TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

MENCIÓN: HIDRÁULICA

EMPLEO DE UN MODELO HIDROLÓGICO PARA LA ESTIMACIÓN DE CAUDALES DE LA CUENCA HUANCANÉ DEL DEPARTAMENTO DE PUNO, 2024

TESIS PRESENTADA POR:

WILBER CAJMA MAMANI

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE

MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL

MENCIÓN: HIDRÁULICA

JULIACA – PERÚ

2025

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

MENCIÓN: HIDRÁULICA

EMPLEO DE UN MODELO HIDROLÓGICO PARA LA ESTIMACIÓN DE CAUDALES DE LA CUENCA HUANCANÉ DEL DEPARTAMENTO DE PUNO, 2024

TESIS PRESENTADA POR:

WILBER CAJMA MAMANI

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL

MENCIÓN: HIDRÁULICA

APROBADA POR:

PRESIDENTE DEL JURADO: _____
Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

MIEMBRO DEL JURADO : _____
Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO

MIEMBRO DEL JURADO : _____
Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ASESOR DE TESIS : _____
Dr. ARNALDO YANA TORRES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P51

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA DE POSGRADO

RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 0784-2025-D-EPG-UANCV/J

Juliaca, 16 de diciembre del 2025

VISTOS:
El expediente Nº 2126 presentado por el (la) Bachiller: **WILBER CAJMA MAMANI** quien solicita nominación de jurados, fecha y hora de sustentación de tesis, en la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez".

CONSIDERANDO:
Que, el (a) Bachiller: **WILBER CAJMA MAMANI** con número de **DNI 43105980** con número de matrícula **1710100474** ha solicitado asignación de jurados, Fecha y hora de sustentación de la Tesis Titulada: **EMPLEO DE UN MODELO HIDROLÓGICO PARA LA ESTIMACIÓN DE CAUDALES DE LA CUENCA HUANCANÉ DEL DEPARTAMENTO DE PUNO, 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°1288-2024 -USA-EPG/UANCV SE APRUEBA Y AUTORIZA LA EJECUCION DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACION y con Resolución N°2238-2024-USA-EPG/UANCV, se APRUEBA y AUTORIZA EL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN** (BORRADOR DE TESIS) Titulada: **EMPLEO DE UN MODELO HIDROLÓGICO PARA LA ESTIMACIÓN DE CAUDALES DE LA CUENCA HUANCANÉ DEL DEPARTAMENTO DE PUNO, 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° 000531 de fecha: 02 de diciembre del 2025 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), TITULADO: **EMPLEO DE UN MODELO HIDROLÓGICO PARA LA ESTIMACIÓN DE CAUDALES DE LA CUENCA HUANCANÉ DEL DEPARTAMENTO DE PUNO, 2024** del (la) Bach: **WILBER CAJMA MAMANI,** 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. LEONEL SUASACA PELINCO**
Primer miembro	**: Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO**
Segundo miembro	**: Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA**
Asesor	**: Dr. ARNALDO YANA TORRES**

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

Fecha	**: Lunes, 22 de diciembre del 2025**
Hora	**: 05:00 p.m..**
Lugar	**: Aula N°206 Centro Comercial N° 03 UANCV-JULIACA**

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

Regístrese, comuníquese y archívese.

ESCUELA DE POSGRADO
Dr. Javier Romulo Quispe
DIRECTOR (e)

Jr. Loreto N° 450 - ☎ (051) 329145 - Pag. Web:www.epg@uancv.edu.pe - Juliaca - Perú
OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 02111-2025-USA-EPG/UANCV

Juliaca, 24 de noviembre de 2025

VISTOS:

El Expediente N° 2025-C-7626 de fecha 17 de noviembre de 2025, el (la) Bach. WILBER CAJMA MAMANI, con DNI N° 43105980, código de matrícula N° 1710100474, quien solicita CAMBIO DE ASESOR en la RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 01288-2024-USA-EPG/UANCV y RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 02238-2024-USA-EPG/UANCV del trabajo de investigación titulada: EMPLEO DE UN MODELO HIDROLÓGICO PARA LA ESTIMACIÓN DE CAUDALES DE LA CUENCA HUANCANÉ DEL DEPARTAMENTO DE PUNO, 2024 Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P51, ASESORADO POR EL (A): Dr. SEGUNDO ORTIZ CANSAYA para optar el GRADO de MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL, mención: HIDRÁULICA.

CONSIDERANDO:

Que, con Expediente N° 2025-C-7626 el (la) Bach. WILBER CAJMA MAMANI, con DNI N° 43105980 y código de matrícula N° 1710100474, quien solicita CAMBIO DE ASESOR en la RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 01288-2024-USA-EPG/UANCV y RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 02238-2024-USA-EPG/UANCV del trabajo de investigación titulada: EMPLEO DE UN MODELO HIDROLÓGICO PARA LA ESTIMACIÓN DE CAUDALES DE LA CUENCA HUANCANÉ DEL DEPARTAMENTO DE PUNO, 2024 Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P51, En el que se RECONOCE como asesor al (a) Dr. SEGUNDO ORTIZ CANSAYA, el mismo que se cambia a solicitud del interesado, 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.

Estando, la opinión favorable del Comité 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.

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 Art. 76 del Estatuto Universitario;

SE RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- ACEPTAR EL (A) CAMBIO DE ASESOR en la RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 01288-2024-USA-EPG/UANCV y RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 02238-2024-USA-EPG/UANCV del trabajo de investigación titulada: EMPLEO DE UN MODELO HIDROLÓGICO PARA LA ESTIMACIÓN DE CAUDALES DE LA CUENCA HUANCANÉ DEL DEPARTAMENTO DE PUNO, 2024 en presentado por el (la) Bach. WILBER CAJMA MAMANI, para optar el GRADO de MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL.

ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER, 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. Javier Rómulo Quispe Zapata
DIRECTOR (e)

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 02238-2024-USA-EPG/UANCV

Juliaca, 12 de diciembre de 2024

VISTOS:

El Expediente N° **2024-014181** de fecha **25 de noviembre de 2024**, el (la) Bach. **WILBER CAJMA MAMANI**, con DNI N° **43105980**, código de matrícula N° **1710100474**, quien solicita Revisión de Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis); **INFORME N° 001164-2024-UI-EPG-UANCV** y el **Anexo (04 o 05) "Ficha de Opinión del Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis)"** del **06 de diciembre 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°**2024-014181** el (la) Bach. **WILBER CAJMA MAMANI,** solicita la revisión y aprobación del Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis) titulado: **EMPLEO DE UN MODELO HIDROLÓGICO PARA LA ESTIMACIÓN DE CAUDALES DE LA CUENCA HUANCANÉ DEL DEPARTAMENTO DE PUNO, 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. SEGUNDO ORTIZ CANSAYA**; y,

Estando, la opinión favorable del Comité de Investigación, según **INFORME N° 001164-2024-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: **EMPLEO DE UN MODELO HIDROLÓGICO PARA LA ESTIMACIÓN DE CAUDALES DE LA CUENCA HUANCANÉ DEL DEPARTAMENTO DE PUNO, 2024** presentado por el (la) **Bach. WILBER CAJMA MAMANI**, en virtud de los considerandos expuestos.

ARTICULO SEGUNDO.- RATIFICAR, como **ASESOR** al (a) **Dr. SEGUNDO ORTIZ CANSAYA.**

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

Registrese, comuníquese y archívese.

DIRECTOR (e)

DISTRIBUCIÓN:

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 01288-2024-USA-EPG/UANCV

Juliaca, 29 de agosto de 2024

VISTOS:

El Expediente N° **2024-09932** de fecha **12 de agosto de 2024**, el (la) Bach. **WILBER CAJMA MAMANI**, con DNI N° **43105980**, código de matrícula N° **1710100474**, quien solicita Revisión de propuesta de Investigación; **INFORME N° 00391-2024-UI-EPG-UANCV** y el **Anexo (02 o 03) "Ficha de Opinión de la Propuesta de Investigación"** del **26 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° **2024-09932** el (la) Bach. **WILBER CAJMA MAMANI**, solicita la revisión y aprobación de la propuesta de Investigación titulado: **EMPLEO DE UN MODELO HIDROLÓGICO PARA LA ESTIMACIÓN DE CAUDALES DE LA CUENCA HUANCANÉ DEL DEPARTAMENTO DE PUNO, 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 Nº 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 Dr. SEGUNDO ORTIZ CANSAYA**, 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 Nº 004-2019-UANCV-VRAD-OI; y,

Estando, la opinión favorable del Comité de Investigación, según **INFORME N° 00391-2024-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 Nº 0294-2023-UANCV-CU-R, de conformidad a lo que establece la Ley Universitaria Nº 30220, Ley de Creación de la UANCV Nº 23738 y Modificatoria Nº 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: **EMPLEO DE UN MODELO HIDROLÓGICO PARA LA ESTIMACIÓN DE CAUDALES DE LA CUENCA HUANCANÉ DEL DEPARTAMENTO DE PUNO, 2024** presentado por el (la) **Bach. WILBER CAJMA MAMANI**, en virtud de los considerandos expuestos.

ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER, como **ASESOR** al **Dr. SEGUNDO ORTIZ CANSAYA.**

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 Wenceslao Condori Cari
DIRECTOR (e)

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

WILBER CAJMA MAMANI

EMPLEO DE UN MODELO HIDROLÓGICO PARA LA ESTIMACIÓN DE CAUDALES DE LA CUENCA HUANCANÉ DEL ...

TESIS DE MAESTRIAS

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::13016:585293061

Fecha de entrega
1 may 2026, 9:28 GMT-5

Fecha de descarga
1 may 2026, 14:39 GMT-5

Nombre del archivo
T036_43105980_M.docx

Tamaño del archivo
14.4 MB

112 páginas

19.616 palabras

106.996 caracteres

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

19% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

17% Fuentes de Internet
3% Publicaciones
14% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

Metadatos complementarios - UANCV

TITULO	
EMPLEO DE UN MODELO HIDROLÓGICO PARA LA ESTIMACIÓN DE CAUDALES DE LA CUENCA HUANCANÉ DEL DEPARTAMENTODE PUNO, 2024	
Datos de autor	
Nombres y Apellidos	WILBER CAJMA MAMANI
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	43105980
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0007-8162-6396
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	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-6657-665X
Miembro del jurado 1	
Nombres Y Apellidos	BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02406088
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-9858-2464

Miembro del jurado 2	
Nombres Y Apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02306659
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-0268-5061
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	**Dirección**: HUANCANÉ **País**: PERÚ **Departamento:** PUNO **Provincia**: HUANCANÉ **Distrito**: HUANCANÉ -15.20507, -69.76088 https://maps.app.goo.gl/WZE32BGkx2yM8e419 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2024 – 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00 Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA DE POSTGRADO
M.Sc. Julio C. Chucuya Zaga
DIRECTOR
DE INVESTIGACIÓN - EPG.

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo WILBER CAJMA MAMANI, identificado con DNI Nro. 43105980 en mi condición de egresado de:

☐ **Escuela Profesional**

☐ **Programa de Segunda Especialidad,**

☒ **Programa de Maestría o Doctorado**

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL MENCIÓN: HIDRÁULICA,

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

EMPLEO DE UN MODELO HIDROLÓGICO PARA LA ESTIMACIÓN DE CAUDALES DE LA CUENCA HUANCANÉ DEL DEPARTAMENTODE PUNO, 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 suyas 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.

Juliaca 07 de Abril del 2026

FIRMA (ASESOR)

FIRMA (obligatoria)



Huella

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

DEDICATORIA

A Dios.

A mis padres, por acompañarme en cada logro y estar conmigo en cada momento.

A mi familia por ser el soporte que necesito para cumplir mis metas.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

AGRADECIMIENTO

A la Escuela de posgrado, por ayudarme a obtener este grado.

A mi asesor, por el tiempo invertido.

Wilber Cajma Mamani

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA i

AGRADECIMIENTO ii

ÍNDICE DE CONTENIDOS iii

ÍNDICE DE TABLAS vii

ÍNDICE DE FIGURAS viii

ABREVIATURAS x

RESUMEN xi

ABSTRACT xii

INTRODUCCIÓN xiii

CAPÍTULO I

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Exposición de la situación problemática 15

1.2. Formulación del planteamiento del problema 16

1.2.1. Pregunta general 16

1.2.2. Preguntas específicas 16

1.3. Justificación de la investigación 16

1.3.1. Justificación teórica 16

1.3.2. Justificación práctica 17

1.3.3. Justificación metodológica 17

1.4. Objetivos 17

1.4.1. Objetivo general 17

1.4.2. Objetivos específicos 17

1.5. Importancia y alcance de la investigación 18

1.6. Limitaciones y delimitaciones de la investigación 18

1.7. Hipótesis 18

1.7.1. Hipótesis general 18

1.7.2. Hipótesis específicas 19

1.8. Variables e indicadores 19

1.8.1. Conceptualización de variables 19

1.8.2. Operacionalización de las variables 19

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio 21

2.1.1. A nivel internacional 21

2.1.2. A nivel nacional 26

2.2. Bases teóricas 30

2.2.1. Modelo hidrológico 30

2.2.2. Cuenca hidrológica 42

2.3. Marco conceptual 48

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque de la investigación 50

3.2. Método o métodos aplicados en la investigación 50

3.3. Tipo de investigación 50

3.4. Nivel de investigación 51

3.5. Diseño de investigación 51

3.6. Población y muestra 51

3.6.1. Población 51

3.6.2. Muestra 51

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de información 52

3.7.1. Técnicas de la investigación 52

3.7.2. Instrumentos de la investigación 52

3.7.3. Validez y confiabilidad del instrumento de investigación 53

3.7.4. Validación de los instrumentos 53

3.7.5. Confiabilidad de los instrumentos 53

3.8. Diseño de la estrategia para la prueba de hipótesis 53

CAPÍTULO IV

RESULTADO

4.1. Presentación, análisis e interpretación de los datos 54

4.1.1. Precipitación 55

4.1.2. Evapotranspiración 58

4.1.3. Calibración y validación del modelo hidrológico 60

4.2. Proceso de la prueba de hipótesis 70

4.3. Discusión de los resultados 72

CONCLUSIONES 76

RECOMENDACIONES 78

REFERENCIAS 79

ANEXOS 85

Anexo 01. Matriz de consistencia 86

Anexo 02. Resultados de la simulación 88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables 20

Tabla 2 Rango del criterio Nash-Sutcliffe.....35

Tabla 3 Rango del criterio Coeficiente de correlación "r" 36

Tabla 4 Rango del criterio PBIAS 36

Tabla 5 Precipitación de la cuenca Huancané – mes de enero a julio.....56

Tabla 6 Precipitación de la cuenca Huancané – mes de agosto a diciembre 57

Tabla 7 Evapotranspiración de la cuenca Huancané – mes de enero a julio.....58

Tabla 8 Evapotranspiración de la cuenca Huancané – mes de agosto a diciembre 59

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura típica y variables de un modelo hidrológico 31

Figura 2 Comparación de los resultados de caudal simulados por el modelo hidrológico, con respecto a los caudales observados.....32

Figura 3 Ciclo hidrologico. 33

Figura 4 Modelo GR2M 39

Figura 5 Cuenca del sector de estudio 55

Figura 6 Modelo GR2M Mouelhi et al. 2006 60

Figura 7 Calibración del modelo hidrológico en la cuenca Huancané 61

Figura 8 Hidrograma - Calibración del modelo hidrológico en la cuenca Huancané62

Figura 9 Coeficiente de determinación – Calibración 62

Figura 10 Calibración del modelo hidrológico en la cuenca Huancané 63

Figura 11 Coeficiente de determinación – Calibración 63

Figura 12 Coeficiente de correlación r – Calibración.....64

Figura 13 Raíz del error cuadrático medio RMSE – Calibración 64

Figura 14 Porcentaje de sesgo PBIAS – Calibración 65

Figura 15 Validación del modelo hidrológico en la cuenca Huancané 66

Figura 16 Hidrograma - Validación del modelo hidrológico en la cuenca Huancané 67

Figura 17 Coeficiente de determinación – Validación 67

Figura 18 Validación del modelo hidrológico en la cuenca Huancané 68

Figura 19 Coeficiente de determinación – Validación 68

Figura 20 Coeficiente de correlación r – Validación 69

Figura 21 Raíz del error cuadrático medio RMSE – Validación.....69

Figura 22 Porcentaje de sesgo PBIAS – Validación.....70

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

ABREVIATURAS

Senamhi - Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

RESUMEN

La presente investigación tiene el objetivo general de realizar el empleo de un modelo hidrológico para la estimación de caudales de la cuenca Huancané del departamento de Puno. La metodología de la investigación empleada tiene un enfoque cuantitativo, método científico, tipo básico, nivel descriptivo y diseño no – experimental. Los resultados se obtuvieron mediante la recolección de información y datos de precipitación y evapotranspiración del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), considerando un periodo de estudio de 36 años desde enero de 1981 hasta diciembre 2016, los parámetros de eficiencia para evaluar el modelo GR2M en la etapa de calibración se tiene un valor de Nash NSE = 0.785, se tiene un valor de R^2=0.774, se tiene un valor de r=0.8798, se tiene un valor de RMSE=2.596 y se tiene un valor de PBIAS=-1.0355. En la etapa de validación se tiene un valor de Nash NSE = 0.729, se tiene un valor de R^2=0.855, se tiene un valor de r=0.731, se tiene un valor de RMSE=1.552 y se tiene un valor de PBIAS=-1.053. La conclusión de la presente investigación indica que se realizó el empleo de un modelo hidrológico para la estimación de caudales de la cuenca Huancané del departamento de Puno, evaluando el modelo GR2M con los parámetros de eficiencia Nash NCE, r, PBIAS, R^2, RMSE de los caudales simulados, respecto a los caudales observados nos indica que el modelo GR2M es excelente, presenta un buen ajuste además presenta una correlación fuerte y con un sesgo muy bueno lo que indica que es eficiente para la simulación de caudales.

