.3889	-0.0593	0.8724	29.5731	2
N°19	0.6333	-0.3386	-0.4629	-0.0677	0.8556	29.0044	2
N°20	0.6667	-0.4276	-0.5365	-0.0761	0.8392	28.4489	2
N°21	0.7000	-0.5199	-0.6103	-0.0846	0.8231	27.9024	1
N°22	0.7333	-0.6165	-0.6850	-0.0931	0.8071	27.3606	1
N°23	0.7667	-0.7188	-0.7611	-0.1018	0.7911	26.8188	1
N°24	0.8000	-0.8287	-0.8396	-0.1107	0.7750	26.2713	1
N°25	0.8333	-0.9490	-0.9217	-0.1201	0.7584	25.7107	1
N°26	0.8667	-1.0840	-1.0092	-0.1301	0.7412	25.1266	1
N°27	0.9000	-1.2410	-1.1050	-0.1410	0.7228	24.5024	1
N°28	0.9333	-1.4350	-1.2147	-0.1535	0.7023	23.8064	1
N°29	0.9667	-1.7060	-1.3527	-0.1693	0.6772	22.9584	1
Pprom		33.90			Yprom	-0.0149	
Sp		9.42			Sy	0.1141	
Coef. Asim.		0.99			Coef. Asim.	-0.04	



- Ajuste por el método del error medio cuadrático mínimo

Tabla 27

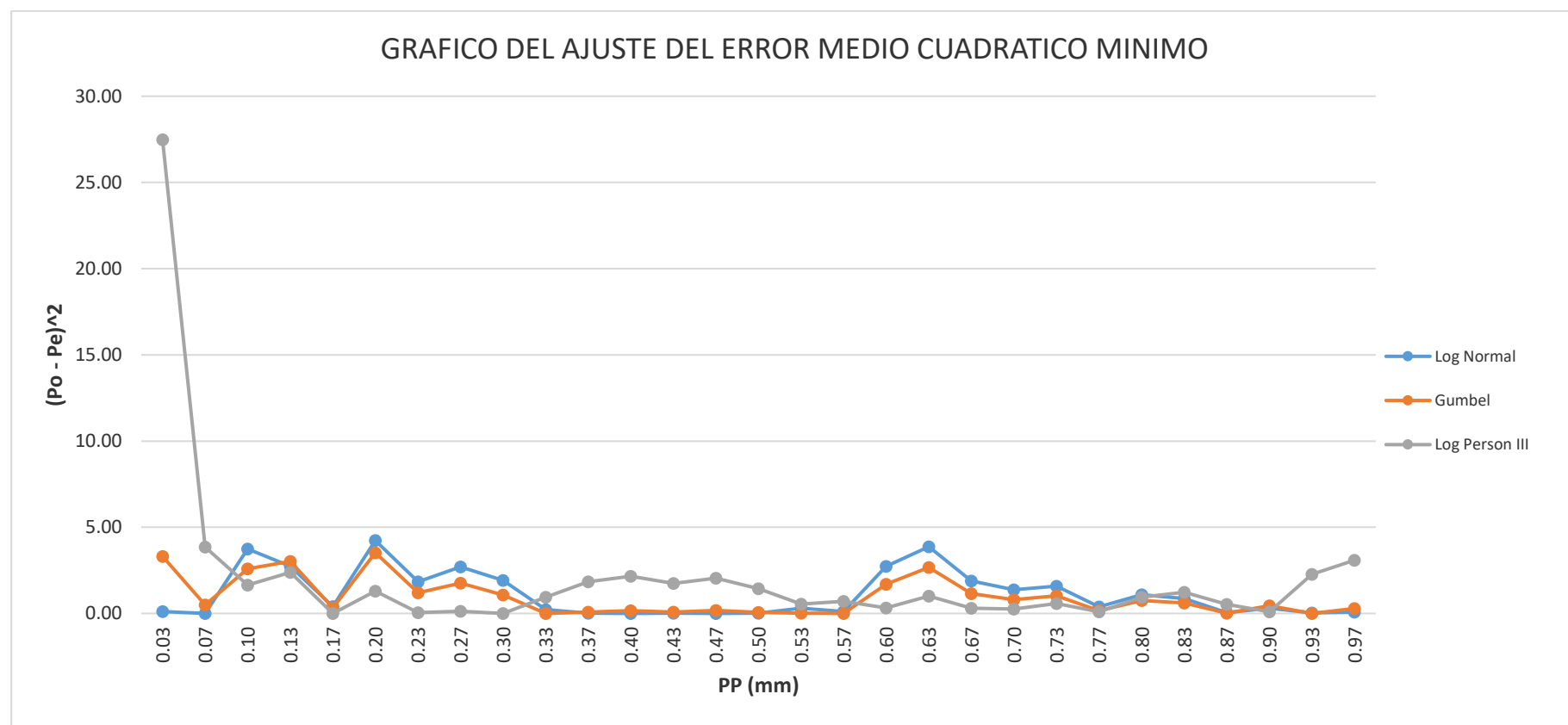
Ajuste por el método del error medio cuadrático mínimo

N	P	PP (mm)	Log Normal		Gumbel		Log Person Tipo III	
			Po	Pe	(Po - Pe)^2	Pe	(Po - Pe)^2	Pe
N°1	0.0333	52.7000	53.0315	0.1099	54.5184	3.3065	57.9417	27.4751
N°2	0.0667	48.6000	48.5905	0.0001	49.2994	0.4891	50.5622	3.8501
N°3	0.1000	47.8000	45.8661	3.7398	46.1896	2.5934	46.5151	1.6509
N°4	0.1333	42.2000	43.8526	2.7310	43.9408	3.0304	43.7418	2.3770
N°5	0.1667	41.6000	42.2307	0.3978	42.1616	0.3154	41.6358	0.0013
N°6	0.2000	38.8000	40.8568	4.2304	40.6776	3.5254	39.9378	1.2946
N°7	0.2333	38.3000	39.6535	1.8319	39.3954	1.2000	38.5133	0.0455
N°8	0.2667	36.9307	38.5740	2.7005	38.2592	1.7648	37.2839	0.1247
N°9	0.3000	36.2000	37.5879	1.9263	37.2327	1.0665	36.1999	0.0000
N°10	0.3333	36.2000	36.6739	0.2246	36.2910	0.0083	35.2279	0.9450
N°11	0.3667	35.7000	35.8167	0.0136	35.4160	0.0806	34.3443	1.8380
N°12	0.4000	35.0000	35.0045	0.0000	34.5943	0.1646	33.5317	2.1560
N°13	0.4333	34.1000	34.2281	0.0164	33.8153	0.0811	32.7770	1.7504
N°14	0.4667	33.5000	33.4802	0.0004	33.0703	0.1846	32.0699	2.0451
N°15	0.5000	32.6000	32.7543	0.0238	32.3525	0.0613	31.4023	1.4345
N°16	0.5333	31.5000	32.0449	0.2969	31.6555	0.0242	30.7673	0.5368
N°17	0.5667	31.0000	31.3470	0.1204	30.9739	0.0007	30.1592	0.7069
N°18	0.6000	29.0000	30.6558	2.7416	30.3025	1.6966	29.5731	0.3284
N°19	0.6333	28.0000	29.9665	3.8671	29.6362	2.6771	29.0044	1.0088
N°20	0.6667	27.9000	29.2741	1.8882	28.9696	1.1441	28.4489	0.3012
N°21	0.7000	27.4000	28.5732	1.3764	28.2970	0.8045	27.9024	0.2524
N°22	0.7333	26.6000	27.8573	1.5808	27.6114	1.0230	27.3606	0.5785
N°23	0.7667	26.5000	27.1185	0.3825	26.9045	0.1636	26.8188	0.1016
N°24	0.8000	25.3000	26.3465	1.0952	26.1650	0.7482	26.2713	0.9434
N°25	0.8333	24.6000	25.5269	0.8591	25.3768	0.6034	25.7107	1.2337
N°26	0.8667	24.4000	24.6377	0.0565	24.5146	0.0131	25.1266	0.5280
N°27	0.9000	24.2000	23.6422	0.3111	23.5344	0.4431	24.5024	0.0914
N°28	0.9333	22.3000	22.4678	0.0282	22.3430	0.0018	23.8064	2.2693
N°29	0.9667	21.2000	20.9240	0.0762	20.6691	0.2819	22.9584	3.0921



Figura 7

Ajuste del error medio cuadrático mínimo



A partir de la gráfica, se concluye que el método que mejor se ajusta, según el error cuadrático medio mínimo, es el de distribución de Gumbel.



- **Modelado de la distribución de precipitaciones mediante la técnica de Gumbel**

Tabla 28

Probabilidades pluviométricas - Gumbel

Nº	Año	Mes	Precipitación (mm)	
		Max. Precip.	xi	(xi - x)^2
1	1990	(oct)	27.40	32.58
2	1991	(ene)	42.20	82.67
3	1992	(dic)	35.70	6.72
4	1993	(ene)	38.30	26.96
5	1994	(dic)	35.00	3.58
6	1995	(feb)	24.40	75.83
7	1996	(feb)	24.20	79.35
8	1997	(ene)	36.20	9.56
9	1998	(mar)	28.00	26.09
10	1999	(abr)	26.50	43.67
11	2000	(dic)	22.30	116.81
12	2001	(ene)	52.70	383.85
13	2002	(feb)	25.30	60.96
14	2003	(mar)	47.80	215.86
15	2004	(feb)	41.60	72.11
16	2005	(mar)	34.10	0.98
17	2006	(dic)	38.80	32.40
18	2007	(ene)	27.90	27.12
19	2008	(dic)	36.20	9.56
20	2009	(abr)	26.60	42.35
21	2010	(mar)	36.93	14.61
22	2011	(mar)	24.60	72.39
23	2012	(nov)	31.00	4.44
24	2013	(feb)	31.50	2.59
25	2014	(dic)	29.00	16.88
26	2015	(ene)	48.60	240.00
27	2016	(mar)	33.50	0.15
28	2017	(mar)	21.20	141.80
29	2018	(ago)	32.60	0.26
29		Suma	960.13	33630.10



Donde:

\bar{X} : Promedio de datos históricos

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} =$$

\bar{X} : 960.13 / 29 = 33.11

K_t : Factor de frecuencia distribución tipo I - GUMBEL

$$K_t = -\frac{\sqrt{6}}{\Pi} \left\{ 0.5772 + \ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \right\}$$

S : Desviación estándar de datos históricos

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} =$$

S : 8.11

PP (mm): Valores extremos de la precipitación

$$X_t = \bar{X} + K_t S$$

$F(X_t)$: Función de distribución de Gumbel

$$F(t) = e^{-e^{-\left(\frac{X_t-u}{\alpha}\right)}}$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\Pi} * S$$

$$u = \bar{X} - 0.45 * S$$

$\alpha =$ 6.32

$u =$ 29.46

Tabla 29

Calculo para el periodo de retorno - Gumbel

Periodo de Retorno	Kt	PP (Xt)	Prob. Ocurrencia	Corr. Interv. Fijo
T		mm	F(Xt)	Xt' (mm)
2	-0.1643	31.7755	0.5000	35.9063
5	0.7195	38.9436	0.8000	44.0062
10	1.3046	43.6894	0.9000	49.3691
25	2.0438	49.6859	0.9600	56.1450
50	2.5923	54.1343	0.9800	61.1718
70	2.8569	56.2806	0.9857	63.5971
100	3.1367	58.5500	0.9900	66.1615
140	3.4001	60.6870	0.9929	68.5763
500	4.3947	68.7539	0.9980	77.6919

En el cuadro a continuación se muestran las precipitaciones máximas diarias probables correspondientes a distintos periodos de retorno.

Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias (Pd)

Tabla 30

Coficiente de la relación de lluvia – 24 horas

Duraciones, en horas									
1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
0.25	0.31	0.38	0.44	0.50	0.56	0.64	0.79	0.90	1.00

Nota: (MTC, 2011)

Se muestra los coeficientes de para las lluvias de una duración de 24 horas.

Tabla 31

Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias

Tiempo de Duración	Cociente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración								
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	70 años	100 años	140 años	500 años
24 hr	X24 = 100%	35.9063	44.0062	49.3691	56.1450	61.1718	63.5971	66.1615	68.5763	77.6919
18 hr	X18 = 90%	32.3157	39.6056	44.4322	50.5305	55.0546	57.2374	59.5453	61.7187	69.9227
12 hr	X12 = 79%	28.3660	34.7649	39.0016	44.3546	48.3257	50.2417	52.2676	54.1753	61.3766
8 hr	X8 = 64%	22.9801	28.1640	31.5962	35.9328	39.1500	40.7021	42.3433	43.8888	49.7228
6 hr	X6 = 56%	20.1076	24.6435	27.6467	31.4412	34.2562	35.6144	37.0504	38.4027	43.5074
5 hr	X5 = 50%	17.9532	22.0031	24.6845	28.0725	30.5859	31.7985	33.0807	34.2882	38.8459
4 hr	X4 = 44%	15.7988	19.3627	21.7224	24.7038	26.9156	27.9827	29.1111	30.1736	34.1844
3 hr	X3 = 38%	13.6444	16.7224	18.7602	21.3351	23.2453	24.1669	25.1414	26.0590	29.5229
2 hr	X2 = 31%	11.1310	13.6419	15.3044	17.4050	18.9633	19.7151	20.5101	21.2587	24.0845
1 hr	X1 = 25%	8.9766	11.0016	12.3423	14.0363	15.2930	15.8993	16.5404	17.1441	19.4230

Se presenta el cálculo detallado de las precipitaciones máximas para diversos tiempos de duración de lluvias en la estación meteorológica de Upina. El análisis abarca diferentes intervalos de tiempo para proporcionar una comprensión integral de los patrones de precipitación en la región, permitiendo evaluar la intensidad y frecuencia de las lluvias en función de su duración.