Palabras claves. Modelo hidrológico, GR2M, precipitación, evapotranspiración, caudales

ABSTRACT

The present investigation has the general objective of carrying out the use of a hydrological model for the estimation of flows in the Huancané basin of the department of Puno. The research methodology used has a quantitative approach, scientific method, basic type, descriptive level and non-experimental design. The results were obtained by collecting information and data on precipitation and evapotranspiration from the National Meteorological and Hydrological Service of Peru (SENAMHI), considering a study period of 36 years from January 1981 to December 2016, the efficiency parameters to evaluate. The GR2M model in the calibration stage has a Nash value NSE = 0.785, has a value of R ^ 2 = 0.774, has a value of r = 0.8798, has a value of RMSE = 2.596 and has a value of PBIAS = -1.0355. In the validation stage, the Nash value NSE = 0.729, the R^2 value = 0.855, the r value = 0.731, the RMSE value = 1.552 and the PBIAS value = -1,053 are obtained. The conclusion of this research indicates that a hydrological model was used to estimate the flows of the Huancané basin in the Puno department, evaluating the GR2M model with the Nash efficiency parameters NCE, r, PBIAS, R^2, RMSE of the simulated flows, with respect to the observed flows, indicating that the GR2M model is excellent, presents a good fit and also presents a strong classification with a very good bias, which indicates that it is efficient for simulating flows.

Keywords: Hydrological model, GR2M, precipitation, evapotranspiration, flows

INTRODUCCIÓN

En la presente investigación relacionada con los modelos hidrológicos para la estimación de caudales, está fundamentada en base a información recolectada para un mayor entendimiento del tema de estudio.

Con una amplia gama de aplicaciones, el modelado hidrológico es un excelente instrumento para aumentar la comprensión de los sistemas hídricos del país y ayudar en la toma de decisiones sobre enfoques integrales para la gestión de los recursos hídricos. (Maidment, 1993).

Por tanto, un modelo hidrológico es una descripción física o matemática reducida de un sistema real complicado conocido como prototipo. En matemáticas, una expresión analítica representa el sistema real (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales, 2023).

Para Gidahatari (2014) Los modelos hidrológicos distribuidos basados en procesos físicos son los modelos hidrológicos más importantes y completos. Estos modelos pueden usarse para cuencas con redes de canales intrincadas, diversos usos de la tierra, tipos de suelo y distribuciones de cobertura vegetal, sistemas acuíferos subterráneos complicados, etc., y tienen en cuenta la distribución geográfica de parámetros y ecuaciones.

Los avances actuales en la modelización hidrológica permiten la vinculación con modelos geológicos, radares y datos espaciales satelitales. Se pueden utilizar técnicas distribuidas y basadas en procesos para abordar problemas ambientales como las erosiones de los suelos, las contaminaciones agrícolas y los transportes geoquímicos reactivos.

La cuenca es el área de tierra donde todas las aguas naturales (desde acuíferos, cursos superficiales, glaciares que se derriten y precipitaciones) fluyen hacia un único lugar o punto de descarga, que a menudo es una gran masa de agua como un lago, río u océano. La extensión de las cuencas hidrográficas son áreas territoriales de origen natural que no se ve afectada por fronteras político-administrativas nacionales o internacionales.

Las unidades territoriales más reconocidas para las gestiones integradas de los recursos hídricos es la cuenca, ya sea que se utilice sola o en conjunto con otras unidades. En América Latina y el Caribe, las políticas para usar el territorio de una cuenca como base para las gestiones del agua han evolucionado de manera desigual y con diferentes métodos. Muchos de ellos han intentado implementar técnicas de gestiones del agua a nivel de cuenca desde finales de los años treinta (Díaz et al., 2016).

CAPÍTULO I

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Exposición de la situación problemática

El cambio climático y la variabilidad hidrológica han incrementado la importancia de desarrollar modelos precisos para las estimaciones de caudales en cuencas hidrográficas a nivel mundial. Las proyecciones de eventos extremos como inundaciones y sequías dependerían en gran medida de las precisiones de estos modelos. Sin embargo, muchas cuencas, especialmente en regiones en desarrollo, carecen de datos hidrometeorológicos detallados y de modelos calibrados y validados.

En el Perú, la gestión de los recursos hídricos es un desafío significativo debido a la geografía diversa y las variaciones climáticas extremas que caracterizan al país. Las cuencas hidrográficas de la región andina, como la cuenca Huancané en el departamento de Puno, son particularmente vulnerables a estos cambios. La falta de datos y la capacidad técnica limitada han sido obstáculos significativos en la estimación precisa de caudales, lo que afecta negativamente la planificación y el manejo de recursos hídricos a nivel nacional.

La cuenca Huancané, localizada en el departamento de Puno, enfrenta desafíos específicos vinculados con la disponibilidad y la calidad del agua. La región experimenta variaciones significativas en la precipitación y el caudal de los ríos, lo que dificulta las gestiones sostenibles de los recursos hídricos. Las comunidades locales dependen de estos recursos para la agricultura, el consumo doméstico y otros usos esenciales.

1.2. Formulación del planteamiento del problema

1.2.1. Pregunta general

PG. ¿Cómo realizar el empleo de un modelo hidrológico para la estimación de caudales de la cuenca Huancané del departamento de Puno?

1.2.2. Preguntas específicas

PE1. ¿Cómo determinar los valores de precipitación para emplearlo en el modelo hidrológico para la estimación de caudales de la cuenca Huancané del departamento de Puno?

PE2. ¿Cómo determinar los valores de evapotranspiración para emplearlo en el modelo hidrológico para la estimación de caudales de la cuenca Huancané del departamento de Puno?

PE3. ¿Cuál es la eficiencia del modelo hidrológico para la estimación de caudales de la cuenca Huancané del departamento de Puno?

1.3. Justificación de la investigación

1.3.1. Justificación teórica

La exploración se justificó en perspectivas teóricas sobre el empleo de un modelo hidrológico para la estimación de caudales en las cuencas Huancané y se

basa en varios conceptos y teorías fundamentales de la hidrología, la climatología y las gestiones de recursos hídricos. Los modelos hidrológicos son herramientas esenciales para entender el ciclo del agua y predecir los caudales en respuesta a diferentes variables climáticas y de uso del suelo.

1.3.2. Justificación práctica

La exploración se justificó en perspectivas prácticas porque la información del estudio puede proveer estimaciones confiables de caudales ayudará a planificar la distribución del agua para uso agrícola, doméstico e industrial, asegurando un uso sostenible y equitativo, proveer una base objetiva para las tomas de decisiones y la resolución de conflictos vinculados con el uso del agua entre comunidades y sectores económicos.

1.3.3. Justificación metodológica

La exploración se justificó en perspectivas metodológicas ya que además de emplear un modelo hidrológico se estructura una metodología para responder a las interrogantes planteadas.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

OG. Realizar el empleo de un modelo hidrológico para la estimación de caudales de la cuenca Huancané del departamento de Puno.

1.4.2. Objetivos específicos

OE1. Determinar los valores de precipitación para emplearlo en el modelo hidrológico para la estimación de caudales de la cuenca Huancané del departamento de Puno.

OE2. Determinar los valores de evapotranspiración para emplearlo en el modelo hidrológico para la estimación de caudales de la cuenca Huancané del departamento de Puno.

OE3. Determinar la eficiencia del modelo hidrológico para la estimación de caudales de la cuenca Huancané del departamento de Puno.

1.5. Importancia y alcance de la investigación

La importancia de esta exploración reside en la necesidad de contar con instrumentos precisos para la planificaciones y gestiones de los recursos hídricos en la cuenca del río Huancané. Al estimar los caudales utilizando un modelo hidrológico, será factible predecir la disponibilidad de agua y mejorar las tomas de decisiones en situaciones de sequía o inundaciones, entre otras cosas.

El alcance de la exploración es regional y nacional debido a que se realiza el estudio de una cuenca que comprende gran parte del departamento de Puno.

1.6. Limitaciones y delimitaciones de la investigación

La presente investigación presento limitaciones al momento de recolectar información de precipitaciones puesto que el SENAMHI aun no publico los datos actuales y de los últimos años.

Las delimitaciones de la exploración radican en la ubicación de la cuenca Huancané del departamento de Puno.

1.7. Hipótesis

1.7.1. Hipótesis general

HG. El empleo de un modelo hidrológico para la estimación de caudales de la cuenca Huancané del departamento de Puno es eficiente.

1.7.2. Hipótesis específicas

HE1. Los valores de precipitación para el modelo hidrológico para la estimación de caudales de la cuenca Huancané del departamento de Puno se encuentran por encima de los 700 mm.

HE2. Los valores de evapotranspiración para el modelo hidrológico para la estimación de caudales de la cuenca Huancané del departamento de Puno se encuentran por encima de los 500 mm.

HE3. La eficiencia del modelo hidrológico para la estimación de caudales de la cuenca Huancané del departamento de Puno es el adecuado.

1.8. Variables e indicadores

1.8.1. Conceptualización de variables

Variable 1

Modelo hidrológico

Variable 2

Cuenca Huancané del departamento de Puno, 2024

1.8.2. Operacionalización de las variables

Se tiene la siguiente tabla:

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable	Dimensiones	Indicadores	Unidad
Modelo hidrológico	Características del modelo hidrológico	• Parámetros del modelo • Validación del modelo • Calibración del modelo	
	Parámetros de eficiencia	• Eficiencia de Nash-Sutcliffe • Coeficiente de calibración • Coeficiente de determinación • Raíz del error cuadrático medio • Porcentaje de sesgo	• NSE • r • R^2 • RMSE • PBIAS
Variable	**Dimensiones**	**Indicadores**	**Unidad**
Cuenca hidrológica	Características de la cuenca	• Ubicación • Area	
	Precipitación	• Precipitación diaria • Precipitación mensual • Precipitación anual	• mm
	Evapotranspiración	• Evapotranspiración diaria • Evapotranspiración mensual • Evapotranspiración anual	• mm

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. A nivel internacional

Cortés (2010) "Evaluación de un modelo hidrológico semidistribuido para la estimación de la escorrentía de deshielo en el río Juncal".

Resumen: La finalidad fue determinar el modelo hidrológico que más se ajusta para estimar los caudales que se generan en la subcuenca del río Bigote (Piura, Perú), tomando en consideración los datos fisiográficos e hidrometeorológicos locales. Para ello se presenta el proceso y metodología para la creación de modelos de precipitación-escorrentía que permitan simular flujos en la subcuenca de estudio. Esto incluye analizar las variables climatológicas de las diez estaciones hidrometeorológicas cercanas al río, realizar análisis adicionales de precipitación a partir del llenado de datos, determinar la precipitación promedio de la zona y ajustar parámetros que permitan su aplicación a los modelos hidrológicos Lutz Scholtz, ABC, GR2m y Témez. Según la aplicación, el modelo GR2m tiene un índice de ajuste modificado más alto (0,87), un coeficiente de correlación muy excelente (0,87) y un índice de eficiencia del 81% en todo el procedimiento de calibración. Durante todo el

procedimiento de validación se observó un muy buen indicador de eficiencias del 88 %, un error cuadrático medio RMSE reducido de 3,9, una relación RMSE-desviación estándar de observaciones (RSR) más baja de 0,38 y un PBIAS bueno de 13,93. Ante esto, se puede decir que el modelo de caudal mensual GR2m es el que mejor se comporta a la hora de crear caudales mensuales en la subcuenca del río Bigote.

Bonini et al. (2019) "Estimación de caudales y sedimentos en la cuenca del río Chaguana, mediante el modelo matemático avswat".

Resumen: La finalidad fue proporcionar herramientas de asistencia para la identificación de sedimentos y flujos en una cuenca hidrográfica, que son cruciales para un proyecto hidráulico. También se eligió este modelo hidrológico porque puede usarse para pronosticar los posibles efectos en la cuenca causados por el desarrollo del suelo y la sedimentación del lecho de un río. Dada la escasez de datos en el país sobre las precipitaciones diarias, los flujos observados y otros parámetros hidrológicos, los hallazgos de esta investigación son muy prometedores en lo que respecta al uso de SWAT. El caso de estudio es la cuenca del río Chaguana, una subcuenca del río Pagua en la parte norte de la provincia de El Oro.

Díaz et al. (2015) "Aplicación de un modelo logístico triparamétrico a la estimación de caudales diarios en la cuenca del río Nam Ngum (Laos)".

Resumen: En este artículo se presenta la calibración de un modelo hidrológico triparamétrico, denominado LEM-3p, basado en la conocida función logística de equilibrio, a la cuenca del río Nam Ngum en Laos y la contrastación de sus resultados con los obtenidos mediante la aplicación del módulo de simulación continua SMA del Hec-Hms. En la cuenca del Nam Ngum se está produciendo en la actualidad un rápido crecimiento de los aprovechamientos hidroeléctricos, lo cual exige un conocimiento

detallado del régimen de caudales en los puntos de toma de las futuras centrales. Esta necesidad choca con la escasa y dispersa disponibilidad de datos hidrometeorológicos en la cuenca, lo que obliga a la utilización de modelos hidrológicos para la estimación de información en aquellos puntos donde se cuenta con registros. El modelo LEM-3p, desarrollado por el IH Cantabria, considera toda la cuenca como un sistema no-divisible, en el que el caudal aumenta y disminuye de acuerdo con la cantidad de precipitación (P) y las condiciones de evapotranspiración (PET). El modelo considera una "capacidad de carga" del sistema hidrológico, que se designa como "caudal de equilibrio" (Qeq), que refleja el flujo máximo de agua posible en una cuenca hidrográfica cuando las variables climáticas P y PET permanece constante durante un período de tiempo suficientemente largo. El otro modelo necesario es una tasa de crecimiento intrínseca del sistema hidrológico, que refleja la rapidez con la que ese equilibrio tiene lugar. Para confirmar la eficacia del modelo LEM-3p en cuencas tan grandes como la del Nam Ngum (aproximadamente 20.000 km2), la metodología empleada en este artículo implica primero calibrar y validar el modelo utilizando datos de las estaciones de medición disponibles. A continuación, se compara el grado de ajuste obtenido con el obtenido aplicando un modelo hidrológico mucho más complejo (y teóricamente más preciso), como es el Hec-Hms. Junto con el SMA como modelo de pérdidas, en el modelado Hec-Hms se han empleado la técnica del hidrograma unitario de Clark para la transformación de flujo de lluvia, el método de yacimiento lineal para la estimación del flujo base y el método de Muskingum para el tránsito del hidrograma. Dado que se basa en menos factores, los hallazgos del análisis proporcionan una buena coincidencia con los datos observados, comparable a los del modelo Hec-Hms SMA. Esto lo convierte en una herramienta extremadamente eficaz para analizar series históricas de precipitaciones.

Vilchis-Mata et al. (2015) en la investigación que lleva por título: "Modelación hidrológica con base en estimaciones de precipitación con sensores hidrometeorológicos".

Resumen: Esta investigación evalúa cómo los datos de precipitación estimada diaria pueden integrarse con sensores hidrometeorológicos, como estaciones meteorológicas automáticas (EMA), radar meteorológico de banda C del Cerro Catedral y sistemas satelitales PERSIANN y CMORPH, dentro de una red distribuida con una resolución espacial de 27 x 27 km2. Un modelo hidrológico de CEQUEAU. El estudio se realizó en la cuenca del río Amacuzac en México entre 2003 y 2009. El desempeño del modelado hidrológico se evaluó utilizando los criterios de eficiencia de Nash-Sutcliffe, enfoques visuales, calibración y validación. Estas estimaciones permitieron la simulación de caudales diarios. Los hallazgos muestran que los valores de los criterios son aceptables en comparación con la precipitación diaria observada y en las simulaciones de flujo. El radar 0.60, PERSIANN 0.81, EMA 0.83 y CMORPH 0.85 obtuvieron valores de Nash promedio interanuales diarios, mientras que el radar 0.90, PERSIANN 0.91, EMAs 0.92 y CMORPH 0.95 obtuvieron promedios interanuales mensuales. Debido a esto, es factible confirmar el valor de combinar estas herramientas tecnológicas para abordar la falta de datos de precipitación mediante la implementación de procedimientos automatizados en tiempo real que faciliten el crecimiento del análisis y la toma de decisiones.