Intensidades de lluvia a partir de pd, según duración de precipitación y frecuencia de la misma (i)

La intensidad es la tasa temporal de precipitación (mm/h). Puede ser la intensidad instantánea o la intensidad promedio sobre la duración de la lluvia. Comúnmente se utiliza la intensidad promedio, que puede expresarse como:

$$i = \frac{P}{Td}$$

Tabla 32

Intensidad de la lluvia según el periodo de retorno

Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno								
Hr	Min.	2años	5años	10años	25años	50años	70años	100años	140años	500años
24 hr	1440	1.4961	1.8336	2.0570	2.3394	2.5488	2.6499	2.7567	2.8573	3.2372
18 hr	1080	1.7953	2.2003	2.4685	2.8073	3.0586	3.1799	3.3081	3.4288	3.8846
12 hr	720	2.3638	2.8971	3.2501	3.6962	4.0271	4.1868	4.3556	4.5146	5.1147
8 hr	480	2.8725	3.5205	3.9495	4.4916	4.8937	5.0878	5.2929	5.4861	6.2153
6 hr	360	3.3513	4.1072	4.6078	5.2402	5.7094	5.9357	6.1751	6.4005	7.2512
5 hr	300	3.5906	4.4006	4.9369	5.6145	6.1172	6.3597	6.6161	6.8576	7.7692
4 hr	240	3.9497	4.8407	5.4306	6.1760	6.7289	6.9957	7.2778	7.5434	8.5461
3 hr	180	4.5481	5.5741	6.2534	7.1117	7.7484	8.0556	8.3805	8.6863	9.8410
2 hr	120	5.5655	6.8210	7.6522	8.7025	9.4816	9.8575	10.2550	10.6293	12.0422
1 hr	60	8.9766	11.0016	12.3423	14.0363	15.2930	15.8993	16.5404	17.1441	19.4230

Representación matemática de las curvas IDF - Regresión

Las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) se han estimado de manera indirecta utilizando una relación matemática que permite calcular la intensidad máxima de precipitación (I) para distintos periodos de retorno. La fórmula utilizada para este cálculo es la siguiente:

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

Donde:

I es la intensidad máxima de la precipitación (mm/h),

K, m y n son factores característicos que dependen de la zona de estudio y reflejan las condiciones hidrológicas específicas del área,



T es el período de retorno (en años), que indica la frecuencia con la que se espera un evento de precipitación de una determinada magnitud,

t es la duración de la precipitación (en minutos), generalmente igual al tiempo de concentración, que representa el tiempo que tarda el agua en escurrir desde el punto más lejano de la cuenca hasta el punto de salida.

A continuación, se procederá a realizar una regresión entre la intensidad, duración y frecuencia (IDF) para los distintos periodos de retorno que se están evaluando. En este análisis, se determinará el valor del coeficiente n, que influye en la forma de las curvas IDF, y se utilizará para modelar la relación entre la intensidad y la duración de la precipitación en cada uno de los periodos de retorno considerados.

El siguiente paso será graficar las curvas de intensidad en función de la duración para cada uno de los periodos de retorno analizados. Estas curvas permitirán visualizar cómo varía la intensidad de la precipitación a lo largo del tiempo para diferentes frecuencias de eventos extremos, proporcionando una herramienta clave para el diseño de infraestructuras hidráulicas. Las curvas IDF graficadas mostrarán cómo la intensidad disminuye a medida que aumenta la duración del evento de precipitación, y cómo los eventos más raros (aquellos con periodos de retorno mayores) tienden a tener intensidades máximas más elevadas.

La representación gráfica de estas curvas es fundamental para la planificación y diseño de sistemas de drenaje y otras infraestructuras, ya que proporcionan estimaciones de las condiciones de precipitación extremas que deben soportar las estructuras en función del tiempo y la frecuencia de los eventos.

Tabla 33

Regresión para el periodo de 2 años

Periodo de retorno para T = 2 años						
Nº	x.	y.	lnx	lny	lnx*lny	(lnx)^2.
Nº1	1440	1.4961	7.2724	0.4029	2.9298	52.8878
Nº2	1080	1.7953	6.9847	0.5852	4.0873	48.7863
Nº3	720	2.3638	6.5793	0.8603	5.6600	43.2865
Nº4	480	2.8725	6.1738	1.0552	6.5145	38.1156
Nº5	360	3.3513	5.8861	1.2093	7.1183	34.6462
Nº6	300	3.5906	5.7038	1.2783	7.2913	32.5331
Nº7	240	3.9497	5.4806	1.3736	7.5284	30.0374
Nº8	180	4.5481	5.1930	1.5147	7.8659	26.9668
Nº9	120	5.5655	4.7875	1.7166	8.2181	22.9201
Nº10	60	8.9766	4.0943	2.1946	8.9855	16.7637
10	4980	38.5096	58.1555	12.1907	66.1991	346.9435
Ln (d) =	4.3451	d =	77.0963	n =	-0.5375	

Figura 8

Regresión para el periodo de 2 años

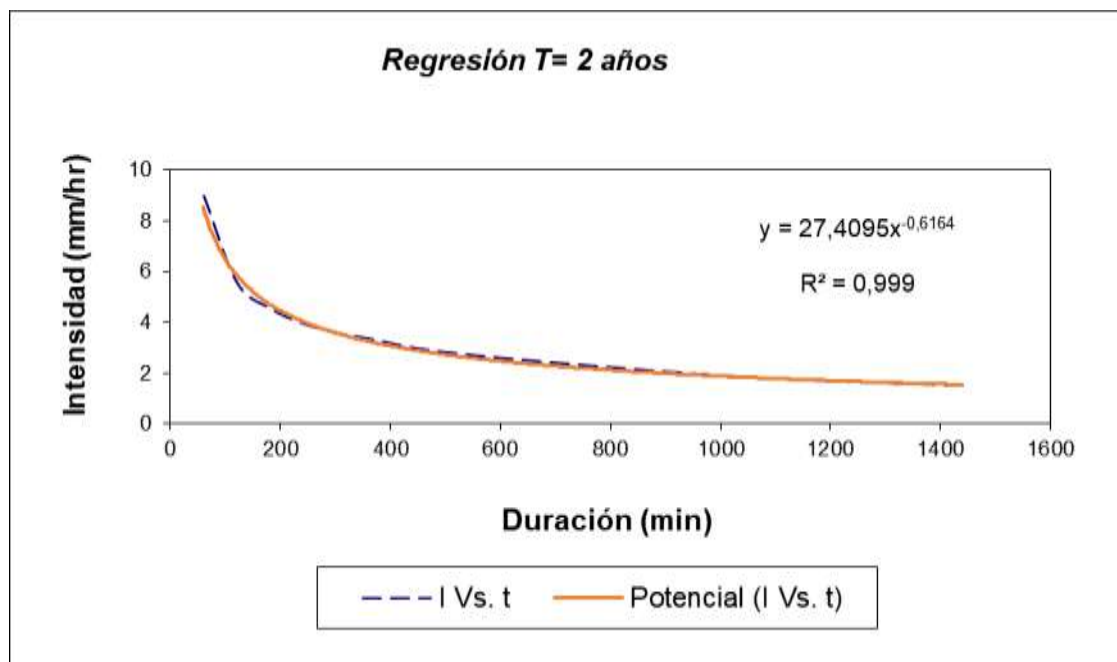


Tabla 34

Regresión para el periodo de 5 años

<i>Periodo de retorno para T = 5 años</i>						
Nº	x.	y.	lnx	lny	lnx*lny	(lnx)^2.
Nº1	1440	1.8336	7.2724	0.6063	4.4091	52.8878
Nº2	1080	2.2003	6.9847	0.7886	5.5081	48.7863
Nº3	720	2.8971	6.5793	1.0637	6.9984	43.2865
Nº4	480	3.5205	6.1738	1.2586	7.7703	38.1156
Nº5	360	4.1072	5.8861	1.4128	8.3156	34.6462
Nº6	300	4.4006	5.7038	1.4817	8.4516	32.5331
Nº7	240	4.8407	5.4806	1.5771	8.6433	30.0374
Nº8	180	5.5741	5.1930	1.7181	8.9222	26.9668
Nº9	120	6.8210	4.7875	1.9200	9.1920	22.9201
Nº10	60	11.0016	4.0943	2.3980	9.8184	16.7637
10	4980	47.1967	58.1555	14.2249	78.0290	346.9435
Ln (d) =	4.5485	d =	94.4879	n =	-0.5375	

Figura 9

Regresión para el periodo de 5 años

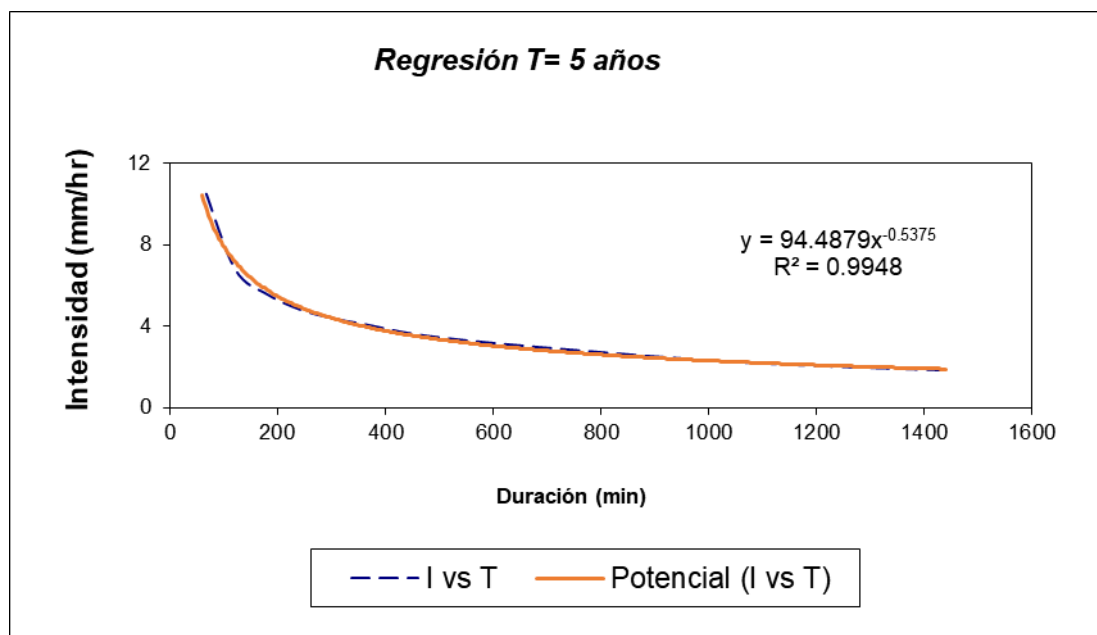


Tabla 35

Regresión para el periodo de 10 años

<i>Periodo de retorno para T = 10 años</i>						
Nº	x.	y.	lnx	lny	lnx*lny	(lnx)^2.
Nº1	1440	2.0570	7.2724	0.7213	5.2454	52.8878
Nº2	1080	2.4685	6.9847	0.9036	6.3113	48.7863
Nº3	720	3.2501	6.5793	1.1787	7.7549	43.2865
Nº4	480	3.9495	6.1738	1.3736	8.4803	38.1156
Nº5	360	4.6078	5.8861	1.5277	8.9925	34.6462
Nº6	300	4.9369	5.7038	1.5967	9.1075	32.5331
Nº7	240	5.4306	5.4806	1.6920	9.2735	30.0374
Nº8	180	6.2534	5.1930	1.8331	9.5194	26.9668
Nº9	120	7.6522	4.7875	2.0350	9.7425	22.9201
Nº10	60	12.3423	4.0943	2.5130	10.2892	16.7637
10	4980	52.9483	58.1555	15.3748	84.7164	346.9435
Ln (d) =	4.6635	d =	106.0027	n =	-0.5375	