Angulo & Saavedra (2018) en la investigación que lleva por título: "Modelación Hidrológica De La Cuenca Maylanco Utilizando Hec-Hms".

Resumen: En áreas con problemas de abastecimiento y planificación de recursos hídricos, como el área metropolitana del departamento de Cochabamba, la modelización hidrológica de cuencas es esencial. Una de las cuencas más

importantes de la cuenca del río Rocha es la cuenca de Maylanco. Dentro de sus límites se encuentra el municipio de Sacaba, una región urbana de rápido crecimiento. En este trabajo se utilizó el programa HEC-HMS, cuyo objetivo es estimar las tormentas de diseño, es decir, los caudales máximos en un período de tiempo determinado, para modelar la cuenca Maylanco. Se recopilaron datos de la región de investigación, incluidos datos de precipitaciones de 1980 a 2016, modelos de elevación digitales, ubicaciones de estaciones pluviométricas y mapas temáticos de áreas específicas. Para recopilar más información necesaria para el modelado de cuencas, estos datos fueron examinados y categorizados. Para lograr caudales máximos, el esquema se implementó con períodos de retornos de 2, 25, 50, 75 y 100 años. Para comparar los caudales observados con los derivados de la modelización, se hicieron campañas de medición de caudales en ubicaciones predeterminadas. Para encontrar ocurrencias para calibrar el modelo, se seleccionaron estaciones con registros de precipitación recientes y se examinaron datos de precipitación del primer trimestre de 2018. El sitio de calibración fue elegido como la estación hidrométrica "El Abra", la cual toma allí una lectura del nivel del agua cada quince minutos. Al comparar el volumen en metros cúbicos generado por la simulación del evento con la cantidad indicada por los datos de medición de nivel y caudal, se encontró una desviación del 9% del caudal esperado. No existe problema con esta disparidad. Con el modelo calibrado, ahora se pueden replicar los hidrogramas de las subcuencas para conocer la variabilidad de las respuestas hidrológicas en la cuenca de Maylanco. Este modelo se puede utilizar para predecir tormentas futuras e identificar zonas de seguridad que deben tenerse en cuenta al crear planes locales de uso del suelo.

2.1.2. A nivel nacional

Buguña (2019) "Aplicación de modelos hidrológicos para la estimación de caudales mensuales en la sub cuenca del río Bigote".

Resumen: La finalidad de la exploración es identificar el modelo hidrológico que mejor se ajuste a los datos de hidrometeorología y fisiografía del área de estudio para estimar los caudales producidos en la subcuenca del río Bigote. La selección y evaluación de datos pluviométricos e hidrométricos de diez estaciones hidrometeorológicas cercanas al área de estudio permitió determinar los parámetros climatológicos de la región, así como las características y parámetros pluviométricos que permiten su aplicación a los modelos hidrológicos Lutz Scholz, ABC, GR2m y Temez. Esto hizo posible calcular los caudales medios mensuales de la subcuenca del río Bigote. Con un índice de eficiencia muy excelente de 81%, un coeficiente de correlación muy bueno de 0,86 y un índice de ajuste modificado máximo de 0,87, el modelo hidrológico GR2m resultó ser el modelo hidrológico más eficaz para la subcuenca del río Bigote. Los resultados de la validación fueron una relación RMSE-desviación estándar de las observaciones (RSR) de 0,38, un error cuadrático medio (RMSE) más bajo de 3,9, un índice de eficiencia muy excelente de 88% y un buen PBIAS de 13,93.

Puelles (2018) "Estudio hidráulico e hidrológico de la Cuenca Alto Perú y el Porvenir en el asentamiento humano Las Mercedes Alto Perú, distrito de la Oroya, provincia de Yauli – Junín para la construcción futura de obras de arte ante amenazas de derrumbes provocado por la crecida del río, mediante el uso de los modelos matemáticos Hec-Hms y Hec-Georas".

Resumen: El objetivo de esta tesis es sugerir formas de disminuir el daño que las inundaciones de los arroyos Alto Perú y El Porvenir han traído a los Asentamientos Humanos Las Mercedes y Norman King, ubicados en la región de La Oroya de la Provincia de Yauli-Junín. Se ha realizado una evaluación hidráulica e hidrológica de los arroyos en cuestión para identificar los remedios en esta región. El estudio hidrológico utiliza el programa HIDROESTA, cuyo autor es el ingeniero Máximo Villón Béjar, para estimar caudales máximos con base en reportes de precipitaciones máximas en un período de 24 horas registrados en estaciones cercanas al sitio, para períodos de retorno de 100, 200 y 500 años. . Además, se caracterizó la cuenca para conocer los caudales máximos incluidos en la investigación hidrológica. Para obtener resultados más precisos, la cuenca se modeló utilizando el software HEC-HMS del Cuerpo del Ejército de EE. UU. Por el contrario, el software HEC-RAS, creado por los mismos desarrolladores que el HEC-HMS, se utilizó para construir el modelado hidráulico de la región y permitir la determinación de los niveles más altos de agua en los arroyos indicados anteriormente. Se realizó un levantamiento topográfico de las secciones transversales del arroyo ya que dicho software las requiere como información. Se realizó un estudio de socavación para examinar la actividad erosiva del agua con el fin de proporcionar remedios en la región de investigación. Para ello se eliminaron fosas y se pudo estimar teóricamente la altura de la socavación. Por último, se evaluaron posibles soluciones, como la construcción de obras de arte, ya sean muros de hormigón o de gaviones. El objetivo es disminuir los daños que causa la crecida de agua en los arroyos, que pueden derivar en pérdidas materiales o humanas.

Palomino (2022) “Estimación de los caudales medios mensuales de la cuenca alta del Huallaga aplicando un modelo hidrológico racional con imágenes satelitales”.

Resumen: Hasta el punto de interés, las estaciones hidrológicas Puente Taruca, el tamaño de la cuenca definida es de 5.558,52 km². Cada mes del submodelo de coeficiente de escorrentía del año se estima utilizando valores de pendiente calculados utilizando un modelo de elevación digital (DEM) de Alos Palsar e índices de cobertura de vegetación y glaciares obtenidos a partir de fotografías satelitales Sentinel 2B. Los datos de precipitación mensual durante un período de 54 años (1965-2018) se interpolaron espacialmente utilizando ponderación de distancia inversa (IDW) para crear el submodelo de precipitación. La precipitación se convierte en escorrentía multiplicando los 648 archivos ráster de precipitaciones, el archivo ráster de escorrentía y una constante de 0,4 para obtener valores en m3. Sumando todos los píxeles de las cuencas considerada se determinan los caudales en m3/s para cada mes durante un período de 54 años. Los modelos hidrológicos fueron calibrados en la estación hidrométrica de Puente Taruca utilizando datos de caudal de 1965–1980 y 2014–2018. Los parámetros calibrados han sido las coeficiencias de escorrentía "n" y las coeficiencias derivadas de la regresión lineal X1, X2 y X3. Los períodos de calibración y validación arrojaron coeficientes de eficiencia de Nash Sutcliffe de 0,66 y 0,62, respectivamente, y se consideran un "buen" ajuste a los modelos hidrológicos distribuidos racionales.

Arias et al. (2022) en su exploración: “Aplicación del modelo hidrológico GR4j para la estimación de caudales diarios utilizando conjunto de datos grillados ERA5 en la cuenca del río Zaña hasta la estación hidrométrica Batan”.

Resumen: El objetivo de este estudio es usar los modelos hidrológicos GR4j para simular caudales diarios en una subcuenca del río Zaña delineada desde la estación hidrométrica de Batán. El modelo fue calibrado utilizando datos de caudales que se recogieron diariamente de la estación convencional entre 2015 y 2020. Sin

embargo, para validarlo se recogieron datos de caudales diarios de 2000 a 2015. De igual forma, se utilizó la plataforma Google Earth Engine para extraiga datos promedio de temperatura y precipitación de la recopilación de datos cuadriculados ERA5 del satélite Copernicus de la agencia espacial europea. Se utilizaron la coeficiencia de determinación (R2) y el coeficiente de Nash como criterios de eficiencia en el análisis de resultados. Por último, se concluye que el modelo hidrológico GR4j funciona bien en la predicción de caudales diarios promedio con base en los hallazgos de calibración y validación.

Alvarez (2023) en su exploración "Aplicación del modelo hidrológico SWAT en la cuenca alta del río Rímac para la estimación de caudales y sedimentos medios".

Resumen: La cantidad de agua necesaria para mantener un ecosistema fluvial saludable que pueda proporcionar productos y servicios se conoce como flujo ecológico y ayuda a gestionar los recursos hídricos y preservar los ecosistemas fluviales en relación con las preocupaciones sociales y económicas. Desarrollada en las décadas de 1960 y 1970, la técnica hidrológica fue la primera en ofrecerse como forma de evaluar el caudal ecológico. El flujo ecológico puede estimarse utilizando una variedad de técnicas, incluidos enfoques hidrológicos, hidráulicos, ecohidráulicos y holísticos. Asturiano, curva de permanencia de caudal, ecuatoriano o 5% de la media anual, normatividad de referencia peruana, escocés o tres meses clave, suizo y Tennant-Montana es uno de los siete enfoques hidrológicos revisados en este artículo (76). Estas técnicas hidrológicas proporcionan de forma rápida y asequible un resultado fácilmente interpretable mediante el uso de información histórica de flujo de estaciones hidrométricas. La técnica más popular para determinar el flujo ecológico en cuencas hidrográficas en 25 países es Tennant-Montana (1976), que también es

el segundo enfoque más utilizado en Estados Unidos y Canadá. Cualquier río del territorio peruano podrá ser estudiado mediante estas técnicas.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Modelo hidrológico

Con una amplia gama de aplicaciones, el modelado hidrológico se trata de una herramienta útil para aumentar el conocimiento de los sistemas hídricos del país y ayudar a formular planes integrales de gestión de los recursos hídricos. Contribuye a optimizar la gestión de los recursos hídricos a corto y mediano plazo para los productores y los encargados de la toma de decisiones. (Maidment, 1993).

Por tanto, un modelo hidrológico es una descripción física o matemática reducida de un sistema real complicado conocido como prototipo. En matemáticas, una expresión analítica representa el sistema real (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales, 2023).

Para Gidahatari (2014) Los modelos hidrológicos distribuidos basados en procesos físicos son los modelos hidrológicos más importantes y completos. Estos modelos pueden usarse para cuencas con redes de canales intrincadas, diversos usos de la tierra, tipos de suelo y distribuciones de cobertura vegetal, sistemas acuíferos subterráneos complicados, etc., y tienen en cuenta la distribución geográfica de parámetros y ecuaciones.

Los avances actuales en la modelización hidrológica permiten la vinculación con modelos geológicos, radares y datos espaciales satelitales. Se pueden utilizar técnicas distribuidas y basadas en procesos para abordar problemas ambientales como las erosiones de los suelos, la contaminación agrícola y los transportes geoquímicos reactivos.

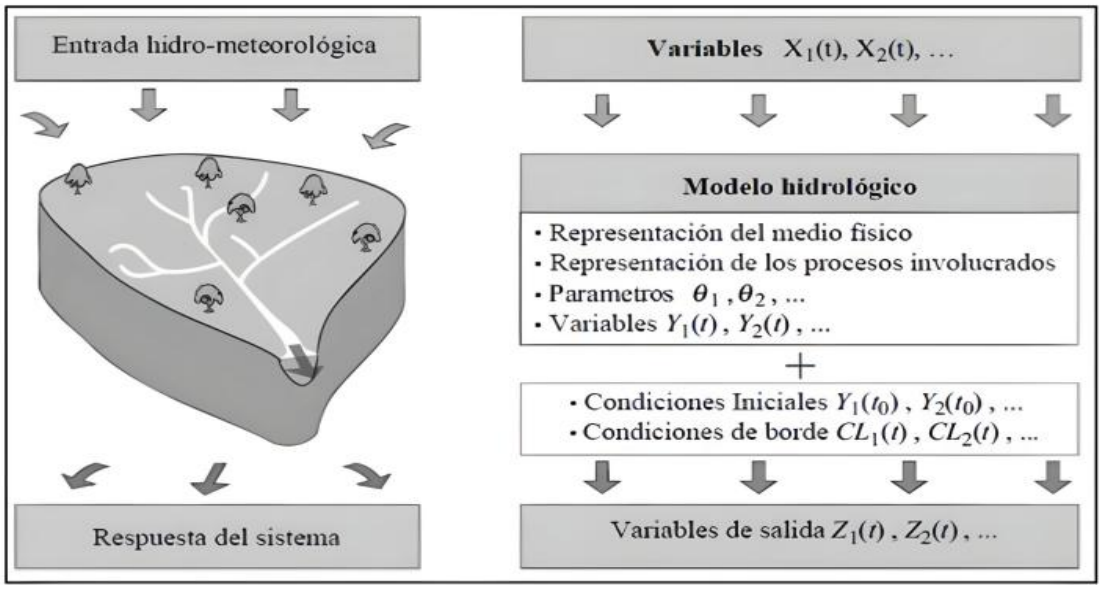
En el proceso de modelación hidrológica se incluyen la concepción del modelo, la calibración con datos observados, las simulaciones de los impactos humanos en el uso de los suelos y los tipos de coberturas, y variables climáticas como sequías, inundaciones y cambio climático.

Los modelos hidrológicos globales tradicionales son suficientes para evaluar el estado de los suministros de agua y pronosticar inundaciones y sequías, pero se necesitan herramientas más sofisticadas para las cuestiones restantes, como la previsión del cambio climático y los efectos humanos. el clima en las respuestas hidrológicas de cuencas.

Para Hingray et al. (2015) los modelos hidrológicos son representaciones matemáticas de una cuenca que ofrece detalles sobre ella mediante un conjunto de parámetros y ecuaciones especiales que permiten simular su funcionamiento o resaltar una característica particular.

Figura 1

Estructura típica y variables de un modelo hidrológico

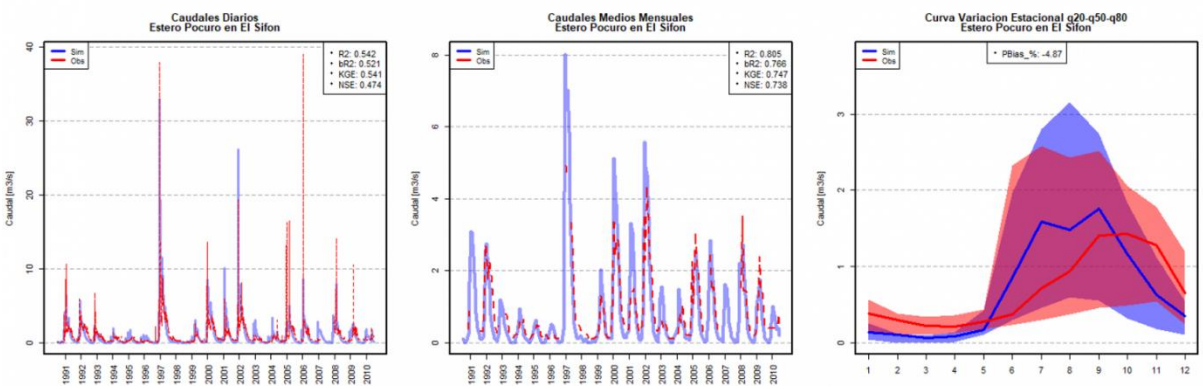


Nota. (Hingray et al., 2015)

Para Regan et al. (2022) un modelo describe los procesos y escalas de fenómenos bajo investigación, en función del propósito de la observación. En una cuenca, los modelos hidrológicos se utilizan para evaluar cómo las fluctuaciones de la lluvia, la nieve y los glaciares impactan su descarga. Esto es vital para las gestiones de los recursos hídricos y la preparación para fenómenos meteorológicos severos. El modelo modifica su enfoque en función de demandas únicas, ofreciendo una imagen de su hidrología y simplificando la toma de decisiones basada en hechos sólidos.

Figura 2

Comparación de los resultados de caudal simulados por el modelo hidrológico, con respecto a los caudales observados



Nota. (Regan et al., 2022)

Al recrear los componentes y procesos de la cuenca, la modelización hidrológica pretende mejorar nuestro conocimiento de su comportamiento. Pronosticar cambios futuros en las variables hidrológicas es posible gracias a la modelación hidrológica, Apoya a los formuladores de políticas y a los productores en la optimización de las gestiones de los recursos hídricos a cortos y medianos plazos. (Centro de Información de Recursos Naturales, 2021).

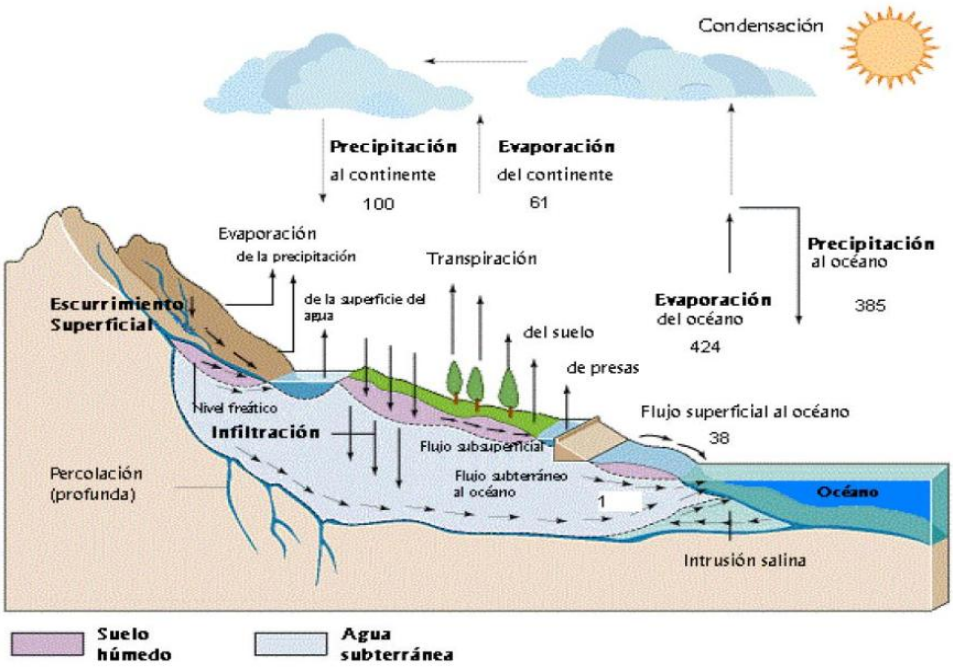
Ciclo hidrológico

Según Chow et al. (1988), el ciclo hidrológico se define como la serie de cambios que sufren el agua en la naturaleza, tanto en su forma (aguas superficiales, subterráneas, etc.) como en su condición (sólida, líquida y gaseosa). No tiene principio ni fin y sus actividades están en curso. Los ciclos hidrológicos son fundamentalmente erráticos y los humanos luchan específicamente contra estas anomalías. Ejemplos de esto incluyen momentos en que se alcanza la cantidad de agua necesaria para diversas actividades, momentos en que hay sequía y momentos en que hay inundaciones (Villón 2004).

Los componentes principales de los ciclos hidrológicos incluyen las escorrentías superficiales, los flujos subterráneos, el flujo subterráneo, la evapotranspiración, la precipitación y la infiltración y percolación (Díaz et al., 2016).

Figura 3

Ciclo hidrológico.



Nota. (Díaz et al., 2016).

2.2.1.1. Características del modelo hidrológico

Para Gidahatari (2014) los modelos hidrológicos distribuidos se pueden utilizar para: Simular la respuesta hidrológica distribuida utilizando datos interpolados espacialmente o precipitaciones registradas de forma remota.

Numerosas estaciones de medición para calibración multiobjetivo.

Incluya información sobre los tipos de suelos y cobertura en la simulación y vincúlela con la curva de recesión del flujo.

La variabilidad geográfica de la respuesta hidrológica también se puede medir utilizando características de la superficie.

2.2.1.2. Parámetros de eficiencia

Al compararlos con datos observables, los parámetros de eficiencia en los modelos hidrológicos son medidas o indicadores que evalúan la eficacia con la que un modelo replica los flujos y otros procesos hídricos en una cuenca. Estas variables ayudan a evaluar la precisión y confiabilidad del modelo al simular el comportamiento real del sistema de agua.

Al comparar las amplitudes relativas de las varianzas residuales de los datos de medición, se determina la eficiencia de Nash Suftcliffe (NSE), una métrica para evaluar el potencial reproductivo del modelo hidrológico (Ocampo, 2012).

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N}(yi - \hat{y}i)^2}{\sum_{i=1}^{N}(yi - y)^2}$$

Donde:

yi Son valores observados,

$\hat{y}i$ Son valores calculados,

$\bar{y}$ Son valores promedios

Tabla 2

Rango del criterio Nash-Sutcliffe

Valor	Ajuste
<0.2 (<20%)	Insuficientes
0.2 (20%) – 0.4 (40%)	Satisfactorios
0.4 (40%) – 0.6 (60%)	Buenos
0.6 (60%) -0.8 (800%)	Muy buenos
> 0.8 (>80%)	Excelentes

Nota. Cabrera (2014)

Un examen estadístico usada para examinarse la conexión entre dos variables evaluadas en un intervalo o nivel de relación es el coeficiente de correlación (r). (Hernández et al., 2010).

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{N}(yi-\bar{y})(\hat{y}i-\bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}(yi-\bar{y})^2}\sqrt{\sum_{i=1}^{N}(\hat{y}i-\bar{y})^2}}$$

Donde:

yi Son valores observados,

$\hat{y}i$ Son valores calculados,

$\bar{y}$ Son valores promedios

Tabla 3

Rango del criterio Coeficiente de correlación "r"

Valor	Correlación
0.00<=x<=0.10	Nulas
0.10<=x<=0.30	Débiles
0.30<=x<=0.50	Moderadas
0.50<=x<=1.00	Fuertes

Nota. Hernández et al. (2018)

El vínculo entre la frecuencia de eventos simulados y los sucesos observados está representado por el índice de frecuencia de sesgo, o Sesgo Relativo (BIAS) (Kim et al., 2015).

$$BIAS = \left[\frac{\sum_{i=1}^{N}(\hat{y}i - yi)}{\sum_{i=1}^{N} yi}\right] * 100$$

Donde:

yi Son valores observados,

$\hat{y}i$ Son valores calculados,

$\bar{y}$ Son valores promedios

Tabla 4

Rango del criterio PBIAS

Valor	Desempeño
PBIAS < ±10	Muy buenos
±10≤PBIAS< ±15	Buenos
±15 ≤PBIAS<±25	Satisfactorios
PBIAS ≥±25	Insatisfactorios

Nota. Moriasi et al. (2007)

Una de las dos métricas de rendimientos principales para un modelo de regresión predictivo es el error cuadrático medio (RMSE), que cuantifica el grado de error entre dos conjuntos de información (Gonzalez, 2018).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{N}(yi - \hat{y}i)^2}$$

Donde:

yi Son valores observados,

$\hat{y}i$ Son valores calculados,

$\bar{y}$ Son valores promedios

Sus posibles valores van de 0 a infinito (positivo). Una coincidencia perfecta se representa con un valor de 0, mientras que un peor ajuste se muestra con valores mayores (Cabrera, 2012).

La coeficiencia de determinación R^2 mide qué tan bien una variable independiente explica la variabilidad en una variable dependiente en modelos de regresiones lineales. Su valor oscila entre 0 y 1.

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N}(\hat{y}i - \bar{y}i)^2}{\sum_{i=1}^{N}(yi - \bar{y}i)^2}$$

Donde:

yi Son valores observados,

$\hat{y}i$ Son valores calculados,

$\bar{y}$ Son valores promedios

El rango de valores de R2 indica que 1 (ajuste o modelo perfecto), entre 0,7 y 0,9 (buen ajuste), entre 0,5 y 0,7 (ajuste aceptable), por debajo de 0,5 (mal ajuste) (Sproles, 2005).

2.2.1.3. Modelo hidrológico GR2M

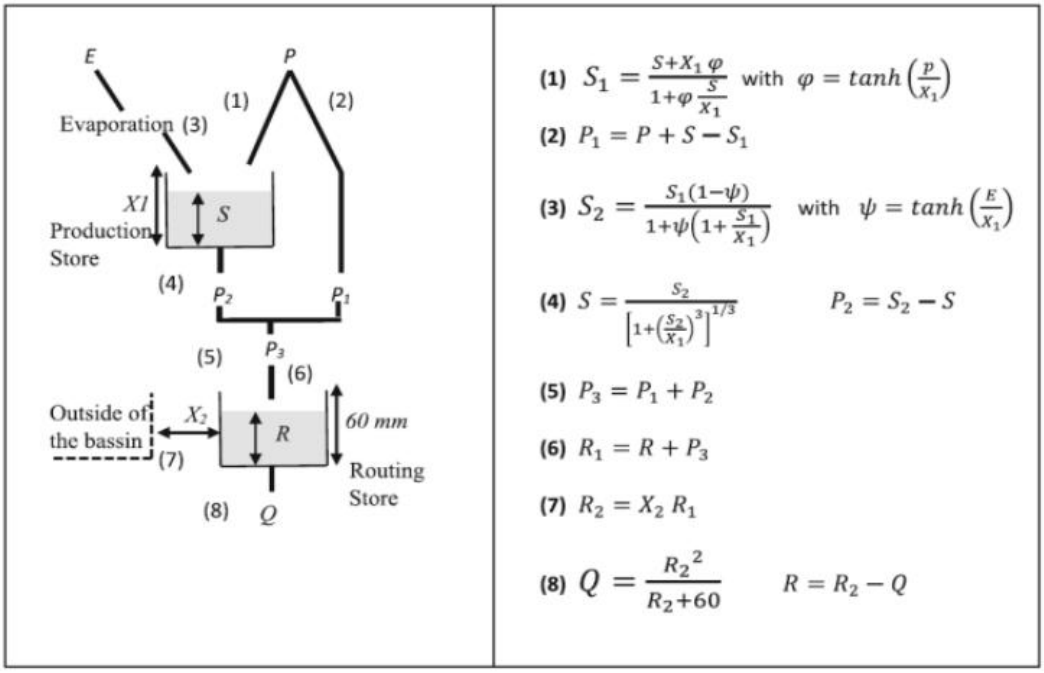
Según el modelo parsimonioso GR2M, creado por Mouelhi et al. (2006), la cuenca se piensa como dos estanques: uno para producción y otro para seguimiento.

La capacidad máxima de los estanques de producción y los intercambios de aguas superficiales-subterráneas de los estanques de seguimientos están determinados por los dos parámetros GR2M, X1 y X2, respectivamente. Los caudales mensuales (Q) en las salidas de las cuencas se producen usando el modelo GR2M usando datos de precipitaciones mensuales (P) y evapotranspiraciones potenciales (E). También se tienen en cuenta las variables de estado de los estanques de producción (S) y seguimiento (R). Se incluyeron factores de correcciones de precipitación (fprecip) y evapotranspiración potencial (fpet) para tener en cuenta la incertidumbre en el forzamiento. (Takahashi et al., 2019)

El modelo agregado GR2M modela los flujos mensualmente. En el modelo se utilizan dos funciones (una función de transferencia, así como una función de producción) para transformar la precipitación en escorrentíae.

Figura 4

Modelo GR2M



Nota. Mouelhi et al. (2006)

Dos reservorios conforman su estructura: el reservorio de agua gravitacional y los reservorios de suelos. En la imagen se muestran junto con la arquitectura de los modelos de principales procesos hidrológicos que producirían escorrentía y que son tenidos en cuenta por el modelo GR2M. Las variables utilizadas en este enfoque son las siguientes: las precipitaciones promedias de las cuencas se denotan por P, las escorrentías superficiales por P1, las evapotranspiraciones por E, las percolaciones profundas por P2, los almacenamientos de los suelos al inicio del período de investigación por S y el almacenamiento en embalses por R. Q el caudal de salida de la cuenca y la cantidad de agua gravitacional al inicio del período de estudio. Las capacidades máximas de almacenamientos de depósitos de suelos es X1, mientras que se supone que la del depósito de gravedad es de 60 mm (Cabrera,2014).

La Figura 9 muestra que el depósito de suelo absorbe parte de la precipitación mientras que el depósito de agua gravitacional recibe otra porción (P1). La siguiente fórmula se utiliza para determinar los nuevos volúmenes de agua en el depósito de suelo (S1).

$$S_1 = \frac{S + X_1\varphi}{1 + \varphi\frac{S}{X_1}}$$

Cuando φ se define de la siguiente forma: X1 es la capacidad del depósito terrestre:

$$\varphi = \tanh\left(\frac{P}{X_1}\right)$$

La cantidad de agua antes de la infiltración debe ser igual a la cantidad después de la infiltración, suponiendo que no haya pérdidas; de este modo:

$$P_1 = P + S - S_1$$

En un segundo caso, la evapotranspiración impactará el depósito del suelo, provocando que su volumen disminuya a S2. Así es como se calcula el nuevo volumen.

$$S_2 = \frac{S_1(1-\psi)}{1+\psi\left(1-\frac{S_1}{X_1}\right)}$$

En la cual: ψ es igual a

$$\psi = \tanh\left(\frac{E}{X_1}\right)$$

El depósito de agua gravitacional recibirá una parte de este nuevo volumen S2, mientras que la parte restante servirá como volumen inicial S para los siguientes períodos de examinación. El valor de S cambiará a:

$$S = \frac{S_2}{\left(1+\left(\frac{S_2}{X_1}\right)^3\right)^{\frac{1}{3}}}$$

La diferencia entre S2 y S se utilizará para determinarse las cantidades de aguas que se filtra en P2.

$$P_2 = S_2 - S$$

La cantidad de agua que se filtra determinará cuánta precipitación llega realmente al depósito de agua gravitacional (P3):

$$P_3 = P_1 + P_2$$

Debido al volumen inicial R del depósito de agua gravitacional, su nuevo volumen será:

$$R_1 = R + P_3$$

Sin embargo, el factor X2 corrige el volumen del yacimiento debido a un intercambio de volumen en el nivel del subsuelo:

$$R_2 = X_2 R_1$$

En última instancia, el flujo de salida se produce vaciando los depósitos de aguas gravitacionales de acuerdo con funciones cuadráticas:

$$Q = \frac{R_2^{\,2}}{R_2 + 60}$$

donde:

$$R = R_2 - Q$$

2.2.2. Cuenca hidrológica

La cuenca es el área de tierra donde todas las aguas naturales (desde acuíferos, cursos superficiales, glaciares que se derriten y precipitaciones) fluyen hacia lugares únicos o puntos de descargas, que a menudo es una gran masa de agua como un lago, río u océano. La extensión de las cuencas hidrográficas es un área territorial de origen natural que no se ve afectada por fronteras político-administrativas nacionales o internacionales.

Las unidades territoriales más reconocidas para las gestiones integradas de los recursos hídricos son las cuencas, ya sea que se use solas o en conjuntos con otras unidades. En América Latina y el Caribe, las políticas para usar los territorios de cuencas como bases para las gestiones del agua han evolucionado de manera desigual y con diferentes métodos. Muchos de ellos han intentado implementar técnicas de gestiones de agua a nivel de cuenca desde finales de los años treinta. (Díaz et al., 2016).

Las cuencas hidrográficas son zonas de las superficies terrestres donde (si fueran impermeables) las gotas de lluvias que caen sobre ellas tienden a ser drenadas por los sistemas de corrientes hacia los mismos puntos de salidas.

En otras palabras, la región funciona como una especie de "embudo", que permitirá que el agua fluya desde los lugares más altos hasta un único lugar por donde sale.

Las líneas ficticias que unen las crestas de las elevaciones del terreno por cuyas laderas fluye el agua para llegar al río principal se conocen como "cuencas". Si el lavabo está cerrado, salir desde el centro del lavabo o desde el propio lavabo. Por tanto, un recipiente cerrado se parece más a una "cuchara" que a un "embudo" (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2020).

Tipos de cuenca hidrográfica

El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (2020) muestra que las cuencas se consideran "abiertas" o "exorreicas" cuando tienen una o más salidas de agua que fluyen hacia caudales mayores, un lago o el océano.

Se categoriza como "cerrado" o "endorreico" si carece de salida, y si la impermeabilidad del suelo lo permite suele convertirse en lago.

Además, existen cuencas subterráneas conocidas como cuencas "criptorreicas", cuyos suelos calizos permiten que las lluvias entre casi instantáneamente y genere corrientes subterráneas.

Las cuencas arreicas son aquellas por donde el agua se canaliza hacia una red de drenaje después de evaporarse o filtrarse a la tierra. Este tipo de corriente se distingue por el hecho de que no desemboca en un río u otros cuerpos hidrográficos importantes.

Una cuenca podría tener una o más subcuencas, así como varias microcuencas, todas las cuales tienen salidas secundarias que eventualmente conducen al canal de salida principal o a una ubicación específica dentro de él.

Un área de más de 50.000 hectáreas se denomina cuenca, de 5.000 a 50.000 hectáreas se denomina subcuenca y menos de 5.000 hectáreas se denomina microcuenca.

Asimismo, la cuenca hidrográfica tiene tres secciones: superior, media e inferior. La cuenca alta, que está limitada en su parte superior por cuencas hidrográficas, equivale a las regiones montañosas o cabeceras de los cerros. Los ríos principales mantienen cursos definidos en la cuenca media, que es también donde se acumula el agua acumulada en las regiones más altas. El río desemboca en marismas, estuarios o ríos más grandes en la cuenca baja.