Figura 10

Regresión para el periodo de 10 años

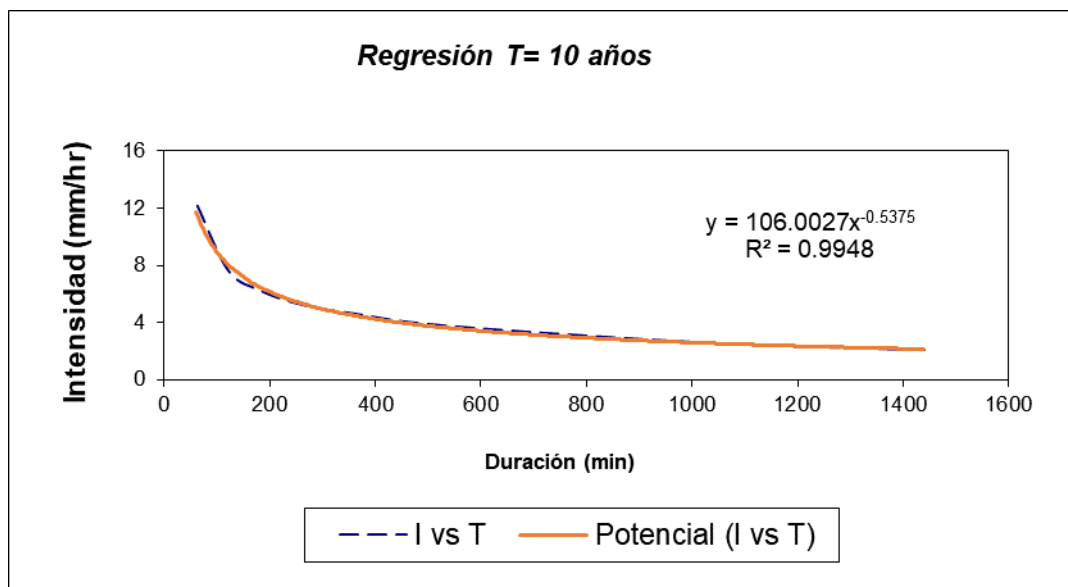


Tabla 36

Regresión para el periodo de 25 años

Periodo de retorno para T = 25 años						
Nº	x.	y.	lnx	lny	lnx*lny	(lnx)^2.
Nº1	1440	2.3394	7.2724	0.8499	6.1807	52.8878
Nº2	1080	2.8073	6.9847	1.0322	7.2097	48.7863
Nº3	720	3.6962	6.5793	1.3073	8.6011	43.2865
Nº4	480	4.4916	6.1738	1.5022	9.2743	38.1156
Nº5	360	5.2402	5.8861	1.6564	9.7495	34.6462
Nº6	300	5.6145	5.7038	1.7254	9.8410	32.5331
Nº7	240	6.1760	5.4806	1.8207	9.9784	30.0374
Nº8	180	7.1117	5.1930	1.9617	10.1872	26.9668
Nº9	120	8.7025	4.7875	2.1636	10.3583	22.9201
Nº10	60	14.0363	4.0943	2.6416	10.8158	16.7637
10	4980	60.2155	58.1555	16.6610	92.1960	346.9435
Ln (d) =	4.7921	d =	120.5517	n =	-0.5375	

Figura 11

Regresión para el periodo de 25 años

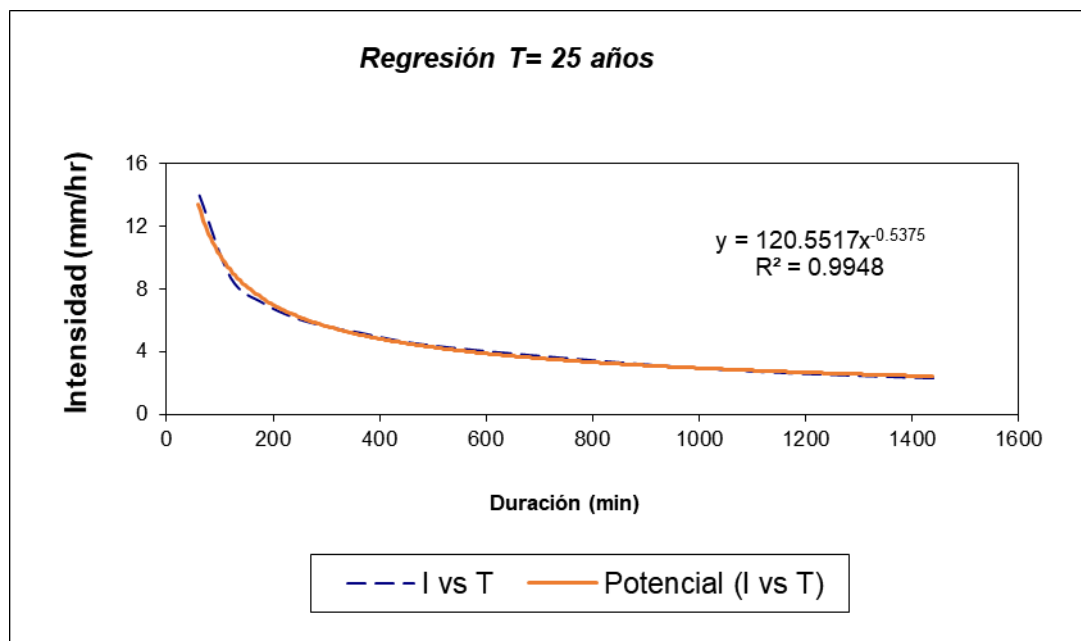


Tabla 37

Regresión para el periodo de 50 años

<i>Periodo de retorno para T = 50 años</i>						
Nº	x.	y.	lnx	lny	lnx*lny	(lnx)^2.
Nº1	1440	2.5488	7.2724	0.9356	6.8043	52.8878
Nº2	1080	3.0586	6.9847	1.1180	7.8086	48.7863
Nº3	720	4.0271	6.5793	1.3931	9.1653	43.2865
Nº4	480	4.8937	6.1738	1.5880	9.8037	38.1156
Nº5	360	5.7094	5.8861	1.7421	10.2542	34.6462
Nº6	300	6.1172	5.7038	1.8111	10.3301	32.5331
Nº7	240	6.7289	5.4806	1.9064	10.4484	30.0374
Nº8	180	7.7484	5.1930	2.0475	10.6325	26.9668
Nº9	120	9.4816	4.7875	2.2494	10.7688	22.9201
Nº10	60	15.2930	4.0943	2.7274	11.1669	16.7637
10	4980	65.6068	58.1555	17.5185	97.1828	346.9435
Ln (d) =	4.8778	d =	131.3450	n =	-0.5375	

Figura 12

Regresión para el periodo de 50 años

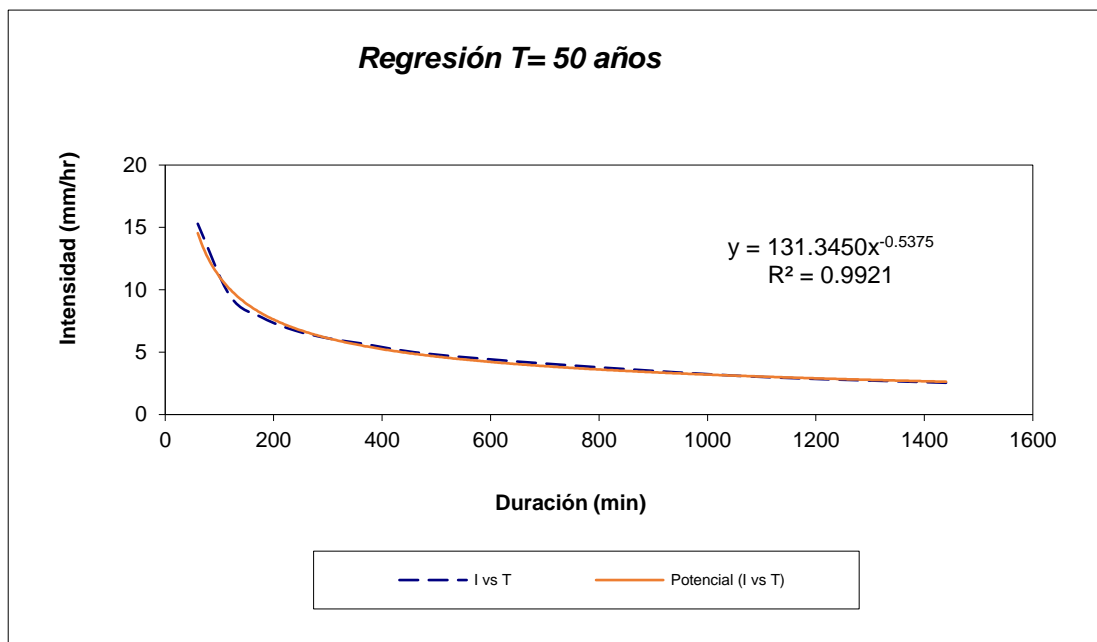


Tabla 38

Regresión para el periodo de 70 años

<i>Periodo de retorno para T = 70 años</i>						
Nº	x.	y.	lnx	lny	lnx*lny	(lnx)^2.
Nº1	1440	2.6499	7.2724	0.9745	7.0871	52.8878
Nº2	1080	3.1799	6.9847	1.1568	8.0802	48.7863
Nº3	720	4.1868	6.5793	1.4319	9.4211	43.2865
Nº4	480	5.0878	6.1738	1.6268	10.0438	38.1156
Nº5	360	5.9357	5.8861	1.7810	10.4831	34.6462
Nº6	300	6.3597	5.7038	1.8500	10.5519	32.5331
Nº7	240	6.9957	5.4806	1.9453	10.6614	30.0374
Nº8	180	8.0556	5.1930	2.0864	10.8344	26.9668
Nº9	120	9.8575	4.7875	2.2882	10.9549	22.9201
Nº10	60	15.8993	4.0943	2.7663	11.3261	16.7637
10	4980	68.2079	58.1555	17.9073	99.4439	346.9435
Ln (d) =	4.9167	d =	136.5524	n =	-0.5375	

Figura 13

Regresión para el periodo de 70 años

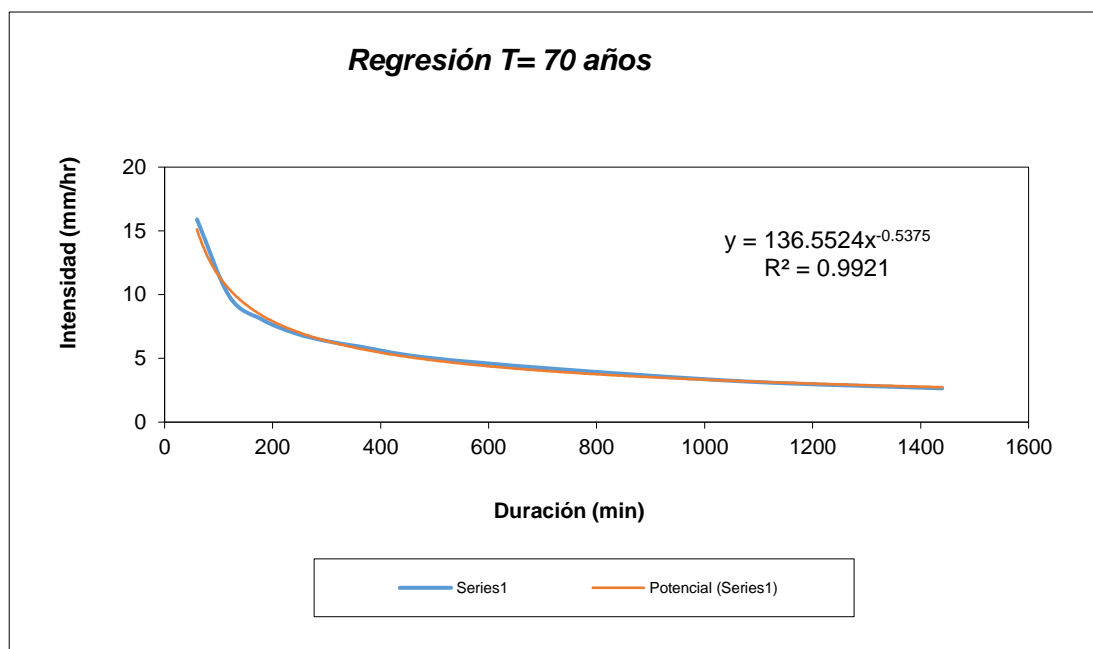


Tabla 39

Regresión para el periodo de 100 años

<i>Periodo de retorno para T = 100 años</i>						
Nº	x.	y.	lnx	lny	lnx*lny	(lnx)^2.
Nº1	1440	2.7567	7.2724	1.0140	7.3745	52.8878
Nº2	1080	3.3081	6.9847	1.1964	8.3563	48.7863
Nº3	720	4.3556	6.5793	1.4715	9.6812	43.2865
Nº4	480	5.2929	6.1738	1.6664	10.2878	38.1156
Nº5	360	6.1751	5.8861	1.8205	10.7158	34.6462
Nº6	300	6.6161	5.7038	1.8895	10.7774	32.5331
Nº7	240	7.2778	5.4806	1.9848	10.8781	30.0374
Nº8	180	8.3805	5.1930	2.1259	11.0397	26.9668
Nº9	120	10.2550	4.7875	2.3278	11.1442	22.9201
Nº10	60	16.5404	4.0943	2.8058	11.4879	16.7637
10	4980	70.9582	58.1555	18.3026	101.7429	346.9435
Ln (d) =	4.9562	d =	142.0586	n =	-0.5375	