Estimación de caudales

Las planificaciones de los usos de los recursos hídricos, las planificaciones agrícolas y urbanas y los tamaños de los proyectos de infraestructuras físicas (principalmente los hidráulicos) dependen de una evaluación precisa del flujo de una cuenca.

Es posible identificar modalidades de caudales cuantificables, incluyendo caudales mínimos y máximos, caudales extremos, caudales ecológicos, caudales modulares, caudales promedio diarios, mensuales y anuales. Estas categorías se pueden utilizar para crear gráficos que ilustren sus comportamientos espacios-temporales usando series de curvas, incluida la curva de Rippel, las curvas de duraciones y las curvas de variaciones estacionales, así como series de caudales con diferentes tiempos de retorno (Villon, 2011).

El acto de calcular cuánta agua pasará por un determinado lugar de un río, arroyo u otro cuerpo de agua durante períodos de tiempos específicos se conocen como estimaciones de flujos. La unidad de medida estándar para este caudal de agua es el metro cúbico por segundo (m^3/s). Para variedades de aplicaciones de ingenierías y ciencias ambientales, incluida las gestiones de recursos hídricos, los desarrollos de infraestructura hidráulica, la mitigación de desastres naturales y la conservación ambiental, la estimación del flujo es esencial (Díaz et al., 2016).

2.2.2.1. Características de la cuenca

Los factores físicos, topográficos y climáticos que afectan el comportamiento del flujo de agua y la dinámica de los recursos se conocen como características de las cuencas hidrográficas. La región, el clima, los sistemas de drenajes, las cuencas, los tipos de suelos y las cubiertas vegetales son algunos de los atributos principales.

Dado que la cuenca es el relieve principal de los ciclos hidrológicos que recoge y concentra el suministro de agua procedente de las precipitaciones, se la consideraría las unidades territoriales adecuadas para las gestiones integradas del agua. Además de este estado biológico y físico fundamental, los consumidores y usuarios del agua de la cuenca crean una interdependencia y relación (externalidades) (Díaz et al., 2016).

Una región de tierra donde el agua fluye hacia un lugar común, como un lago, río o arroyo local, se llama cuenca hidrográfica. Desde una perspectiva ecológica, son muy importantes porque preservan la integridad del suelo y la biodiversidad (Gidahatari, 2014).

Cuencas hidrográficas y los manejos holísticos e integrados son compatibles ya que:

- Topográficamente, los límites de las cuencas suelen ser fáciles de identificar.

- Muchos procesos ambientales importantes suelen estar delimitados por las fronteras de las cuencas hidrográficas.

- Trabajar de forma intuitiva en distintos tamaños es posible gracias a la conexión ordenada y jerárquica entre las subcuencas.

- El público entiende las cuencas hidrográficas, a diferencia de otros conceptos ecológicos.

Díaz et al. (2016) para mejorar las gestiones integradas del agua, también señala que existe un entusiasmo generalizado por establecer y gestionar organismos de cuenca, a pesar de los desafíos actuales. Dado que las naciones del área trabajan para cumplir los objetivos de desarrollos sostenibles y gestiones integradas de los recursos hídricos, el tema ha vuelto a recibir atención en los últimos años. Aunque hay mucho desacuerdo sobre este tema, las autoridades y defensores ambientales coinciden en que las cuencas podrían servir como punto de partida para planificar iniciativas de gestión ambiental, especialmente si las instituciones de gestiones del agua ya están establecidas a nivel de cuenca. Esto se debe a que no es apropiado tener ambas tareas bajo una misma autoridad. (Dourojeanni, 2002; citado por Cruz, 2014).

2.2.2.2. Precipitación

Cualquier agua que cae a la tierra desde las nubes en cualquiera de sus fases físicas se denomina precipitación. Dependiendo del clima actual, las precipitaciones pueden tomar muchas formas diferentes. En latitudes medias, por ejemplo, se puede distinguirse entre lloviznas, lluvias, granizos, nieves, rocíos y heladas (Linsley et al. 1990).

Los tipos y las cantidades de precipitaciones dependerían en grandes medidas de la humedad y las condiciones de enfriamiento de la atmósfera. Las precipitaciones pueden ser ciclónicas, convectivas, orográficas, resultado de colisiones de masas de aires o radiaciones.

Sin embargo, una vez que la lluvia cae a los suelos, las alturas de las precipitaciones en un momento dado se dispersan en función de la distribución de las circunstancias presentes en los momentos y lugares donde se produce la precipitación, independientemente del tipo o forma de precipitación.

Una parte es absorbida por las plantas, otra se almacena en la superficie, otra se filtra, aumentando las corrientes subterráneas e inicialmente llenando los suelos, y la última parte fluye superficialmente hacia los canales de drenaje naturales, creando corrientes (Díaz et al., 2016).

2.2.2.3. Evapotranspiración

El proceso de evapotranspiración combina las evaporaciones directas del agua de los suelos con la pérdida de agua basada en la transpiración. Este fenómeno físico requiere una cantidad significativa de energía para que se produzca y depende de las cantidades de aguas a la que tienen accesibilidad las plantas, es equivalente al movimiento del agua de forma líquida a gaseosa en entornos naturales (Del Carmen 2001).

El paso del agua a través y hacia las superficies de los suelos debido a fuerzas capilares y gravitacionales se conoce como infiltración (Aparicio Mijares, F. J. y Mijares 1989).

El agua se mueve a través de un medio de suelo poroso que ha sido empapado con agua mediante un proceso conocido como percolación. Dado que el primer

fenómeno no puede ocurrir hasta que lo haga el segundo, están íntimamente relacionados (Díaz et al., 2016).

2.2.2.4. Temperatura

Puede describirse como la cantidad física que mide el nivel de calor en un espacio. Indica el nivel de agitación de las partículas constituyentes; a mayor agitación, mayor es la temperatura (Picquart & Morales, 2017), y un cambio sustancial en su valor podría identificar circunstancias desfavorables para muchos ecosistemas, sociedades e individuos. (Parada et al., 2017).

Las unidades más utilizadas para medir la temperatura son Kelvin (K), Fahrenheit (°F) y Celsius (°C). Debido a que afecta las reacciones químicas, las condiciones atmosféricas y el control de los ecosistemas, este parámetro es esencial para los procesos tanto naturales como científicos. La temperatura es fundamental para mantenerse la homeostasis en los seres vivos, lo que permite que las funciones biológicas vitales funcionen según lo previsto.

2.3. Marco conceptual

CAUDAL

La caudal es una cantidad de fluido que pasaría por un tramo de tubería en un período de tiempo determinado, según la dinámica de fluidos. Normalmente, está asociado con los flujos volumétricos o volúmenes que fluyen a través de una determinada región en un período de tiempo determinado.

CUENCA

Cualquier región continental con un único sistema de drenaje natural, es decir, un lago endorreico o el mar, se denomina cuenca hidrográfica. A menudo denominada

cuenca hidrográfica, la línea de picos delinea una cuenca hidrográfica.

MODELACIÓN

Replicar ciertas características y conexiones de la cosa bajo investigación en un objeto (modelo) hecho específicamente para un análisis en profundidad se conoce como modelado.

MODELO HIDROLÓGICO

Por tanto, un modelo hidrológico es una descripción física o matemática reducida de un sistema real complicado conocido como prototipo. El sistema real se representa matemáticamente mediante un enunciado analítico.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque de la investigación

Cuantitativo

La medición y generalización de datos son el foco principal de la investigación cuantitativa, a la que se hace referencia como técnica convencional o general (término que se le da a su aplicación) (Bernal, 2010).

3.2. Método o métodos aplicados en la investigación

Método científico

Los métodos científicos son procesos que tienen como finalidad identificar las circunstancias en las que se producen determinados sucesos. A menudo se distingue por ser riguroso, verificable, tentativo y observado empíricamente. (Tamayo, 1999).

3.3. Tipo de investigación

Básico

Aumentar el conocimiento y revelar información útil que beneficie a la sociedad son los objetivos de la investigación básica (Novillo, 2016).

3.4. Nivel de investigación

Descriptivo

Nivel de exploración que da como resultado una descripción de los aspectos más significativos del tema en estudio tal como se encuentran en este momento. (Sánchez et al., 2018).

3.5. Diseño de investigación

No - experimental

La exploración no experimental es una exploración metódica en el que las variables independientes son inherentemente manipulables o ya han sucedido, por lo que el investigador no tiene control sobre ellas (Avila, 2015).

3.6. Población y muestra

3.6.1. Población

Acorde a Borja (2012) los conjuntos de componentes o personas que serán el foco de la exploración se denominaría población o universo desde una perspectiva de ingeniería.

En este estudio, la población serán las cuencas del departamento de Puno.

3.6.2. Muestra

Es una porción del universo o población que será objeto de exploración. Existen métodos para determinarse las cantidades de componentes de la muestra, incluida la lógica y las fórmulas. La población está representada por la muestra (López, 2004).

Por lo tanto, la muestra será la cuenca Huancané del departamento de Puno, 2024

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de información

3.7.1. Técnicas de la investigación

Las metodologías de exploración son colecciones de pautas y prácticas utilizadas para controlar procesos y lograrse metas (Ñaupas et al., 2018).

Observación

Este método implica prestar mucha atención al fenómeno, evento o instancia, recopilar datos y documentarlos para un examen futuro. Algunos componentes claves de todo proceso de exploración es la observación, que el investigador utiliza para recaudar mayores cantidades de información posible (Diaz, 2011).

3.7.2. Instrumentos de la investigación

Los instrumentos suelen servir para una variedad de propósitos, aunque cada uno de ellos suele estar diseñado para un propósito específico. El uso de uno de ellos se hace por razones prácticas más que porque una teoría específica lo requiera, ya que brinda al investigador ciertos beneficios sobre la observación sin equipo (De la Lama Zubirán et al., 2021).

Observación indirecta

La observación indirecta ocurre cuando el conocimiento se obtiene de registros, artículos o testimonios de otras personas. La observación directa ocurre cuando el investigador está físicamente presente en el sitio (Ortega, 2023).

3.7.3. Validez y confiabilidad del instrumento de investigación

3.7.4. Validación de los instrumentos

Los grados en que instrumentos realmente miden las variables que dice medir se conoce como validación. Cada herramienta de medición que se utilice debe cumplir con el requisito más complicado de validación. (Hernández et al., 2010).

3.7.5. Confiabilidad de los instrumentos

Las consistencias y coherencias de las producciones de instrumentos son sus confiabilidades. (Hernández et al., 2014).

3.8. Diseño de la estrategia para la prueba de hipótesis

Declarar la Ha y Ho completa la contracción de hipótesis.

De acuerdo con las acciones a realizarse tenemos: a) Definir la hipótesis bajo comparación. Seleccionar las distribuciones de contraste (b). Se pueden comparar dos parámetros suponiendo que uno es mayor que el otro, que son diferentes o que son iguales. (Montero, 2007).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Presentación, análisis e interpretación de los datos

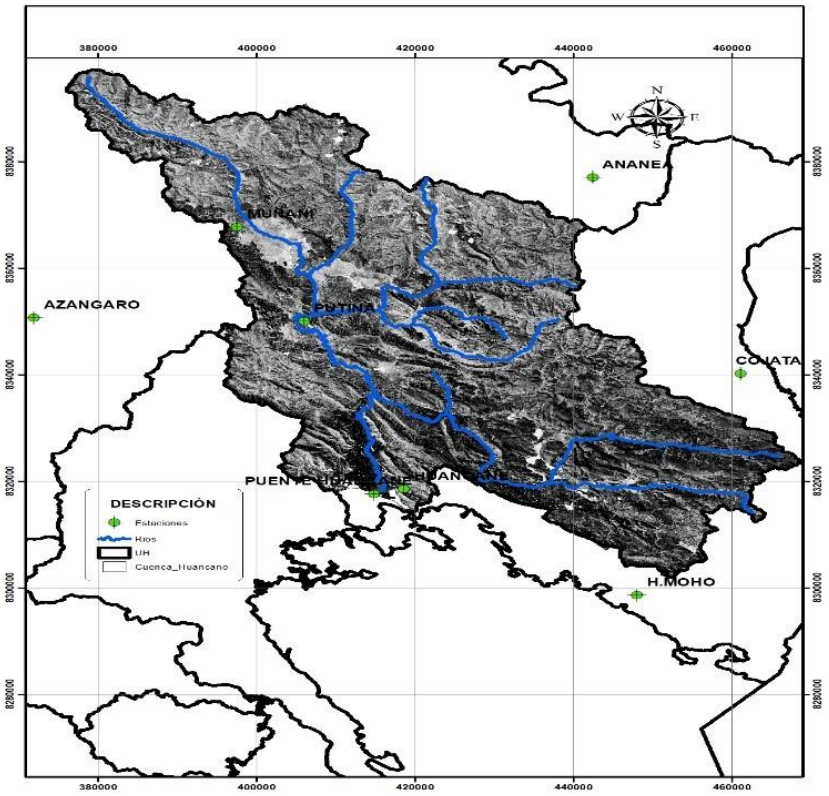
En la presente exploración se empleó de modelos hidrológicos para la estimación de caudales de las cuencas Huancané del departamento de Puno denominado GR2M (Modèle du Génie Rural à paramètres Mensuel -Modelo de simulación de caudales mensuales diseñado para estudios hidrológicos a largo plazo) desarrollado en Francia y pertenece a la familia de modelos GR (Génie Rural), caracterizados por su simplicidad y enfoque empírico.

Situada en la zona de Puno, en el sur de Perú, las cuencas del río Huancané es una importante subcuenca de las cuencas del lago Titicaca. El río Huancané atraviesa varias provincias y es vital para las industrias ganaderas y agrícolas de la región, particularmente en las regiones rurales.

El SENAMHI proporcionó los datos de precipitaciones y evapotranspiraciones.

Figura 5

Cuenca del sector de estudio



Nota. Cuenca Huancané – departamento de Puno

De acuerdo a el Ministerio de Agricultura MIDAGRI - Autoridad Nacional del Agua ANA (2010) las cuencas Huancané tiene un área estimada de 3,631.18 km2, se compone por 9 und hidrográficas de nivel 5 (subcuencas Bajo Huancané, Llache, Medio Bajo Huancané, Tuyto, Medio Huancané, Muñani, Medio Alto Huancané, Pistune y Alto Huancané).

Los datos disponibles en la actualidad, son desde enero de 1981, hasta diciembre de 2016.