Figura 14

Regresión para el periodo de 100 años

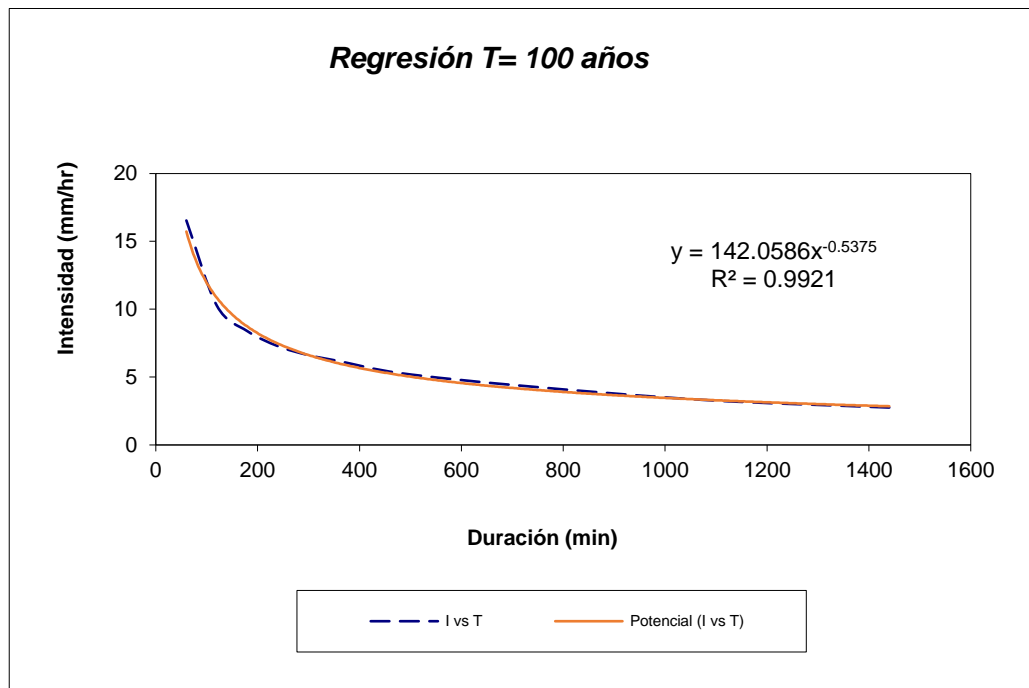


Tabla 40

Regresión para el periodo de 140 años

<i>Periodo de retorno para T = 140 años</i>						
Nº	x.	y.	lnx	lny	lnx*lny	(lnx)^2.
Nº1	1440	2.8573	7.2724	1.0499	7.6352	52.8878
Nº2	1080	3.4288	6.9847	1.2322	8.6067	48.7863
Nº3	720	4.5146	6.5793	1.5073	9.9170	43.2865
Nº4	480	5.4861	6.1738	1.7022	10.5091	38.1156
Nº5	360	6.4005	5.8861	1.8564	10.9268	34.6462
Nº6	300	6.8576	5.7038	1.9254	10.9818	32.5331
Nº7	240	7.5434	5.4806	2.0207	11.0746	30.0374
Nº8	180	8.6863	5.1930	2.1618	11.2259	26.9668
Nº9	120	10.6293	4.7875	2.3636	11.3158	22.9201
Nº10	60	17.1441	4.0943	2.8417	11.6347	16.7637
10	4980	73.5481	58.1555	18.6611	103.8277	346.9435
Ln (d) =	4.9921	d =	147.2436	n =	-0.5375	

Figura 15

Regresión para el periodo de 140 años

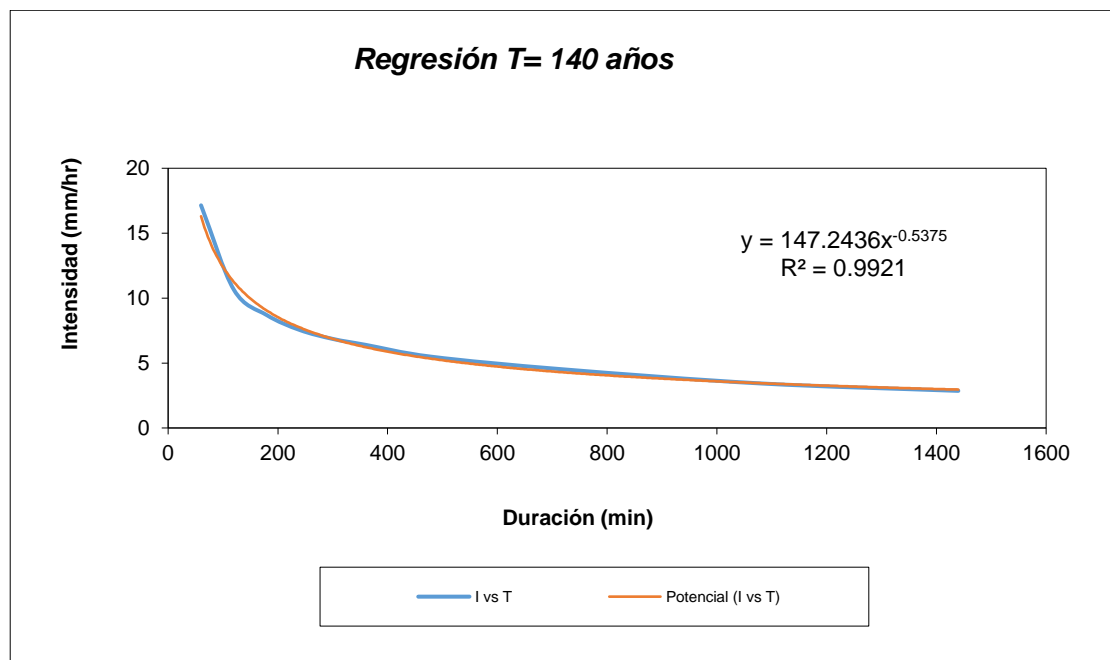


Tabla 41

Regresión para el periodo de 500 años

Periodo de retorno para T = 500 años						
Nº	x.	y.	lnx	lny	lnx*lny	(lnx)^2.
Nº1	1440	3.2372	7.2724	1.1747	8.5429	52.8878
Nº2	1080	3.8846	6.9847	1.3570	9.4784	48.7863
Nº3	720	5.1147	6.5793	1.6321	10.7381	43.2865
Nº4	480	6.2153	6.1738	1.8270	11.2796	38.1156
Nº5	360	7.2512	5.8861	1.9812	11.6614	34.6462
Nº6	300	7.7692	5.7038	2.0502	11.6937	32.5331
Nº7	240	8.5461	5.4806	2.1455	11.7586	30.0374
Nº8	180	9.8410	5.1930	2.2866	11.8740	26.9668
Nº9	120	12.0422	4.7875	2.4884	11.9133	22.9201
Nº10	60	19.4230	4.0943	2.9665	12.1457	16.7637
10	4980	83.3245	58.1555	19.9091	111.0856	346.9435
Ln (d) =	5.1169	d =	166.8160	n =	-0.5375	

Figura 16

Regresión para el periodo de 500 años

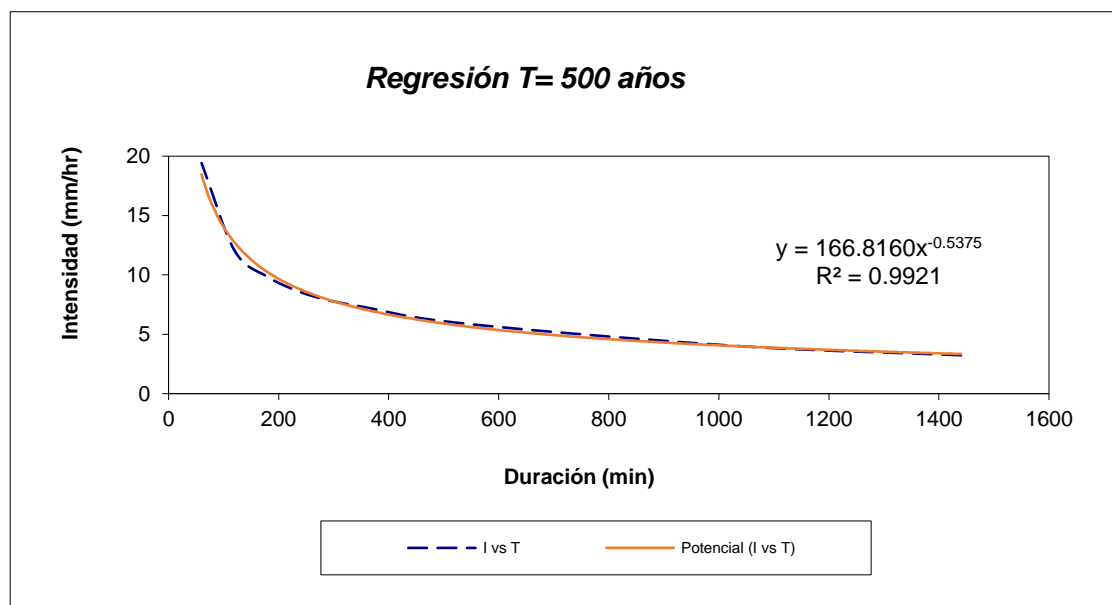


Tabla 42

Resumen de la regresión en diferentes periodos

Periodo de Retorno (años) (años)	Resumen de aplicación de regresión potencial	
	Término cte. de regresión (d)	Coef. de regresión (n)
2	77.09627	-0.53752
5	94.48794	-0.53752
10	106.00275	-0.53752
25	120.55173	-0.53752
50	131.34500	-0.53752
70	136.55241	-0.53752
100	142.05857	-0.53752
140	147.24358	-0.53752
500	166.81599	-0.53752
Promedio :	124.68380	-0.53752

Tras efectuar el cambio de variable, se procede a realizar una nueva regresión de tipo potencia entre las columnas correspondientes al período de retorno (T) y el término constante de la regresión (d), con el objetivo de obtener los valores necesarios para la ecuación.

$$d = K \cdot T^m$$

Tabla 43

Regresión potencial

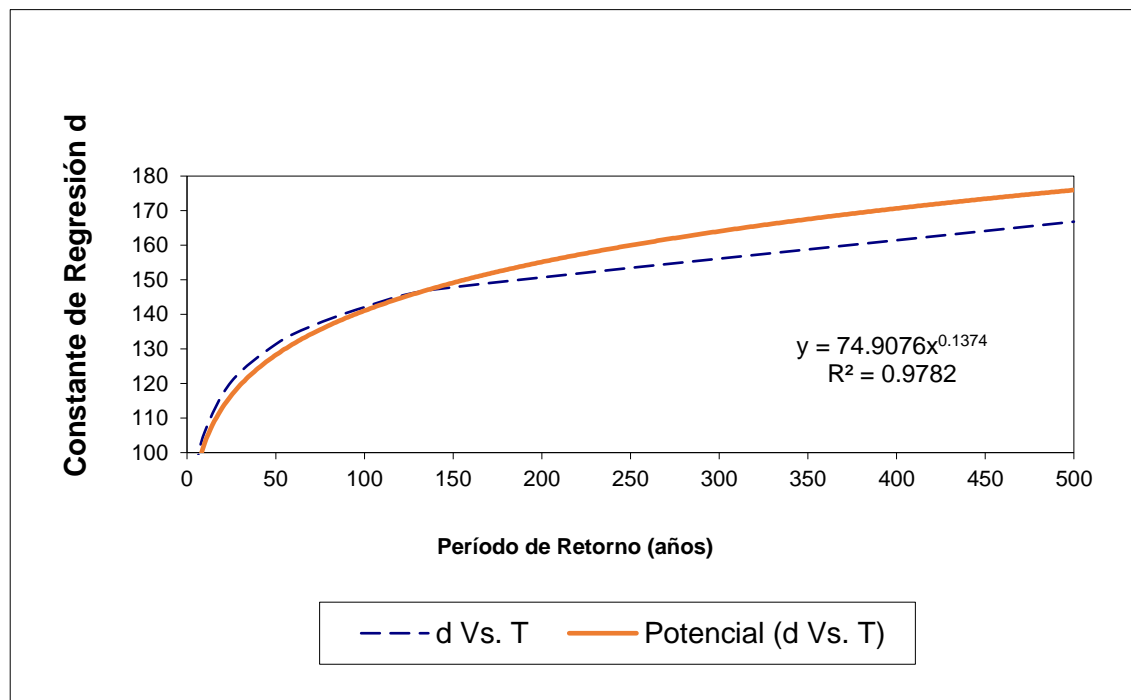
Regresión potencial						
Nº	x.	y.	lnx	lny	lnx*lny	(lnx)^2.
Nº1	2	77.0963	0.6931	4.3451	3.0118	0.4805
Nº2	5	94.4879	1.6094	4.5485	7.3205	2.5903
Nº3	10	106.0027	2.3026	4.6635	10.7380	5.3019
Nº4	25	120.5517	3.2189	4.7921	15.4251	10.3612
Nº5	50	131.3450	3.9120	4.8778	19.0822	15.3039
Nº6	70	136.5524	4.2485	4.9167	20.8886	18.0497
Nº7	100	142.0586	4.6052	4.9562	22.8243	21.2076
Nº8	140	147.2436	4.9416	4.9921	24.6691	24.4198
Nº9	500	166.8160	6.2146	5.1169	31.7995	38.6214
9	902	1122.1542	31.7460	43.2088	155.7591	136.3362
Ln (K) =	4.3163		K =	74.9076	m =	0.1374

Constante de regresión (K) = 74.9076

Coef. de regresión (m) = 0.137420

Figura 17

Regresión para el periodo de 140 años



- **Curvas de intensidad- duración- frecuencia**

Reemplazando los coeficientes se obtiene la fórmula de intensidad de la estación:

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

$$I = \frac{74.9076 \cdot T^{0.137420}}{t^{0.53752}}$$

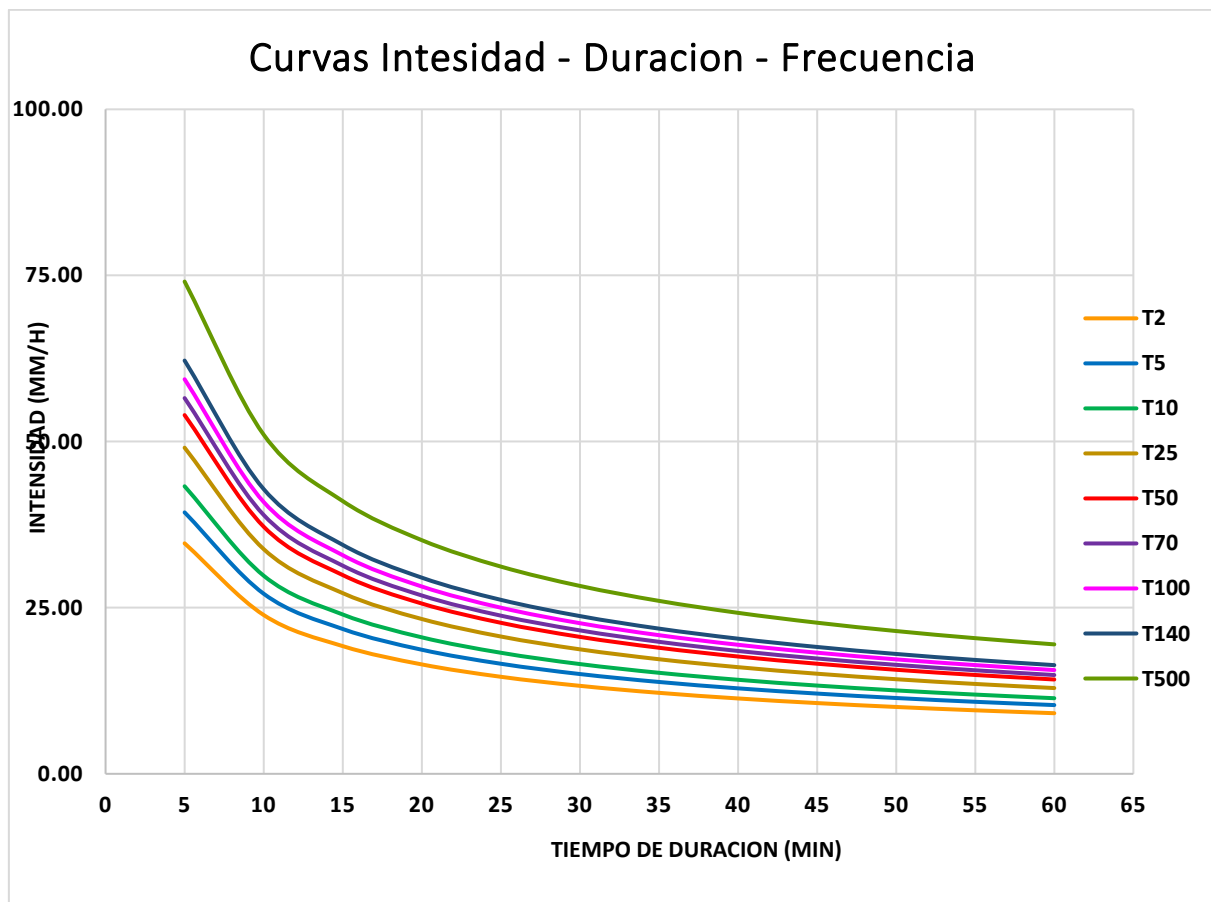
Tabla 44

Intensidad y tiempo de duración

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia	Duración en minutos											
	años	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
2	34.69	23.90	19.22	16.46	14.60	13.24	12.19	11.34	10.65	10.06	9.56	9.12
5	39.34	27.11	21.80	18.67	16.56	15.02	13.82	12.87	12.08	11.41	10.84	10.35
10	43.27	29.81	23.98	20.54	18.22	16.52	15.20	14.15	13.28	12.55	11.93	11.38
25	49.08	33.81	27.19	23.30	20.66	18.73	17.24	16.05	15.07	14.24	13.53	12.91
50	53.99	37.19	29.91	25.63	22.73	20.61	18.97	17.65	16.57	15.66	14.88	14.20
70	56.54	38.95	31.33	26.84	23.80	21.58	19.87	18.49	17.36	16.40	15.58	14.87
100	59.38	40.91	32.90	28.19	25.00	22.67	20.86	19.42	18.23	17.22	16.36	15.62
140	62.19	42.85	34.46	29.52	26.18	23.74	21.85	20.34	19.09	18.04	17.14	16.36
500	74.08	51.04	41.04	35.16	31.19	28.28	26.03	24.23	22.74	21.49	20.41	19.48

Tabla 45

Curvas de intensidad, duración y frecuencia





4.1.2 Determinación de las avenidas máximas en diferentes periodos de retorno

❖ Cálculo de caudal

$$Q = 0,278 CIAK \quad (29)$$

Donde:

- Q : Descarga máxima de diseño (m³/s)
- C : Coeficiente de escorrentía para el intervalo en el que se produce I.
- I : Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)
- A : Área de la cuenca (Km²)
- K : Coeficiente de Uniformidad

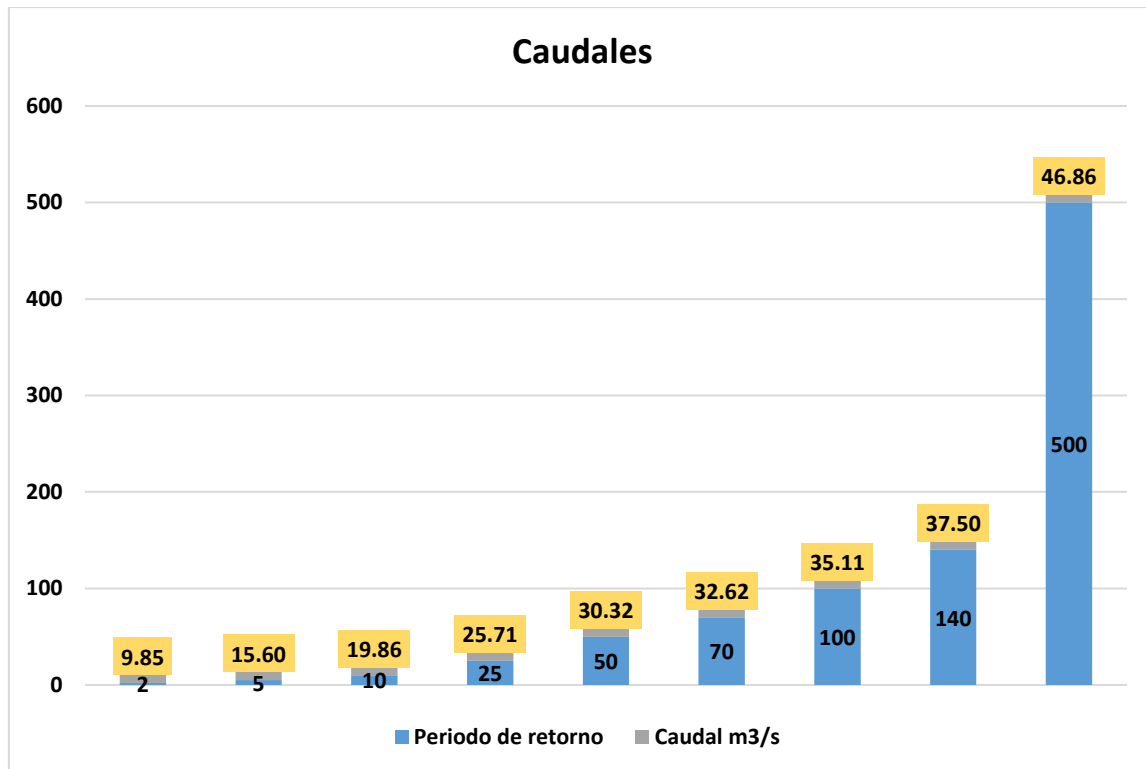
Tabla 46

Caudal en los diferentes periodos de retorno

Periodo de retorno	Precipitación máxima diaria-mm	Caudal m3/s
2	35.9063420	9.85
5	44.0062335	15.60
10	49.3690665	19.86
25	56.1450202	25.71
50	61.1718097	30.32
70	63.5970800	32.62
100	66.1614822	35.11
140	68.5763206	37.50
500	77.6918537	46.86

Figura 18

Caudal en los diferentes periodos de retorno



Se presentan los caudales obtenidos para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 70, 100, 140 y 500 años.

4.1.3 Propuesta de diseño de la estructura de defensas ribereñas

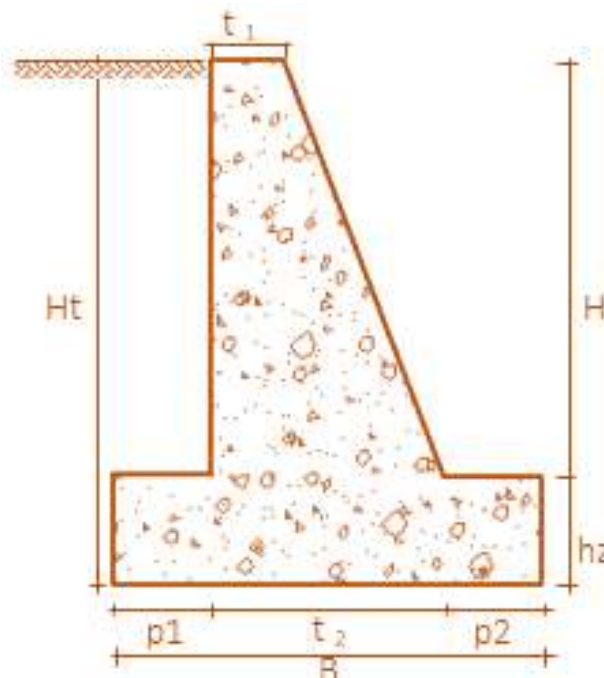
❖ Predimensionamiento de la defensa ribereña

Datos

Altura de pantalla	H : 2.00 m
Sobrecarga	S/C : 1.00 Tn/m ²
Peso específico del terreno	Y : 1.73 Tn/m ³
Ang. fricción interna del terreno	Øs : 30.00°
Cohesión	C : 0.00 Tn/m ²

Figura 19

Diseño de un muro de contención



1. Ancho superior de pantalla: " t1 "

$$t_1 = 0.08 * H \quad t_1 \geq 0.30 \text{ m}$$

Donde:

H : Altura de pantalla

$$t_1 = =0.08*2$$

$$t_1 = =0.17$$

2. Altura de la zapata: " hz "

$$hz = 0.12 * H \text{ a } 0.16 * H$$

Tomaremos:

$$hz = 0.14 * H$$

$$hz =0.280$$

Adoptamos: hz: 0.30m



3. Dimensión del pie del muro: " p1 "

$$p1 = \frac{hz}{2} \text{ a } hz$$

$$P1 = 0.15 \text{ a } 0.30$$

Adoptamos: 0.30m

4. Dimensión del talón del muro: " p2 "

$$p2 = \frac{hz}{2} \text{ a } hz$$

$$P2 = 0.15 \text{ a } 0.30$$

Adoptamos: 0.20m

5. Ancho de la zapata: " B "

$$B = 0.5 * Ht \text{ a } 0.75 * Ht$$

$$B = 0.60 * Ht$$

$$B = 1.38 \text{ m}$$

Adoptamos: 1.40m

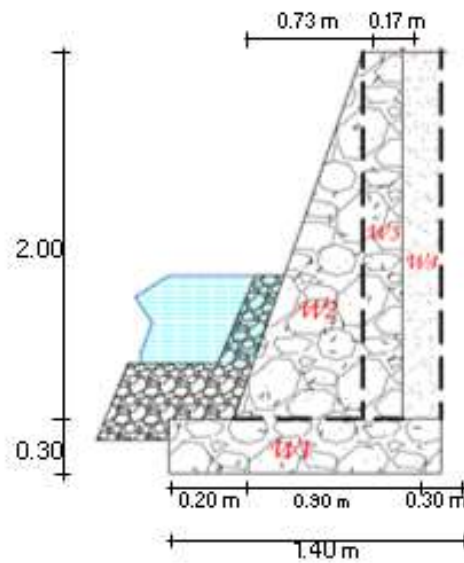
6. Ancho inferior de la pantalla: " t2 "

$$t_2 = B - p_1 - p_2$$

$$T2 = 0.90\text{m}$$

Figura 20

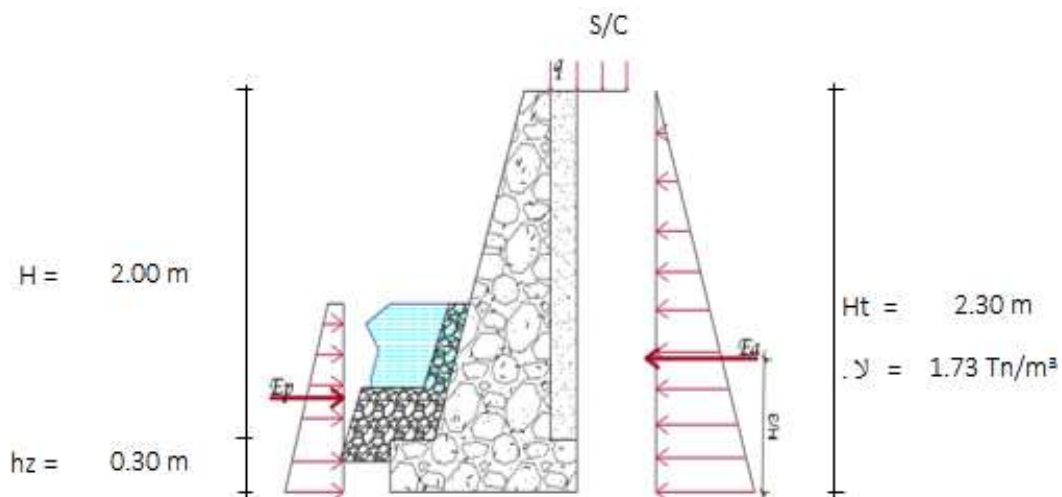
Diseño final de muro de contención



❖ **Cálculo de presiones laterales**

Figura 21

Presiones laterales de la defensa ribereña



- **Coefficiente del empuje activo (Ka):**

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$K_a = 0.33$$



- **Empuje activo (Ea):**

$$Ea = \left(\frac{1}{2} * \gamma * H^2\right) * Ka$$

$$Ea = 1.53 \text{ Tn}$$

- **Punto de aplicación del empuje activo:**

$$Y = \frac{H_t}{3}$$

$$Y = 0.77\text{m}$$

- **Coefficiente del empuje pasivo (Kp):**

$$Kp = \frac{1}{Ka}$$

$$Kp = 3.00$$

- **Empuje pasivo (Ep):**

$$Ep = \left(\frac{1}{2} * \gamma * h_z^2\right) * Kp$$

$$Ep = 0.23 \text{ Tn}$$

- **Punto de aplicación del empuje pasivo:**

$$Y = \frac{H_z}{3}$$

$$Y = 0.10 \text{ m}$$

- **Coefficiente del empuje de reposo (Ko):**

$$Ko = 1 - \sin \phi$$

$$Ko = 1.02$$

- **Empuje de reposo (Eo):**

$$Eo = \left(\frac{1}{2} * \gamma * H\right) * Ko$$

$$Eo = 2.02 \text{ Tn}$$

- **Verificación de la estabilidad del muro**

Tabla 47

Momento resistente

Wi	Pesos-(Tn)	x-(m)	W . x-(Tn-m)
W1	0.970	0.7000	0.68
W2	1.680	0.6870	1.15
W3	0.780	1.0150	0.79
W4	1.040	1.2500	1.30
Σ	4.470	Σ	3.92

- Factor de seguridad contra volteo

$$FS_{\text{volteo}} = \frac{\Sigma M_{\text{resistentes}}}{\Sigma M_{\text{actuantes}}} > 1.5$$

$$FS_{\text{volteo}} = 3.35 \quad \text{OK !, Si cumple}$$

- Factor de seguridad contra deslizamiento

$$FS_{\text{deslizamiento}} = \frac{Fr + Ep}{Et}$$

$$\mu = 0.58$$

$$Fr = W_T * \mu$$

$$Fr = 2.59$$

Por consiguiente:

$$FS_{\text{desliz.}} = 3.04 \quad \text{OK !, Si cumple}$$

Excentricidad de la estructura

$$X_o = (\Sigma Mr - \Sigma Ma) / \Sigma W_i$$

$$X_o = (3.92 - 1.17) / 4.47$$

$$X_o = 0.62 \text{ m}$$

$$B/6 = 0.23 \text{ m}$$

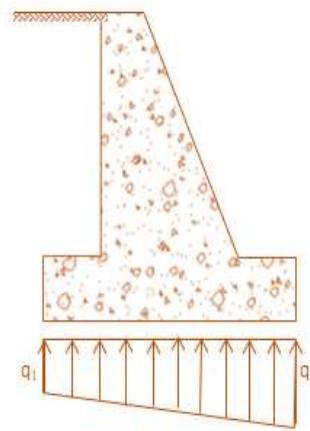
$$e = B/2 - X_0$$

$$e = 1.40 / 2 - 0.62$$

$$e = 0.08 \text{ m} < B/6, \text{ Si cumple}$$

Figura 22

Presión generada en el terreno



Punta $q_1 = \frac{W}{B} \left(1 + \frac{6e}{B} \right) = 4.34 \text{ Tn/m}^2$ $> \sigma_t = 1.60 \text{ Tn/m}^2$
 OK, SI CUMPLE

Talon $q_2 = \frac{W}{B} \left(1 - \frac{6e}{B} \right) = 2.04 \text{ Tn/m}^2$

4.2 Discusión de resultados

En el estudio de (Flores Bermejo, 2021) se implementaron medidas de mitigación para eventos de máximas avenidas en el río de Crucero, en el distrito de Asillo. El objetivo principal fue reducir el impacto de las inundaciones en las áreas circundantes y mejorar la gestión del agua durante eventos extremos. Los resultados del estudio se enfocaron en la relación Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF), obteniendo las precipitaciones máximas de 24 horas para periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años. Estas precipitaciones fueron



diseñadas para una tormenta de 06 horas, proporcionando una base sólida para la planificación y el diseño de infraestructuras de mitigación. Para el modelamiento hidrológico, se utilizaron datos históricos y herramientas avanzadas de simulación. Se calcularon los caudales máximos para los mismos periodos de retorno mencionados, obteniendo resultados de 39.3, 65.6, 98.7 y 149.2 m³/s, respectivamente. Estos resultados proporcionan información crítica para el diseño de obras hidráulicas y la implementación de estrategias de gestión de riesgos. Los datos obtenidos fueron simulados utilizando el software HEC-HMS, una herramienta reconocida en la ingeniería hidráulica y hidrológica. La simulación permitió visualizar el comportamiento del río bajo diferentes escenarios de tormentas, facilitando la identificación de áreas vulnerables y la evaluación de la efectividad de las medidas de mitigación propuestas.

Como parte de la investigación realizada por Atoche y Alemán (2019), se llevó a cabo una evaluación de caudales máximos con el propósito de diseñar mejoras defensivas ribereñas. Los hallazgos que se produjeron a partir de los modelos hidrológicos en la Cuenca Angostura Cabuyal fueron el resultado de tomar el promedio del método Racional Modificado y la técnica de Creager, que se definieron para cada período de retorno. Se midieron caudales para períodos de retorno que van de doscientos a quinientos años, y se encontró que oscilan entre 227,41 m³/s y 1213,33 m³/s. Con una circunferencia de 79,16 kilómetros y una superficie total de 187,81 kilómetros cuadrados, la cuenca de Angostura Cabuyal se considera una cuenca relativamente modesta. Tiene una longitud de 34 kilómetros en su cauce principal, y cuando se combina con una pendiente del 2%, resulta en un tiempo de concentración de nueve horas. Para obtener este resultado, que especifica la intensidad de las precipitaciones, se utilizó el diagrama de curvas IDF, elaborado a partir del diseño de las precipitaciones máximas en 24 horas para distintos tiempos de retorno. Para generar este resultado se utilizó la distribución de Gumbel, que es la que mejor se ajusta a los datos de la estación de Angostura. Para el caudal máximo de la cuenca de Angostura se consideró un periodo de retorno de cincuenta años, que se calculó en 802,17



m³ por segundo, y la pendiente de la mitad inferior de la cuenca se calculó en 0,5%. Estos valores fueron utilizados como datos base para calcular los parámetros hidráulicos de una defensa ribereña, obteniendo los siguientes resultados: Se estableció un ancho fijo (B) de 106 m, junto con una superficie libre (T) de 114.02 m. El talud tiene una pendiente de 2, mientras que el área húmeda alcanza los 220.57 m². El perímetro mojado es de 114.97 m, y el bordo libre (Bl) se fijó en 0.8 m. La velocidad del flujo es de 3.639 m/s. La profundidad de socavación es de 2.5 m, a la cual, al sumarle el tirante hidráulico de 2 m, resulta en un tirante de socavación total de 4.5 m. Estos parámetros son fundamentales para un diseño adecuado y seguro de las defensas ribereñas en la Cuenca Angostura Cabuyal.

En el estudio (Yarihuamán, 2021), se determinaron las intensidades máximas de precipitación en la cuenca del río Pampas. A través de mapas, se zonificaron dichos resultados, lo cual es útil para el diseño de estructuras hidráulicas en futuros proyectos. La información instantánea fue recopilada y procesada desde las estaciones meteorológicas ubicadas en la cuenca del río Pampas. Gracias a las precipitaciones máximas registradas, se generaron las ecuaciones de las curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia). Las intensidades máximas de precipitación fueron zonificadas considerando diferentes tiempos de retorno y distintos tiempos de concentración.

Se determinaron las curvas IDF, obteniéndose las precipitaciones máximas de 24 horas para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 70, 100, 140 y 500 años. Asimismo, se calculó el caudal para un periodo de retorno de 140 años. El caudal, según el método racional modificado, fue de 37.50 m³/s, mientras que, por el método triangular, fue de 38.32 m³/s. En cuanto al diseño de las defensas ribereñas, se optó por un muro gravitacional con una altura de pantalla de 2 m. La altura de la zapata es de 30 cm, con un pie de muro de 30 cm en el lado derecho y 20 cm en el lado izquierdo. El ancho de la zapata es de 140 cm y el ancho inferior de la pantalla es de 90 cm.



CONCLUSIONES

Primera, se obtuvieron las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) para las precipitaciones máximas de 24 horas, correspondientes a períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 70, 100, 140 y 500 años. Los resultados permiten estimar que las intensidades de precipitación para estos períodos varían entre un intervalo de 9.12 mm/h y 74.08 mm/h.

Segunda, se llevó a cabo un análisis hidrológico minucioso utilizando el método racional modificado para estimar las máximas avenidas en periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 70, 100, 140 y 500 años, lo que permite visualizar distintos escenarios de riesgo y la frecuencia de eventos extremos. Los hallazgos revelaron un incremento progresivo en los caudales máximos conforme se extendía el periodo de retorno, evidenciando una mayor intensidad y volumen de las precipitaciones. Los caudales estimados para los mencionados periodos de retorno fueron respectivamente: 9.85 m³/s, 15.60 m³/s, 19.86 m³/s, 25.71 m³/s, 30.32 m³/s, 32.62 m³/s, 35.11 m³/s, 37.50 m³/s y 46.86 m³/s.

Tercera, se efectuó la edificación de una defensa ribereña por medio de la instalación de un muro de gravedad. El ancho de la parte superior del muro (T1) se precisó en 0.17 metros. Asimismo, la altura de la base o zapata (hz) se fijó en 0.30 metros, diseñada para garantizar una estructura sólida y duradera. El ancho de esta zapata (B) se determinó en 1.40 metros, lo cual facilita una distribución equitativa de la carga y evita cualquier desplazamiento del muro. Concluyendo, la altura total del muro (H) se estableció en 2.00 metros.



RECOMENDACIONES

Primera, considerando la relevancia fundamental de los datos meteorológicos suministrados por el SENAMHI, se recomienda mantener la recopilación y análisis continuo de información relacionada con la intensidad y duración de las precipitaciones, así como la instalación de estaciones adicionales en proximidad a las cuencas. Este estudio es vital para una evaluación exacta de los caudales máximos, lo cual es especialmente crítico para proyectos de infraestructura hidráulica.

Segunda, agrupar las estaciones pluviométricas según su proximidad geográfica para mejorar la correlación entre ellas, dado que las diferencias significativas en ubicación pueden aumentar las discrepancias en los datos obtenidos.

Tercera, llevar a cabo un análisis de los distintos métodos de distribución para seleccionar aquel que más adecuadamente se ajuste a los datos al elaborar las curvas IDF. Esto es crucial dado que las variaciones significativas entre los métodos pueden resultar en errores considerables en su desarrollo.