4.1.1. Precipitación

Se tiene los siguientes datos:

Tabla 5

Precipitación de la cuenca Huancané – mes de enero a julio

Año/mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
1981	228.77	112.63	99.97	55.70	5.62	3.62	0.64
1982	175.10	70.61	84.43	50.11	1.35	1.30	1.73
1983	102.00	69.58	42.78	42.87	11.46	3.41	3.47
1984	214.66	190.64	107.85	27.98	15.84	13.65	3.40
1985	145.01	119.96	97.50	90.44	25.79	18.83	0.57
1986	140.56	163.51	120.87	84.75	9.82	0.98	5.67
1987	158.47	55.44	57.42	30.26	8.32	5.49	43.88
1988	132.67	82.38	174.46	84.81	40.39	1.21	0.73
1989	151.71	104.82	96.77	52.37	5.50	12.96	1.50
1990	146.05	67.53	46.65	29.61	11.14	75.02	0.58
1991	123.04	105.51	115.85	32.07	18.25	59.01	4.35
1992	131.26	73.46	41.34	15.44	0.57	9.86	5.68
1993	155.46	68.18	91.33	62.67	15.39	4.49	2.09
1994	142.31	124.31	104.50	59.06	14.87	3.31	0.56
1995	98.32	117.11	100.07	10.11	5.43	0.82	2.14
1996	154.93	70.95	77.77	25.24	14.53	0.94	4.18
1997	163.23	117.41	145.36	60.02	7.31	0.91	1.01
1998	113.45	92.07	91.79	30.46	0.52	13.79	0.56
1999	96.21	76.46	157.51	45.56	12.98	2.04	1.62
2000	139.74	110.89	80.16	12.75	9.37	24.85	1.84
2001	199.35	108.29	173.52	29.85	38.54	5.62	8.42
2002	98.06	152.00	128.29	42.84	16.42	2.84	31.29
2003	176.82	116.13	121.08	41.14	8.17	14.94	1.74
2004	183.54	117.29	62.14	39.33	12.17	11.46	7.33
2005	91.63	160.93	58.62	22.68	2.35	0.86	1.12
2006	184.85	51.37	58.37	42.95	2.63	6.62	0.49
2007	110.84	66.22	134.00	58.71	18.96	1.83	2.30
2008	137.95	80.29	68.72	7.17	8.07	3.01	0.77
2009	106.12	93.30	53.59	13.84	6.17	0.89	4.09
2010	162.27	129.55	69.30	23.67	21.30	1.48	1.54
2011	78.19	147.69	80.11	23.65	5.87	2.11	7.29
2012	115.68	144.94	99.04	51.51	4.48	3.22	2.44
2013	124.90	152.10	96.56	30.13	31.07	11.20	10.13
2014	141.33	114.21	68.03	33.61	12.15	1.74	9.00
2015	162.95	107.19	60.94	65.95	12.07	5.20	5.02
2016	79.12	200.71	21.35	47.89	2.09	1.67	13.57
Total	5066.54	3935.67	3288.02	1477.19	436.95	331.17	192.71

Nota. Información de la precipitación en base a los datos de SENAMHI 2024

Tabla 6

Precipitación de la cuenca Huancané – mes de agosto a diciembre

Año/mes	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
1981	28.38	36.72	82.89	57.97	129.10	842.00
1982	8.76	64.64	50.40	116.56	64.67	689.64
1983	1.56	23.00	22.13	35.26	92.89	450.40
1984	22.07	2.20	72.88	156.51	138.10	965.76
1985	3.88	62.74	33.62	165.27	183.84	947.43
1986	17.61	64.80	15.36	75.43	151.39	850.74
1987	10.09	7.80	46.36	102.84	75.08	601.46
1988	1.28	6.93	45.44	11.66	126.37	708.32
1989	19.87	27.94	22.63	45.64	78.48	620.19
1990	11.20	21.01	82.12	93.51	113.49	697.92
1991	1.91	17.99	24.67	55.59	114.83	673.08
1992	71.30	10.21	49.05	63.38	112.02	583.56
1993	16.38	25.38	56.93	116.01	151.27	765.57
1994	1.64	9.35	30.43	64.33	131.08	685.75
1995	0.99	13.77	20.37	77.22	110.40	556.76
1996	7.79	20.37	21.74	91.61	111.16	601.21
1997	20.80	38.97	32.71	103.42	79.61	770.75
1998	1.67	3.32	59.80	84.87	26.71	519.02
1999	0.77	45.52	57.65	42.70	61.27	600.29
2000	17.30	13.76	95.24	15.73	121.52	643.15
2001	10.75	17.91	62.53	64.70	101.79	821.28
2002	8.20	36.77	101.18	83.97	115.79	817.65
2003	12.02	23.11	38.51	41.14	120.11	714.92
2004	24.40	31.38	17.52	67.49	77.90	651.94
2005	4.39	18.68	62.14	66.00	109.39	598.79
2006	6.07	24.20	44.95	73.93	108.86	605.30
2007	0.90	51.12	22.79	71.57	97.99	637.23
2008	1.81	11.28	57.21	46.45	153.72	576.46
2009	0.37	16.29	25.72	91.61	116.24	528.23
2010	1.69	1.37	36.91	15.16	131.91	596.15
2011	5.79	54.38	52.88	34.95	139.12	632.02
2012	2.70	15.35	26.28	47.88	172.84	686.35
2013	11.60	34.48	80.18	44.83	159.82	786.98
2014	17.75	41.51	42.62	28.08	120.55	630.58
2015	14.82	44.44	52.11	63.20	128.79	722.67
2016	8.25	32.68	53.28	47.09	101.12	608.82
Total	396.74	971.37	1699.22	2463.60	4129.19	24388.38

Nota. Información de la precipitación en base a los datos de SENAMHI 2024

4.1.2. Evapotranspiración

Se tiene los siguientes datos:

Tabla 7

Evapotranspiración de la cuenca Huancané – mes de enero a julio

Año/Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
1981	41.87	35.38	37.42	46.35	54.11	64.80	72.84
1982	52.53	40.02	39.31	37.93	43.49	51.52	64.64
1983	69.30	54.68	49.55	44.75	42.50	40.80	54.89
1984	68.87	60.33	60.39	49.37	42.22	39.32	40.39
1985	71.30	64.23	64.25	59.75	53.54	42.40	40.61
1986	76.06	66.11	71.48	69.07	65.89	54.03	50.03
1987	68.72	64.82	73.60	70.44	68.38	65.24	59.79
1988	57.01	60.64	69.96	71.29	71.00	66.63	68.48
1989	45.12	47.29	62.87	66.48	73.01	69.94	74.58
1990	37.55	38.71	46.99	57.63	64.04	65.22	73.86
1991	67.60	57.43	63.16	59.17	50.92	42.18	36.26
1992	63.03	62.04	67.09	61.40	59.94	52.04	40.96
1993	60.59	59.50	70.90	67.08	67.41	60.59	58.45
1994	55.17	57.04	70.93	71.81	74.35	69.68	67.92
1995	45.51	50.79	63.06	67.60	69.31	70.19	68.33
1996	38.95	37.22	48.69	58.92	67.72	64.01	73.58
1997	44.49	33.37	38.99	44.58	52.89	64.65	72.06
1998	53.06	40.34	38.18	35.40	41.77	50.99	62.10
1999	62.00	49.62	48.25	40.07	38.50	37.79	45.77
2000	66.47	59.61	57.80	48.09	40.49	36.64	38.68
2001	70.69	61.23	66.14	57.47	51.84	40.72	35.19
2002	68.99	64.99	69.55	64.24	61.00	52.65	42.81
2003	65.29	61.77	66.90	65.77	65.94	62.22	57.91
2004	53.73	61.32	65.12	67.03	69.97	63.56	63.04
2005	41.44	50.09	60.94	66.51	73.62	75.41	80.21
2006	39.26	38.35	52.08	59.34	67.35	69.28	75.94
2007	41.39	33.40	40.17	45.85	55.47	62.65	66.30
2008	54.49	42.96	40.17	34.55	45.56	53.13	61.48
2009	63.38	52.42	48.14	40.84	39.05	40.69	51.07
2010	71.57	60.75	62.06	50.86	45.87	39.20	39.23
2011	77.19	66.55	69.94	60.76	53.75	42.85	39.26
2012	74.50	68.95	70.59	66.21	65.30	55.08	43.95
2013	68.10	64.34	73.78	68.58	70.24	64.62	60.53
2014	54.06	57.16	68.90	70.59	68.67	67.35	67.14
2015	45.50	45.69	60.24	67.67	71.11	70.65	75.27
2016	38.65	39.35	51.86	59.58	66.21	65.69	71.58
Total	2073.42	1908.49	2109.42	2073.02	2112.47	2034.41	2095.14

Nota. Información de la precipitación en base a los datos de SENAMHI 2024

Tabla 8

Evapotranspiración de la cuenca Huancané – mes de agosto a diciembre

Año/Mes	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
1981	73.77	70.42	72.19	66.38	60.48	696.00
1982	73.96	75.52	76.33	73.62	76.13	704.98
1983	62.81	68.20	72.46	72.19	73.72	705.86
1984	50.21	56.25	65.63	70.78	74.20	677.96
1985	38.29	41.43	54.74	61.62	74.00	666.17
1986	42.07	38.12	42.82	45.38	60.99	682.06
1987	49.93	41.35	41.67	37.81	46.47	688.23
1988	59.50	50.68	43.52	39.84	37.21	695.76
1989	73.57	63.78	56.70	43.96	38.27	715.57
1990	45.57	48.47	63.14	63.29	68.14	672.62
1991	31.90	38.65	51.63	54.96	62.04	615.92
1992	34.25	33.70	35.65	43.30	55.54	608.95
1993	47.32	37.15	36.75	37.77	46.57	650.09
1994	62.55	51.38	44.23	35.47	36.35	696.88
1995	65.40	59.35	55.60	44.17	41.82	701.10
1996	71.66	66.12	65.62	58.04	50.85	701.37
1997	73.95	69.69	73.07	67.48	61.22	696.43
1998	66.33	68.57	72.22	66.88	68.90	664.74
1999	54.51	62.02	66.39	69.30	67.76	641.99
2000	42.30	51.93	62.50	66.83	73.70	645.03
2001	35.08	40.20	52.44	57.58	66.00	634.59
2002	36.83	35.56	40.31	47.07	57.59	641.60
2003	49.95	36.00	34.18	34.87	46.85	647.65
2004	55.50	44.58	38.48	35.98	36.96	655.26
2005	75.44	67.88	60.01	44.80	41.34	737.68
2006	73.24	67.87	64.97	58.25	51.21	717.14
2007	72.47	69.38	70.08	65.60	61.24	684.00
2008	68.16	70.06	71.57	65.76	68.89	676.78
2009	62.70	66.84	74.67	71.75	73.31	684.88
2010	48.85	56.27	67.69	68.56	74.36	685.28
2011	37.71	40.80	50.40	58.41	69.18	666.78
2012	37.42	36.42	40.05	48.18	58.30	664.94
2013	46.99	38.74	36.26	36.68	44.30	673.15
2014	61.97	49.53	39.06	37.01	34.34	675.78
2015	70.81	61.54	56.25	45.37	40.33	710.41
2016	71.02	65.24	61.84	54.75	45.80	691.58
Total	2024.01	1939.68	2011.08	1949.71	2044.38	24375.23

Nota. Información de la precipitación en base a los datos de SENAMHI 2024

4.1.3. Calibración y validación del modelo hidrológico

Debido a la disponibilidad de datos del SENAMHI, los modelos hidrológicos GR2M utilizado en las cuencas de Huancané ha sido calibrado y validado durante un total de 36 años, desde enero de 1981 hasta diciembre. 2016.

Mouelhi et al. (2006) crearon los modelos GR2M, que están basadas en una base de datos de precipitaciones y evapotranspiraciones potenciales.

Figura 6

Modelo GR2M Mouelhi et al. 2006

Modèle pluie-débit mensuel GR2M (version Mouelhi et al., 2006)

(Rq: seules les cellules en jaune sont à modifier, les autres sont issues de calculs; les formules des cellules F41 à AE41 sont à recopier sur les lignes suivantes pour les calculs des pas de temps suivants)

Nom du bassin	La Seine à Paris Austerlitz	
Superficie du bassin (km²)		0
Paramètres modèle	**Transf.**	**Réels**
x1: Capacité rés. production (mm)	0.00	1.00
x2: Paramètre d'échange (mm)	0.00	0.00
Valeurs initiales		
Niveau de remplissage initial S0 (max.: x1 mm)		0.50
Niveau de remplissage initial R0 (max.: 60 mm)		30
Période		
Longueur de la période de mise en route (mois)		12
Durée de la période test (mois)		50
Date de départ		01/1991
Date de fin		03/1995

Nota. (Mouelhi et al., 2006)

4.1.3.1. Calibración del modelo hidrológico

Para las calibraciones de los modelos hidrológicos GR2M se considerarían 2/3 de los periodos de exploración (36 años en total), en este caso fue de 24 años, considerando 1 año de calentamiento, empieza desde enero de 1982 hasta diciembre de 2004.

Figura 7

Calibración del modelo hidrológico en la cuenca Huancané

Nombre de la cuenca	Cuenca Huancané	
Superficie de la cuenca (km²)		**3,631.18**
Parámetros del modelo	**Transf.**	**Real**
x1: Res. salida (mm)	6.14	465.19
x2: Parámetro de intercambio (mm)	0.86	0.86
Valores iniciales		
Nivel de llenado inicial S0 (máx.: x1 mm)		232.60
Nivel de llenado inicial R0 (máx.: 60 mm)		30
Periodo		
Duración del período de puesta en marcha (meses)		12
Duración del período de prueba (meses)		275
Fecha de salida		01/1982
Fecha final		12/2004
Precipitación media observada (mm/mes)		57.7
Promedio de FTE observados (mm/mes)		55.9
Caudales promedio observados (mm/mes)		14.6
Promedio de las raíces de los caudales observados		3.2
Promedio de los flujos logarítmicos observados		2.0
Criterios de eficacia (%)		
Nash(Q)		78.5
Nash(VQ)		81.1
Nash(ln(Q))		75.6
Bilan		103.1