REFERENCIAS

- Agakpe, M. D., Nyatuame, M., & Ampiaiw, F. (2024). Development of intensity – duration – frequency (IDF) curves using combined rain gauge (RG) and remote sense (TRMM) datasets for Weta Traditional Area in Ghana. *HydroResearch*, 7, 109-121. <https://doi.org/10.1016/j.hydes.2024.01.003>
- Agilan, V., & Umamahesh, N. V. (2016). Is the covariate based non-stationary rainfall IDF curve capable of encompassing future rainfall changes? *Journal of Hydrology*, 541, 1441-1455. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.08.052>
- Baena, G. M. E. B. (2017). *Metodología de la Investigación*. Grupo Editorial Patria.
- Bermeo García, K. A. (2023). *Determinación de caudales máximos usando la curva de Intensidad Duración y Frecuencia en la Cuenca Santiago de Chuco. La Libertad. 2022*. <https://hdl.handle.net/20.500.14414/16123>
- Carvalho, V. S. O., da Cunha, Z. A., Alvarenga, L. A., Beskow, S., de Mello, C. R., Martins, M. A., & de M.M. de Oliveira, C. (2022). Assessment of land use changes in the Verde River basin using two hydrological models. *Journal of South American Earth Sciences*, 118, 103954. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2022.103954>
- Cedeño, J. M., & Cedeño, A. C. (2021). Análisis de regresión para la obtención de las curvas de intensidad, duración y frecuencia de lluvias para la cuenca del río Rocafuerte. *Matemática*, 19(1), Article 1. <http://www.revistas.espol.edu.ec/index.php/matematica/article/view/873>
- Flores Palomino, V. R. (2020). Generación de máximas avenidas en la sub cuenca Torococha empleando métodos hidrológicos, para diseño del puente Torococha, Juliaca, Puno, 2020". *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/57926>
- Gallego, J., Rosado, G., Carvajal, L., & Posada, L. (2024). Análisis hidrológico de caudales máximos en la cuenca alta del río Medellín (Colombia) con condiciones



- estacionarias y no estacionarias. *ResearchGate*.
<https://doi.org/10.25100/iyc.v26i2.12931>
- Girón Ortiz, M. A. (2023). Análisis estadístico de las estaciones pluviométricas de la región Piura. *Universidad Privada Antenor Orrego*.
<https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/11147>
- Lyra, M. J. A., Gomes, H. B., Herdies, D. L., Ramirez, E., Cavalcante, L. C. V., de Freitas, I. G. F., Aravéquia, J. A., Figueroa, S. N., da Silva, M. C. L., Silva, F. D. dos S., Gomes, H. B., Vendrasco, E. P., Calvetti, L., Mantovani, J. A., Pendharkar, J., Coelho, W., de Quadro, M. F. L., Roberti, D. R., & Beneti, C. A. A. (2024). EXTREME PRECIPITATION EVENTS OVER THE EAST COAST OF NORTHEAST BRAZIL: SYNOPTIC STUDY AND MPAS SIMULATION. *Weather and Climate Extremes*, 100711. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2024.100711>
- Maraví Alva, F. P., & Melchor Agosto, L. E. (2020). Análisis comparativo de defensas ribereñas para la mitigación de inundaciones del río Ica. *Repositorio institucional - URP*. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/3827>
- MTC. (2011). *Manual: Hidrología, Hidráulica y Drenaje*.
<https://www.gob.pe/institucion/mtc/normas-legales/4443017-20-2011-mtc-14>
- Neciosup Liza, J. R. (2022). *Estudio de inundación en el distrito de Sandía, provincia de Sandía, departamento de Puno*. <http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/4442>
- Noor, M., Ismail, T., Shahid, S., Asaduzzaman, M., & Dewan, A. (2021). Evaluating intensity-duration-frequency (IDF) curves of satellite-based precipitation datasets in Peninsular Malaysia. *Atmospheric Research*, 248, 105203.
<https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.105203>
- Pang, J., Chen, S., Men, B., & Wang, H. (2024). Causal networks and spatiotemporal patterns of different droughts from the perspective of hydrological cycle—A case study of the Nenjiang River Basin, China. *Ecological Indicators*, 166, 112326.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.112326>



- Pariona Pipa, J. M., & Tovar Oxa, W. J. (2022). Estimación de precipitaciones máximas adaptando el método de regionalización L-Momentos para la Cuenca del Río Chancay—Huaral. *Repositorio Institucional - UTP*.
<http://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/7463>
- Plúa Baque, J. L. (2021). "Curvas IDF mediante el método de Pearson para la cuenca hidrográfica MA-01 del Sur de Manabí, caso Sub-cuenca del río Jipijapa [bachelorThesis, Jipijapa.UNESUM].
<http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2921>
- Ramos Flores, B. E. (2016). *Proyecto de encauzamiento y defensas ribereñas en el Río Yarabamba sector Villa Yarabamba -Arequipa 2016*.
<https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/5884>
- Robertson, D. M., Perlman, H. A., & Narisimhan, T. N. (2022). Hydrological Cycle and Water Budgets. En T. Mehner & K. Tockner (Eds.), *Encyclopedia of Inland Waters (Second Edition)* (pp. 19-27). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819166-8.00008-6>
- Romero, A. E. L., & Casimiro, W. S. L. (2015). Evaluación de métodos hidrológicos para la completación de datos faltantes de precipitación en estaciones de la cuenta Jetepeque, Perú. *Revista Tecnológica - ESPOL*, 28(3), Article 3.
<https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/400>
- Sacaca Gemio, G. J. (2023). Análisis hidrológico e hidráulico con fines de proponer la construcción defensa ribereña en el río Sandia Puno 2023. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/145044>
- Schlef, K. E., Kunkel, K. E., Brown, C., Demissie, Y., Lettenmaier, D. P., Wagner, A., Wigmosta, M. S., Karl, T. R., Easterling, D. R., Wang, K. J., François, B., & Yan, E. (2023). Incorporating non-stationarity from climate change into rainfall frequency and intensity-duration-frequency (IDF) curves. *Journal of Hydrology*, 616, 128757.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128757>
- Silva, D. F., Simonovic, S. P., Schardong, A., & Goldenfum, J. A. (2021). Assessment of non-stationary IDF curves under a changing climate: Case study of different climatic



- zones in Canada. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 36, 100870.
<https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2021.100870>
- ul Hasson, S., & Böhner, J. (2019). Chapter 11 - Hydrological Cycle Over the Indus Basin at Monsoon Margins: Present and Future. En S. I. Khan & T. E. Adams (Eds.), *Indus River Basin* (pp. 245-264). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812782-7.00012-6>
- Vázquez Rodríguez, D. A. (2023). *Análisis de tendencias de precipitación en la cuenca Río Bravo – San Juan por medio de productos satelitales de precipitación y estaciones climatológicas* [Masters, Universidad Autónoma de Nuevo León].
<http://eprints.uanl.mx/26176/>
- Vela Poma, A. J. (2023). *Comparación de las curvas intensidad-duración-frecuencia generadas a partir de las estaciones pluviométricas y del producto grillado pisco de precipitación en el departamento de Puno.*
<https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/12672>
- Vilca Velasquez, A. (2022). Determinación de caudales máximos de diseño mediante métodos convencionales probabilísticos en la cuenca del río llave, Puno – 2022. *Repositorio Institucional - UCV.*
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/103184>
- Yarihuamán Tacas, R. (2021). Determinación de las intensidades máximas de precipitación y zonificación de la cuenca del río Pampas. *Repositorio Institucional - UPECEN.*
<http://repositorio.upecen.edu.pe/handle/20.500.14127/294>



ANEXOS



Anexo 1. Matriz de Consistencia

TÍTULO DE TESIS: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS PARA LA MEJORA DE ESTUDIOS HIDROLÓGICOS EN DEFENSAS RIBEREÑAS EN EL DISTRITO DE COASA 2024				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
Problema General: ¿Cómo es el análisis estadístico de estaciones pluviométricas para la mejora de estudios hidrológicos en defensas ribereñas en el distrito de Coasa 2024?	Objetivo General: Analizar de forma estadística las estaciones pluviométricas para la mejora de estudios hidrológicos en defensas ribereñas en el distrito de Coasa 2024.	Hipótesis General: El análisis estadístico de las estaciones pluviométricas para la mejora de estudios hidrológicos en defensas ribereñas en el distrito de Coasa 2024, aportará a la optimización de diseños de estructuras de defensas ribereñas.	Variable Independiente: Estaciones pluviométricas	Registros meteorológicos
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas		
¿Cómo son las curvas de intensidad, duración y frecuencia en la cuenca del distrito de Coasa?	Determinar las curvas de intensidad, duración y frecuencia en la cuenca del distrito de Coasa.	Las curvas de intensidad, duración y frecuencia en la cuenca del distrito de Coasa, serán de tendencias altas en épocas de avenidas.	Variable dependiente Estudios Hidrológicos en Defensas Ribereñas	Número y tipo de estructuras diseñadas y construidas
¿Cuáles son las avenidas máximas en diferentes periodos de retorno en la cuenca del distrito de Coasa?	Determinar las avenidas máximas en diferentes periodos de retorno en la cuenca del distrito de Coasa.	Las avenidas máximas en los diferentes periodos de retorno en la cuenca del distrito de Coasa, están por encima del nivel de alto riesgo de inundaciones debido a tu topografía y caudal alto.		
¿Cómo se diseñó la estructura de defensa ribereña utilizando la información estadística de las estaciones pluviométricas del distrito de Coasa?	Proponer el diseño de la estructura de defensas ribereñas según la información estadística de estaciones pluviométricas del distrito de Coasa.	El diseño de estructura de defensas ribereñas según la información estadística de estaciones pluviométricas del distrito de Coasa, serán óptimos para el encausamiento del caudal del río.		



REGISTROS DE PLUVIOMETRÍA

Nombre : Rene Suaña Quispe

Título : Análisis estadístico de estaciones pluviométricas para la mejora de estudios hidrológicos en defensas ribereñas en el distrito de Coasa 2024

Fecha : 2024

AÑO	ESTACIÓN METEOROLÓGICA UPINA											
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1995	15.280	12.300	21.700	14.300	7.100	23.400	0.000	0.300	6.100	27.500	13.200	14.600
1996	42.100	18.100	26.400	15.300	13.100	19.200	0.000	0.000	1.100	17.700	8.500	31.400
1997	14.750	12.800	20.700	13.500	0.000	2.300	0.000	28.100	0.000	13.500	23.200	35.400
1998	38.200	14.800	28.100	12.200	0.000	16.100	0.000	11.500	2.300	34.100	33.300	19.000
1999	25.190	26.300	26.300	14.500	0.000	0.000	0.000	5.700	4.900	12.500	29.600	35.200
2000	17.300	24.300	23.300	10.900	2.000	0.000	0.000	0.000	2.100	12.200	15.200	22.000
2001	20.900	24.300	15.600	12.100	1.300	0.000	3.300	3.600	3.200	5.000	11.100	13.100
2002	36.100	25.100	31.700	17.200	4.100	0.000	0.000	14.100	14.400	8.700	18.700	33.300
2003	16.500	17.500	28.100	20.200	0.000	1.100	0.000	2.100	7.400	18.000	27.900	27.500
2004	24.300	23.100	12.400	26.600	6.800	0.000	1.500	1.000	8.200	23.000	7.500	21.800
2005	18.400	21.100	21.600	3.600	7.600	3.400	6.100	1.600	5.800	17.000	10.800	22.200
2006	52.600	12.700	23.200	8.300	9.100	1.100	2.300	4.500	6.500	11.600	8.600	21.400
2007	22.800	25.400	16.100	19.400	9.200	2.100	5.200	4.600	7.100	14.600	22.500	11.000
2008	23.400	29.500	47.700	17.600	2.500	3.200	0.000	9.300	14.000	14.600	14.400	15.100
2009	22.800	41.600	18.200	10.800	1.000	2.100	2.300	13.100	18.100	4.000	19.600	32.500
2010	17.200	28.800	34.100	11.000	0.000	0.000	0.000	6.800	0.000	24.300	20.300	15.000
2011	35.100	30.900		8.700	0.000	3.200	0.000	1.500	2.400	12.700	22.000	38.800
2012	27.900	19.500		23.800	3.500	0.000	2.600	0.000	7.400	8.700	23.600	24.900
2013	16.300	31.800	8.600	2.900	2.900	1.000	0.000	1.500	0.000	13.700	14.000	36.200
2014	24.300	14.600	25.000	26.600	0.000	0.000	0.000	0.000	4.400	10.500	11.600	20.800
2015	23.472	11.464	36.931	18.367	9.550	2.589	2.589	2.589	2.589	7.345	13.611	10.072
2016	17.700	18.500	24.600	17.700	7.300	5.400	4.200	5.000	7.900	14.100		24.200
2017	27.600	22.600	24.100	17.300	0.000	0.000	0.000	0.000	5.700	9.300	31.000	17.700
2018		31.500	16.100	12.500	2.100	7.300	3.300	3.800		21.400	16.800	26.700
2019	19.300	26.900	17.300	16.000		0.000	1.100	7.900		29.000	26.300	
2020	48.600	15.400	13.700	12.100	4.200	0.000	4.500	4.300	18.200		7.500	26.500
2021	32.800	18.500	33.500	19.200	0.000	0.000	4.200	13.100	10.400	12.500	14.100	25.600
2022	14.600	13.500	21.200	5.200	12.800	0.000	3.100	0.000	8.600	13.800	19.700	10.700
2023	21.300	22.100	19.300	8.800	0.000	8.800	24.700	32.600	4.800	17.800	19.200	15.500
Total	716.77	634.96	635.53	416.67	106.15	102.29	70.99	178.59	173.59	429.15	503.81	648.17
Media	25.60	21.90	23.54	14.37	3.79	3.53	2.45	6.16	6.43	15.33	17.99	23.15
Desv. Est.	10.23	7.30	8.38	6.02	4.18	6.07	4.69	7.99	5.05	7.17	7.32	8.43



REGISTROS DE PLUVIOMETRÍA

Nombre : Rene Suaña Quispe

Título : Análisis estadístico de estaciones pluviométricas para la mejora de estudios hidrológicos en defensas ribereñas en el distrito de Coasa 2024