Figura 8

Hidrograma - Calibración del modelo hidrológico en la cuenca Huancané

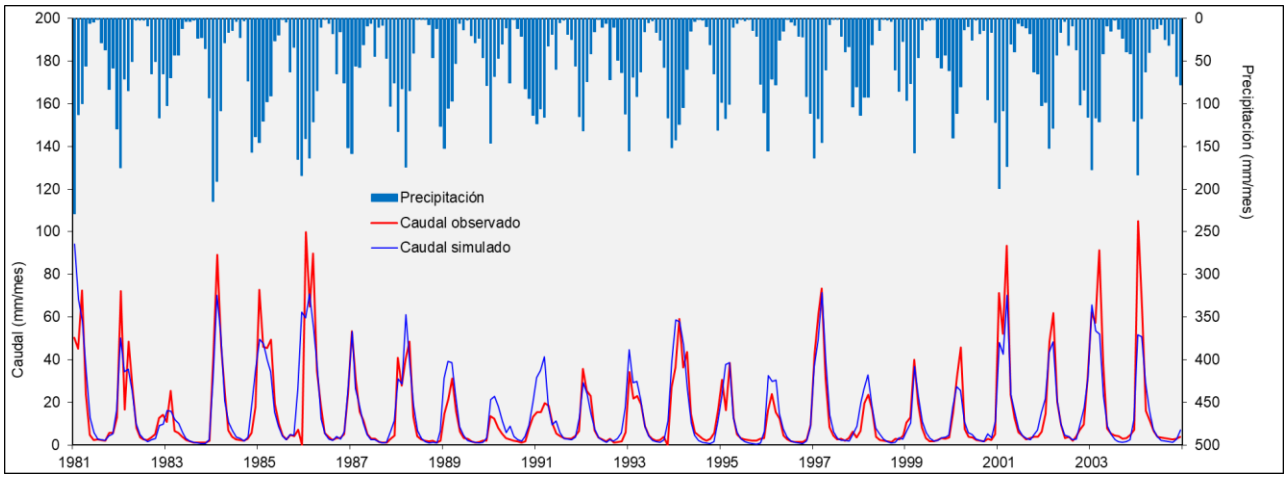


Figura 9

Coeficiente de determinación – Calibración

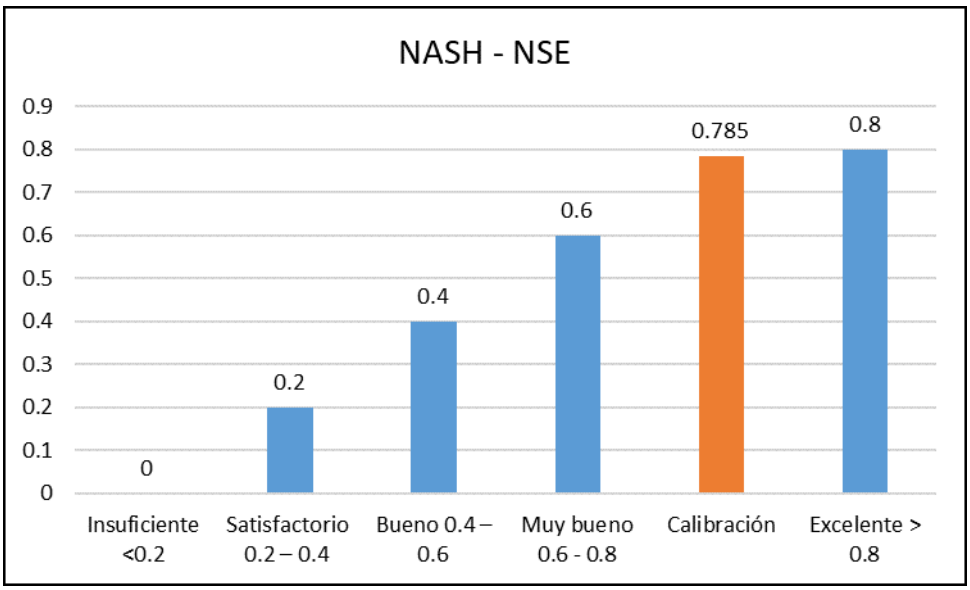


Figura 10

Calibración del modelo hidrológico en la cuenca Huancané

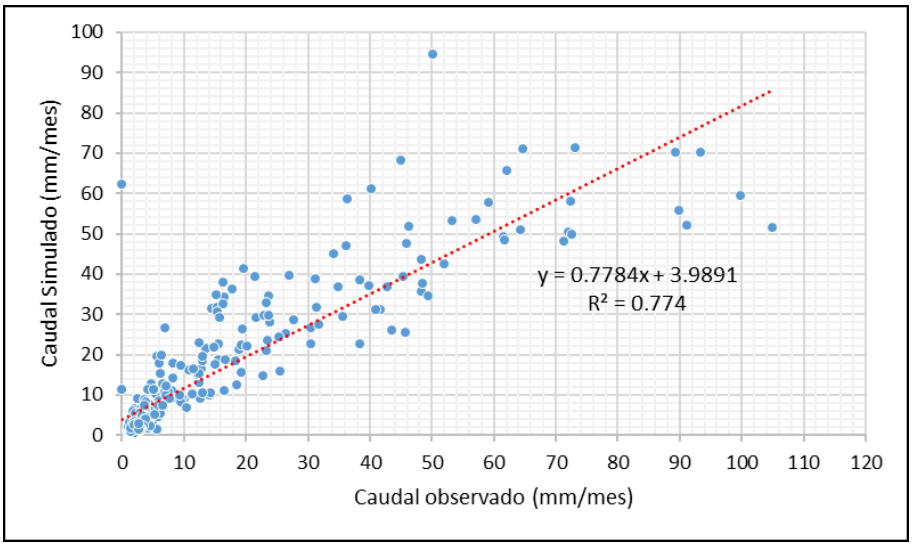


Figura 11

Coeficiente de determinación – Calibración

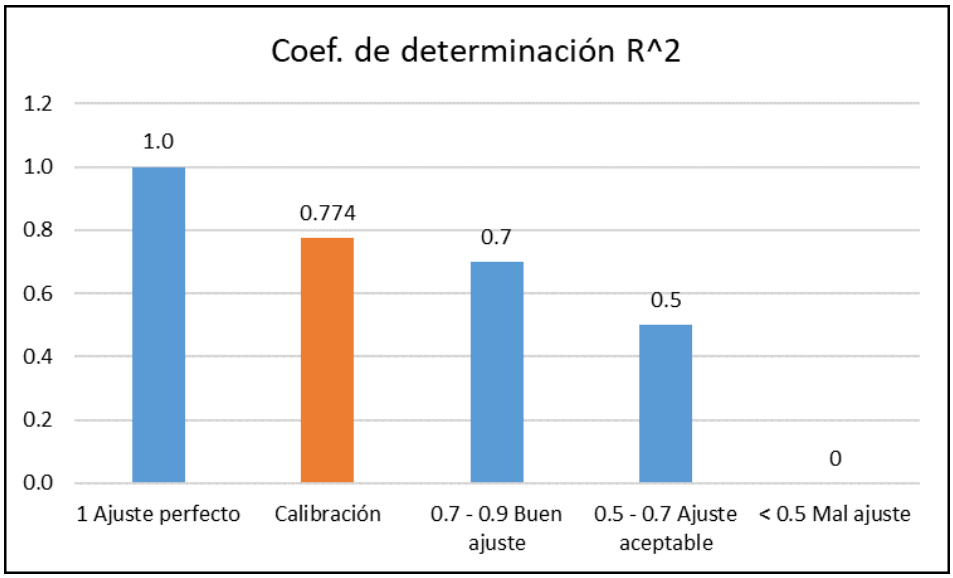


Figura 12

Coeficiente de correlación r – Calibración

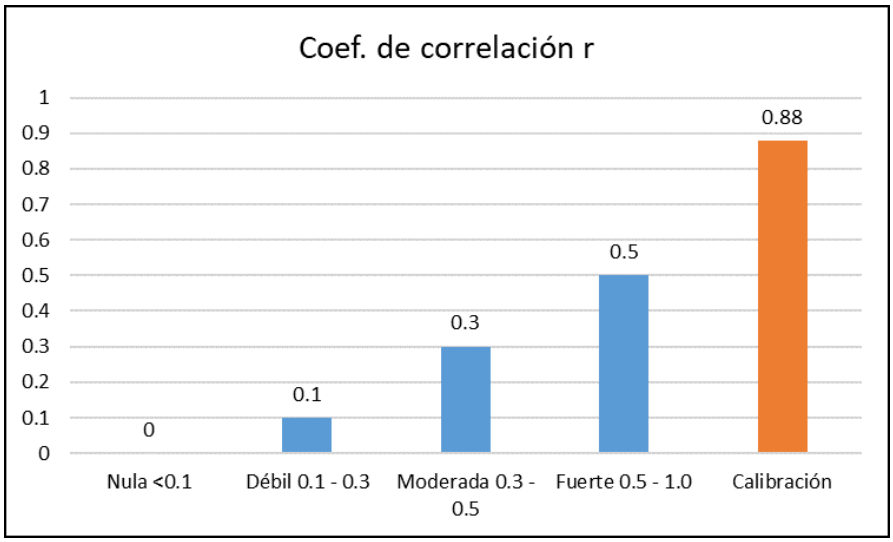


Figura 13

Raíz del error cuadrático medio RMSE – Calibración

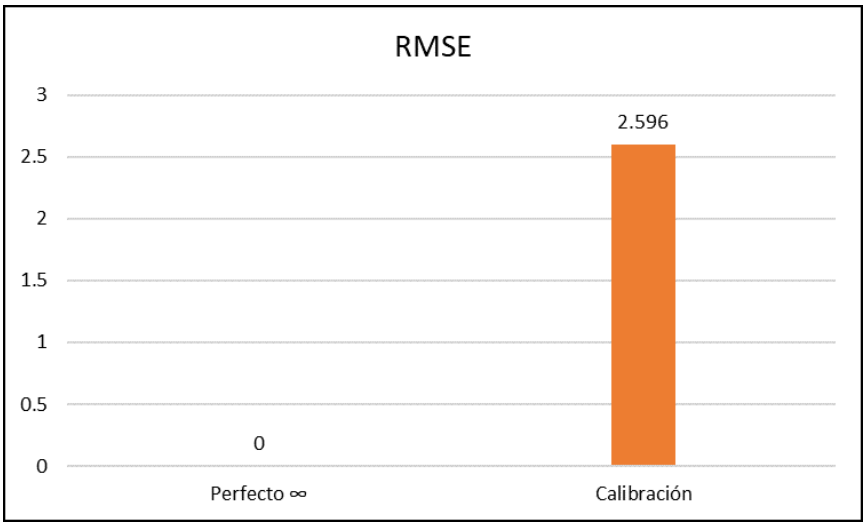
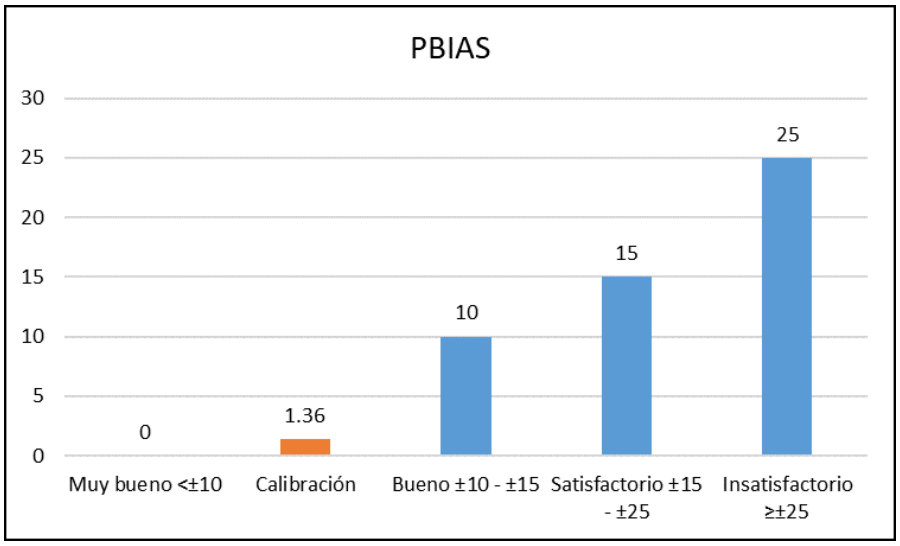


Figura 14

Porcentaje de sesgo PBIAS – Calibración



4.1.3.2. Validación del modelo hidrológico

Para la validación de los modelos hidrológicos GR2M se considerarían 1/3 de los periodos de exploración (36 años en total), en tal caso de 12 años, empieza desde enero de 2005 hasta diciembre de 2016.

Figura 15

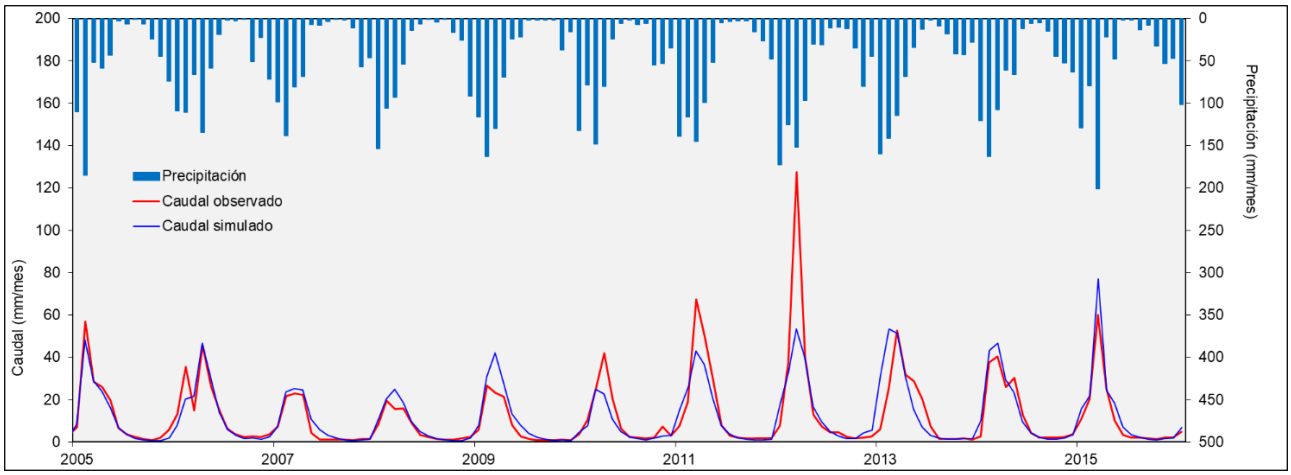
Validación del modelo hidrológico en la cuenca Huancané

Nombre de la cuenca		Cuenca Huancané
Superficie de la cuenca (km²)		**3,631.18**
Parámetros del modelo	**Transf.**	**Real**
x1: Res. salida (mm)	6.14	465.19
x2: Parámetro de intercambio (mm)	0.86	0.86
Valores iniciales		
Nivel de llenado inicial S0 (máx.: x1 mm)		232.60
Nivel de llenado inicial R0 (máx.: 60 mm)		30
Periodo		
Duración del período de puesta en marcha (meses)		0
Duración del período de prueba (meses)		143
Fecha de salida		01/2005
Fecha final		12/2016
Precipitación media observada (mm/mes)		52.5
Promedio de FTE observados (mm/mes)		57.5
Caudales promedio observados (mm/mes)		12.3
Promedio de las raíces de los caudales observados		2.9
Promedio de los flujos logarítmicos observados		1.8
Criterios de eficacia (%)		
Nash(Q)		72.9
Nash(VQ)		83.8
Nash(ln(Q))		84.7
Bilan		102.1

Nota. Según los hallazgos de los procesos de validaciones mediante el programa Solver/Excel, el modelo hidrológico GR2M tiene un excelente criterio de Nash del 72,9% para la simulación de caudales (caudales observados/caudales simulados), lo que indicaría que los modelos representan con precisión los caudales de las cuencas.

Figura 16

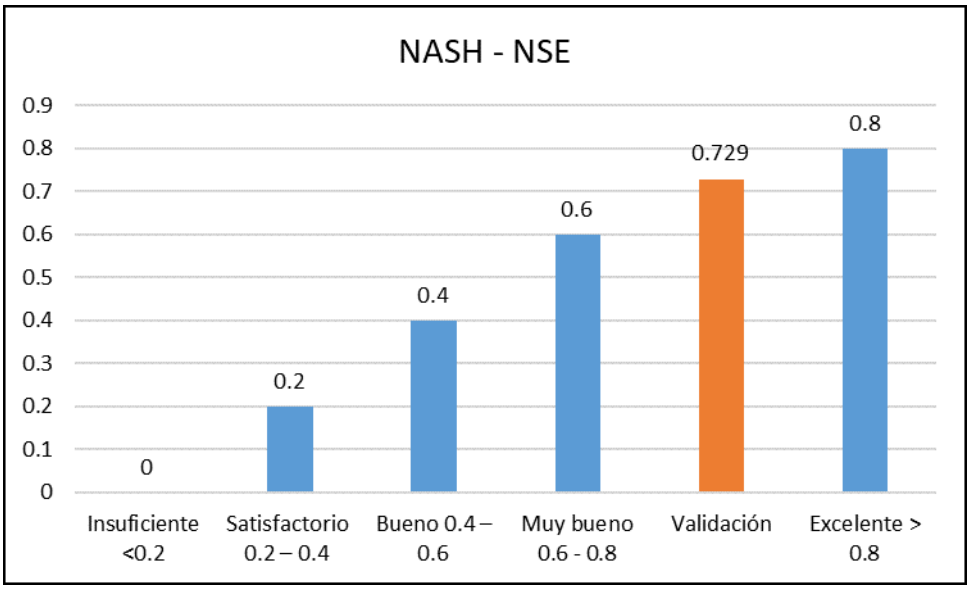
Hidrograma - Validación del modelo hidrológico en la cuenca Huancané



Nota. Este hidrograma expone las simulaciones de flujos (caudales simulados y observados) durante la fase de validaciones de los modelos hidrológicos GR2M utilizando información del SENAMHI.

Figura 17

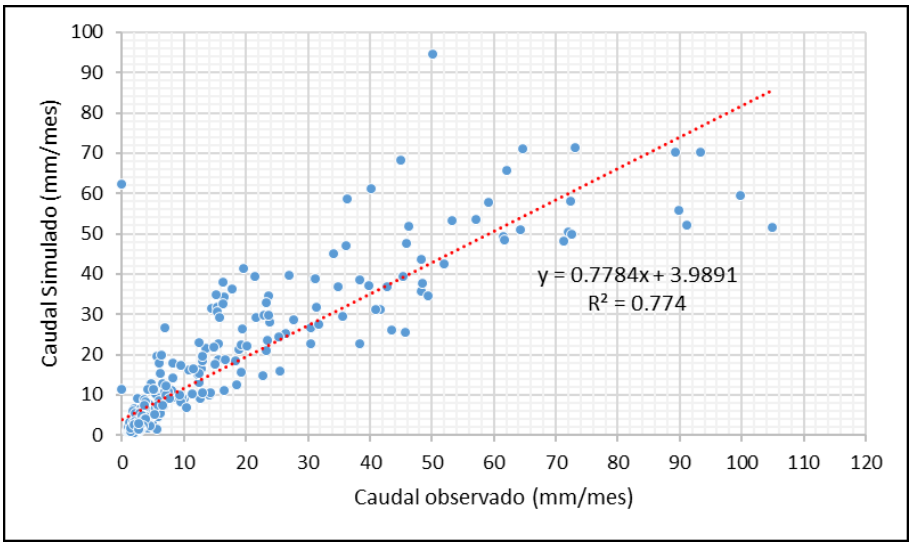
Coeficiente de determinación – Validación



Nota. En la figura se muestra que los flujos simulados tienen un valor de NASH NSE = 0.729 con relación a los flujos observados, lo que indica que el modelo es bueno.

Figura 18

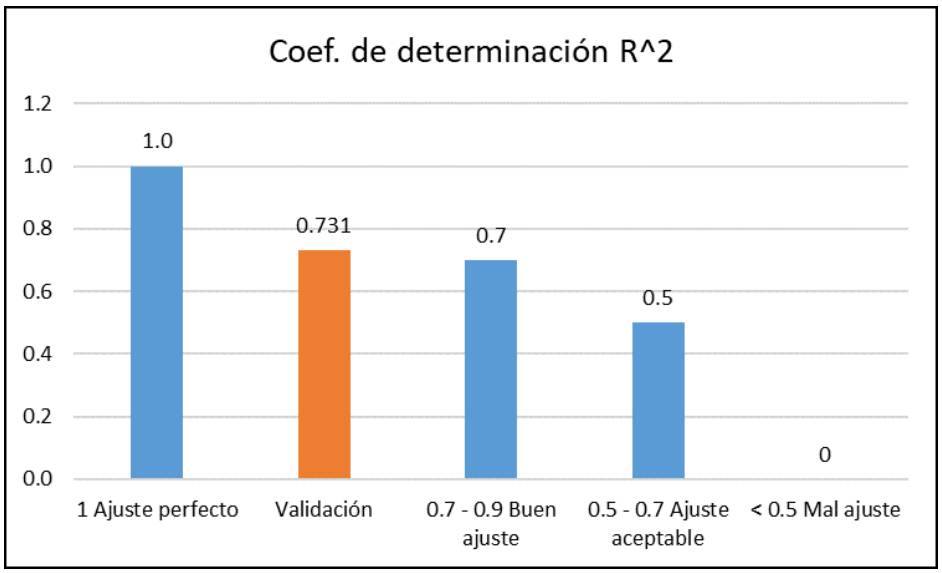
Validación del modelo hidrológico en la cuenca Huancané



Nota. El gráfico indica que, en comparación con los flujos observados, los flujos simulados.