Fecha : 2024

ESTACIÓN METEOROLOGICA-CRUCERO												
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1995	20.300	33.400	19.000	7.500	6.900	24.400	0.010	4.400	13.400	22.200	16.000	14.700
1996	33.100	21.100	31.100	12.000	18.000	27.100	5.600	4.500	3.900	19.800	8.500	13.000
1997	26.500	15.800	16.100	8.100	0.600	6.700	0.010	23.000	2.600	10.400	12.000	29.400
1998	38.200	7.200	35.500	13.500	3.800	0.500	0.000	10.500	14.500	12.700	23.000	33.600
1999	31.000	35.900	18.600	12.800	0.000	0.000	0.000	4.400	7.936	6.300	17.200	18.300
2000	19.500	18.400	15.900	4.000	1.800	0.000	0.200	0.500	6.200	8.500	22.700	26.000
2001	14.600	11.400	46.600	20.100	13.300	0.000	0.500	3.500	9.500	8.800	11.500	12.600
2002	15.600	15.200	30.400	6.500	1.500	0.000	0.000	9.800	8.600	15.000	28.000	32.400
2003	10.600	37.000	25.000	28.600	0.000	4.500	0.000	1.000	1.500	26.800	14.600	21.000
2004	14.000	19.400	22.600	22.000	7.000	0.000	1.000	5.000	5.000	16.800	8.400	12.600
2005	28.600	18.200	19.000	9.200	3.000	2.100	0.100	17.400	0.200	18.400	14.800	21.000
2006	27.200	16.200	68.000	17.800	10.400	1.800	4.400	5.200	1.400	9.500	13.200	24.400
2007	40.200	34.400	28.600	14.200	7.400	2.700	6.400	8.800	15.800	28.600	14.900	32.800
2008	20.000	15.600	30.000	14.200	4.200	6.800	0.000	7.200	16.000	18.400	13.400	40.500
2009	76.400	49.600	27.000	20.400	3.200	3.200	5.600	13.400	11.800	4.400	21.000	44.000
2010	10.000	19.600	55.600	12.300	0.000	0.000	0.000	14.600	5.000	25.800	19.200	27.400
2011	47.800	21.000	35.400	11.600	0.000	0.200	0.000	0.600	2.200	16.600	22.800	27.000
2012	13.600	14.500	25.700	16.800	5.300	0.000	2.500	0.000	8.000	7.000	17.200	18.000
2013	20.300	23.000	14.400	1.000	1.900	0.000	0.000	0.900	18.600	20.200	21.000	22.200
2014	18.800	16.000	45.000	9.700	0.000	0.000	0.000	0.100	5.800	9.000	17.100	24.000
2015	20.600	17.800	14.000	18.200	2.200	0.000	0.000	0.200	0.800	14.600	8.400	24.000
2016	17.400	17.600	20.400	10.200	9.800	0.200	4.200	0.000	7.800	15.400	9.000	18.600
2017	23.200	36.500	16.000	10.800	0.000	0.000	0.000	4.600	3.400	8.400	9.600	49.200
2018	18.100	27.000	35.000	8.400	24.000	6.400	0.400	8.800	4.800	12.200	11.500	23.800
2019	25.000	31.600	18.200	13.800	1.000	0.000	4.800	9.000	12.600	24.200	14.200	15.400
2020	24.400	22.800	9.400	14.000	2.600	0.600	3.400	4.000	4.400	9.800	26.000	17.200
2021	7.800	16.800	15.400	17.600	1.800	0.400	4.400	3.400	11.400	5.200	11.600	16.600
2022	11.600	19.200	11.000	15.200	12.000	0.000	11.200	0.000	23.800	18.000	19.600	12.600
2023	14.000	28.600	26.000	15.200	0.000	13.400	12.600	3.000	3.200	21.000	3.000	14.000
Total	688.40	660.80	774.90	385.70	141.70	101.00	67.32	167.80	230.14	434.00	449.40	686.30
MEDIA	23.74	22.79	26.72	13.30	4.89	3.48	2.32	5.79	7.94	14.97	15.50	23.67
DESV. EST.	13.87	9.44	13.59	5.67	5.96	6.86	3.38	5.81	5.83	6.78	5.95	9.62



ESCUELA DE POSGRADO MAESTRÍA EN HIDRÁULICA

Validación de instrumento

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN:

JUICIO DE EXPERTOS

I. REFERENCIAS

- a. EXPERTO/NOMBRES : Leonel Suasaco Pelinco
- b. CARGO ACTUAL : Docente Universitario
- c. GRADO ACADÉMICO : Doctor

II: FICHA DE PLUVIOMETRÍA "ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS PARA LA MEJORA DE ESTUDIOS HIDROLÓGICOS EN DEFENSAS RIBEREÑAS EN EL DISTRITO DE COASA 2024"

III. AUTOR DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN:

Bach: RENE SUAÑA QUISPE

IV: ASPECTOS DE VALIDACIÓN

(1=Deficiente; 2= Regular; 3=Buena; 4=Muy Buena; 5= Excelente)

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE	REGULAR	BUENA	MUY BUENA	EXCELENTE
1. CLARIDAD	Está redactado con lenguaje apropiado				X	
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en capacidades observables				X	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado al avance de la ciencia					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica de los ítems y las variables				X	
5. SUFICIENCIA	Valora las dimensiones en cantidad y calidad suficientes					X
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para cumplir los objetivos de la investigación					X
7. CONSISTENCIA	Está basado en aspectos técnicos y científicos					X
8. COHERENCIA	Entre las dimensiones, indicadores e ítems				X	
9. METODOLOGÍA	Responde al propósito de la investigación				X	
10. PERTINENCIA	Es útil y adecuada para la investigación					X

Coefficiente de valorización porcentual, C=Total/50=

V. OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

VI. RESOLUCIÓN DEL EXPERTO

Aprobado (C>75%=0.75)

Desaprobado (C<75%=0.75)

N° DNI	FIRMA DEL EXPERTO	LUGAR Y FECHA
40865558		09-09-2024



ESCUELA DE POSGRADO MAESTRÍA EN HIDRÁULICA

Validación de instrumento

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN:

JUICIO DE EXPERTOS

I. REFERENCIAS

- a. EXPERTO/NOMBRES : MILTHON QUISPE HUANCA
- b. CARGO ACTUAL : DOCENTE
- c. GRADO ACADÉMICO : DOCTOR EN INGENIERÍA AMBIENTAL

II: FICHA DE PLUVIOMETRÍA "ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS PARA LA MEJORA DE ESTUDIOS HIDROLÓGICOS EN DEFENSAS RIBEREÑAS EN EL DISTRITO DE COASA 2024"

III. AUTOR DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN:

Bach: RENE SUAÑA QUISPE

IV: ASPECTOS DE VALIDACIÓN

(1=Deficiente; 2= Regular; 3=Buena; 4=Muy Buena; 5= Excelente)

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE	REGULAR	BUENA	MUY BUENA	EXCELENTE
1. CLARIDAD	Está redactado con lenguaje apropiado				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2. OBJETIVIDAD	Esta expresado en capacidades observables				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado al avance de la ciencia				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica de los ítems y las variables				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5. SUFICIENCIA	Valora las dimensiones en cantidad y calidad suficientes				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para cumplir los objetivos de la investigación				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7. CONSISTENCIA	Está basado en aspectos teóricos y científicos				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8. COHERENCIA	Entre las dimensiones, indicadores e ítems				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9. METODOLOGÍA	Responde al propósito de la investigación				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10. PERTINENCIA	Es útil y adecuado para la investigación				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Coefficiente de valorización porcentual, $C = \text{Total} / 50 =$

V. OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

VI. RESOLUCIÓN DEL EXPERTO

Aprobado ($C > 75\% = 0.75$)

Desaprobado ($C < 75\% = 0.75$)

N° DNI	FIRMA DEL EXPERTO	LUGAR Y FECHA
02424528		18/09/2024



REGISTROS DE PLUVIOMETRÍA

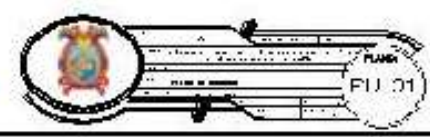
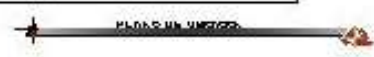
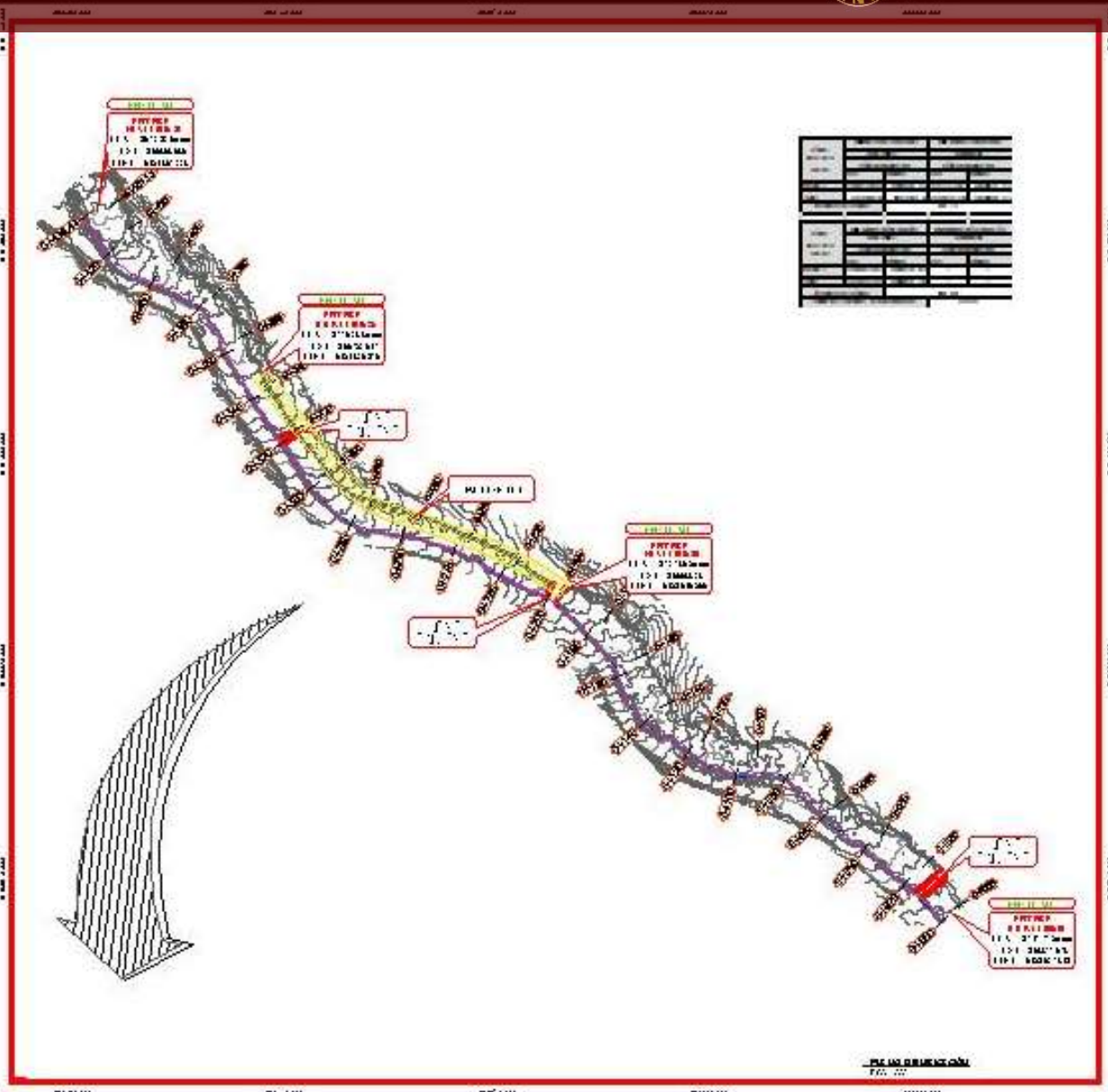
Nombre : Rene Suaña Quispe

Título : Análisis estadístico de estaciones pluviométricas para la mejora de estudios hidrológicos en defensas ribereñas en el distrito de Coasa 2024

Fecha : 2024

ESTACIÓN METEOROLÓGICA												
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1995												
1996												
1997												
1998												
1999												
2000												
2001												
2002												
2003												
2004												
2005												
2006												
2007												
2008												
2009												
2010												
2011												
2012												
2013												
2014												
2015												
2016												
2017												
2018												
2019												
2020												
2021												
2022												
2023												
Total												
Media												
Desv. Est.												





ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 30-01-2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: RENE SUAÑA QUISPE

Dirección: Jr. JULI 582

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 43105580

Teléfono: 951 150 901 email: renesuana.ic@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: ESCUELA DE POSGRADO

Escuela Profesional o Mención: HIDRAÚLICA

Título o Grado Académico a optar: MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL

Asesor: Dr. ARNALDO YANA TORRES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS PARA LA MEJORA DE ESTUDIOS HIDROLÓGICOS EN DEFENSAS RIBEREÑAS EN EL DISTRITO DE COASA 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS, DEFENSAS RIBEREÑAS, MONITOREO CLIMÁTICO Y CURVA DE IDF

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1,2}?

1

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P51


Firma de Autor



huella digital

30-01-2025

Fecha