Figura 19

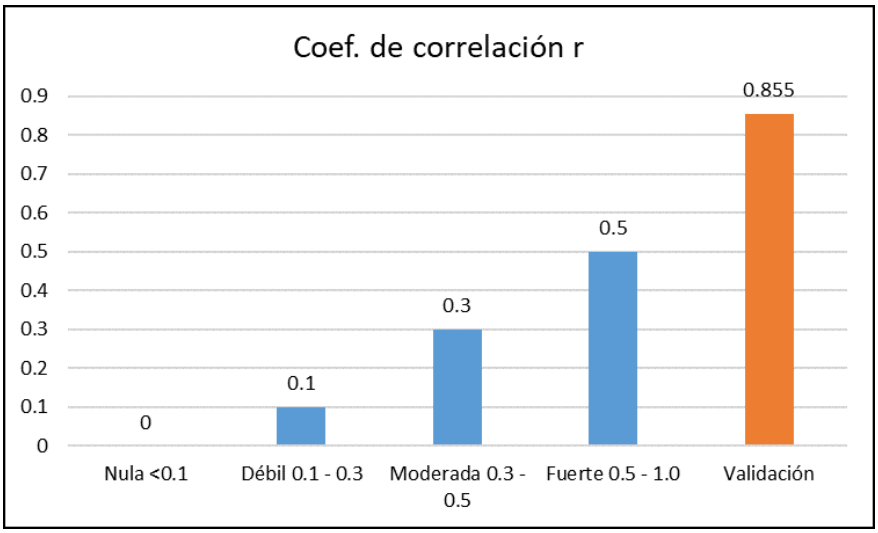
Coeficiente de determinación – Validación



Nota. La figura muestra que los flujos simulados tienen un valor de R^2=0.731 en relación a los flujos observados, lo que indica buenos ajustes entre los modelos y la información.

Figura 20

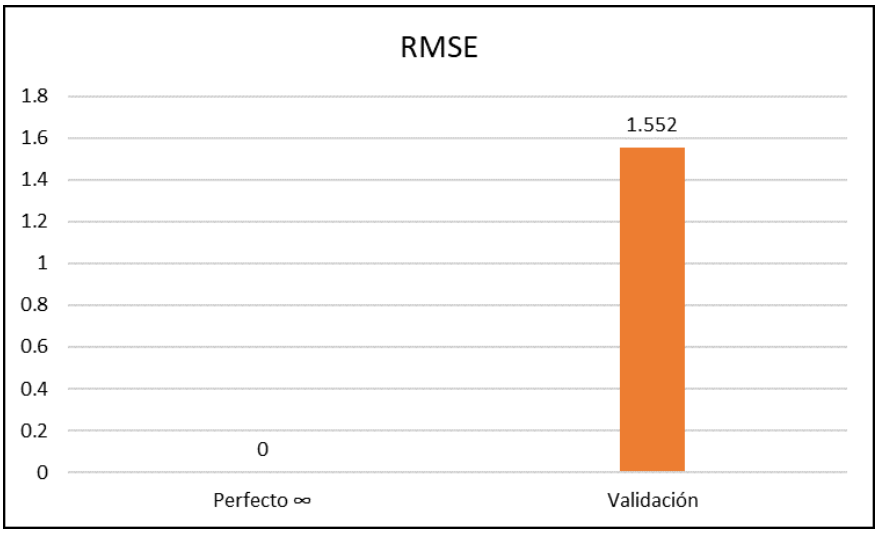
Coeficiente de correlación r – Validación



Nota. La imagen muestra que los flujos simulados tuvieron un valor de r=0,855 en relación con los flujos observados, lo que indica una conexión significativa entre los dos.

Figura 21

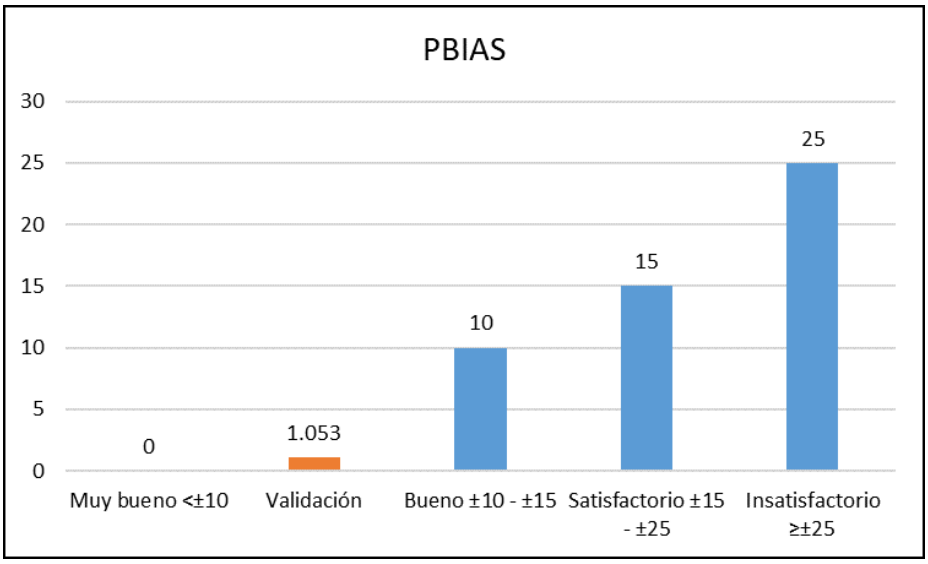
Raíz del error cuadrático medio RMSE – Validación



Nota. La imagen muestra que los flujos simulados tienen un valor RMSE=1,552 en relación con los flujos observados, lo cual indicaría que los modelos ajustan la información muy de cerca a la coincidencia perfecta.

Figura 22

Porcentaje de sesgo PBIAS – Validación



Nota. El gráfico muestra que los flujos simulados tienen un valor PBIAS=-1.053 en relación a los flujos observados, lo que indica que el modelo tiene un muy buen sesgo.

Así, utilizando la información y datos del SENAMHI, en la exploración se usan los modelos hidrológicos GR2M para estimarse los caudales de las cuencas de Huancané con base en estos parámetros de eficiencia. Los hallazgos del análisis de Nash (NSE) muestran que los modelos logran una excelente eficiencia, con valores de 0,785 en calibración y 0,729 en validación. Además, una vinculación significativa y una buena coincidencia entre los flujos simulados y reales fueron confirmadas por la coeficiencia vinculante r y la coeficiencia de determinación R^2, que tuvieron valores de 0,8798 y 0,774 en calibración y 0,855 y 0,731 en validación, respectivamente. El bajo RMSE y un PBIAS alrededor de cero, que muestran un buen ajuste y poco sesgo, confirman estos valores.

4.2. Proceso de la prueba de hipótesis

De acuerdo a las hipótesis especificas se tiene:

Los valores de precipitación para los modelos hidrológicos para las estimaciones de caudales de las cuencas Huancané del departamento de Puno se encuentran por encima de los 700 mm.

En la presente investigación después de haber recolectado información y datos de precipitación del SENAMHI para los modelos hidrológicos para las estimaciones de caudales de las cuencas Huancané del departamento de Puno se tiene un valor de 677.45 mm. lo que indica que la hipótesis es falsa.

Los valores de evapotranspiración para los modelos hidrológicos para las estimaciones de caudales de las cuencas Huancané del departamento de Puno se encuentran por encima de los 500 mm.

En la presente investigación después de haber recolectado información y datos de evapotranspiración del SENAMHI para los modelos hidrológicos para las estimaciones de caudales de las cuencas Huancané del departamento de Puno se tiene un valor de 677.09 mm. lo que indica que la hipótesis es falsa.

La eficiencia de los modelos hidrológicos para las estimaciones de caudales de las cuencas Huancané del departamento de Puno es el adecuado.

En la presente investigación después de haber evaluado el modelo GR2M con los parámetros de eficiencias Nash NCE, r, PBIAS, R^2, RMSE de los caudales simulados, de acuerdo a los caudales visualizados nos indica que los modelos son excelentes, presenta un buen ajuste, presenta una correlación fuerte y con un sesgo muy bueno lo que indica que la eficiencia es la adecuada, entonces, la hipótesis es verdadera.

4.3. Discusión de los resultados

En la exploración se demostró que los modelos hidrológicos GR2M son altamente eficiente para las estimaciones de caudales en las cuencas Huancané, con parámetros de eficiencia positivos tanto en las etapas de calibraciones como en las validaciones. Los resultados de Nash (NSE) indican que el modelo logra una eficiencia excelente, con valores de 0.785 en calibraciones y 0.729 en validaciones. Además, la coeficiencia vinculante y la coeficiencia de determinación R^2 con valores de 0.8798 y 0.774 en calibraciones y 0.855 y 0.731 en validaciones, respectivamente, lo que confirma una fuerte correlación y buenos ajustes entre los caudales simulados y observados. Estos valores son apoyados por el RMSE bajo y un PBIAS cercano a cero, que indican un ajuste adecuado y un sesgo mínimo.

En el estudio de Cortés (2010), se evaluó el modelo GR2M en las subcuencas del río Bigote y se encontró que, en las etapas de calibraciones, el modelo presentaba índices de eficiencias del 81%, una coeficiencia vinculante de 0.87 y ajustes modificados similares. Estos hallazgos son similares a los obtenidos en mi estudio, donde se logró un valor de Nash (NSE) de 0.785 y una coeficiencia vinculante r de 0.8798 en la etapa de calibración, lo cual indica una alta eficiencia y una fuerte correlación. En la etapa de validación, el estudio de Cortés alcanzó un índice de eficiencia del 88% y un RMSE de 3.9, mientras que En esta investigación se obtuvo un NSE de 0.729 y un RMSE más bajo de 1.552, lo cual indica que el modelo en mi caso tuvo un ajuste cercano al ideal con un sesgo muy bajo (PBIAS de -1.053).

Por otra parte, en el trabajo de Bonini et al. (2019), se utilizó los modelos SWAT para las estimaciones de caudales y sedimentos en las cuencas del río Chaguana. Aunque este estudio se centró en otro modelo hidrológico, destaca que el SWAT

también fue eficiente al simular los caudales en condiciones de datos limitados, lo cual resalta la robustez del modelo GR2M en mi estudio, considerando su capacidad para ajustarse fuertemente a los caudales observados, incluso en una cuenca con limitaciones en la disponibilidad de datos históricos precisos.

Díaz et al. (2015), por su parte, utilizaron el modelo LEM-3p para las estimaciones de caudales en las cuencas del río Nam Ngum en Laos, encontrando un adecuado ajuste con este modelo triparamétrico y comparando favorablemente su eficiencia frente al modelo Hec-Hms. En esta investigación, el GR2M mostró un rendimiento sólido, reflejado en los valores obtenidos de NSE, R^2, y RMSE, lo que sugiere que, al igual que el LEM-3p, el GR2M es una herramienta viable y eficiente para la modelación de caudales, especialmente considerando sus buenos resultados en calibración y validación.

En el estudio de Angulo & Saavedra (2018) empleó el modelo HEC-HMS para las modelaciones de caudales en las cuencas de Maylanco, Cochabamba. Aunque este modelo fue efectivo para eventos de caudales máximos y tormentas, en mi estudio, el GR2M logró simular caudales con una excelente eficiencia y correlación sin limitarse a condiciones de caudales extremos, presentando un sesgo muy bajo y buenos ajustes tanto en las calibraciones como en las validaciones.

En el estudio de Buguña (2019), se aplicaron varios modelos hidrológicos, incluyendo el GR2M, para las estimaciones de caudales en las subcuencas de los ríos Bigote. Este estudio encontró que el GR2M era el modelo más adecuado, mostrando una alta eficiencia con un índice de Nash-Sutcliffe del 81% en la calibración y del 88% en la validación. Los resultados del GR2M en el estudio de Buguña son consistentes con los obtenidos En esta investigación, donde también se observó una alta eficiencia en las simulaciones de caudales en las cuencas de

Huancané, destacando su efectividad para áreas con datos hidrometeorológicos limitados.

Puelles (2018) realizó una exploración hidrológica e hidráulica en las cuencas del Alto Perú utilizando los modelos HEC-HMS y HEC-RAS para estimar caudales máximos y los niveles de agua en quebradas susceptibles a crecidas. A diferencia de este estudio, que utiliza el modelo GR2M para estimar caudales medios, Puelles se enfoca en eventos de crecidas y en mitigar daños causados por estas, empleando datos de precipitación de 24 horas y análisis de frecuencia para eventos extremos. Esto resalta que el enfoque de HEC-HMS es útil en escenarios de modelación de caudales extremos, mientras que el GR2M es más adecuado para simulaciones continuas de caudales mensuales.

Palomino (2022) trabajó en las cuencas altas del Huallaga aplicando modelos hidrológicos racionales con datos de satélites para estimar caudales medios mensuales. El estudio utilizó modelos distribuidos de precipitaciónes-escorrentías basados en datos satelitales y obtuvo eficiencias Nash-Sutcliffe de 0.66 en la calibración, inferior al valor obtenido en mi estudio (NSE de 0.785 en la calibración). Esto sugiere que el modelo GR2M puede ofrecer un mejor ajuste para las estimaciones de caudales medios mensuales en cuencas similares con limitaciones de datos locales.

Arias et al. (2022) utilizaron el modelo GR4j para estimar caudales diarios en las cuencas del río Zaña con datos grillados de ERA5. En la validación, lograron una eficiencia aceptable con el GR4j, que es un modelo similar al GR2M pero ajustado para escalas diarias. Comparado con mi estudio, donde se trabaja con caudales mensuales, el GR4j en el estudio de Arias presenta una alternativa eficiente para la estimación de caudales en resoluciones temporales más finas. Ambos estudios

respaldan el uso de modelos conceptuales para estimaciones de caudales en diferentes escalas temporales.

Alvarez (2023) aplicó el modelo SWAT en las cuencas altas del río Rímac para estimar caudales y sedimentos medios, y revisó varios métodos hidrológicos para determinar el caudal ecológico. Aunque el enfoque de Alvarez es distinto, pues se centra en las estimaciones de caudales ecológicos y sedimentos, su aplicación del SWAT demuestra la capacidad de este modelo para adaptarse a cuencas complejas y orientadas a las gestiones del recurso hídrico. Esto destaca que el GR2M, empleado en mi estudio, es una opción eficiente para los cálculos de caudales medios en cuencas con limitación de datos, mientras que el SWAT puede ser más apropiado para estudios de sedimentos y de caudales ecológicos.

CONCLUSIONES

PRIMERA. Se realizó el empleo de modelos hidrológicos para la estimación de caudales de las cuencas Huancané del departamento de Puno, evaluando el modelo GR2M con los parámetros de eficiencia Nash NCE, r, PBIAS, R^2, RMSE de los caudales simulados, con respecto a los caudales observados nos indica que el modelo GR2M es excelente, presenta un buen ajuste además presenta una correlación fuerte y con un sesgo muy bueno lo que indica que es eficiente para la simulación de caudales.

SEGUNDA. Se determinó los valores de precipitaciones para emplearlo en modelos hidrológicos para las estimaciones de caudales de la cuenca Huancané del departamento de Puno mediante la recolección de información y datos de precipitación del SENAMHI, donde la precipitación anual promedio desde enero de 1981 hasta diciembre 2016 es de 677.45 mm.

TERCERA. Se determinó los valores de evapotranspiración para emplearlo en modelos hidrológicos para las estimaciones de caudales de la cuenca Huancané del departamento de Puno mediante la recolección de información y datos de evapotranspiración del SENAMHI, donde las precipitaciones anuales promedios desde enero de 1981 hasta diciembre 2016 es de 677.09 mm.

CUARTA. Se determinó las eficiencias de modelos hidrológicos para las estimaciones de caudales de las cuencas Huancané del departamento de Puno mediante la evaluación del modelo GR2M

con los parámetros de eficiencia Nash NCE, r, PBIAS, R^2, RMSE de los caudales simulados, conforme a los caudales visualizados, considerando un total de 36 años de evaluación desde 1981 a 2016, teniendo 1 etapa de calibración de 24 años considerando 1 año de calentamiento empezando desde enero de 1982 hasta diciembre de 2004 y 1 etapas de validaciones de 12 años empezando desde enero de 2005 hasta diciembre de 2016. En la etapa de calibración se tiene un valor de Nash NSE = 0.785, el cual nos indica que el modelo es excelente, tiene un valor de R^2=0.774, el cual nos indicaría que los modelos tienen buenos ajustes, se tiene un valor de r=0.8798, el cual nos indica que el modelo tiene una correlación fuerte, se tiene un valor de RMSE=2.596, el cual nos indicaría que los modelos tienen ajustes que se aproximan al ajuste perfecto y se tiene un valor de PBIAS=-1.0355, el cual nos indica que el modelo tiene un sesgo muy bueno. En la etapa de validación se tiene un valor de Nash NSE = 0.729, el cual nos indica que el modelo es excelente, tiene un valor de R^2=0.731, el cual nos indica que el modelo tiene un buen ajuste, se tiene un valor de r=0.855, el cual nos indica que el modelo tiene una correlación fuerte, se tiene un valor de RMSE=1.552, el cual nos indicaría que los modelos tienen ajustes que se aproximan al ajuste perfecto y se tiene un valor de PBIAS=-1.053, el cual nos indica que el modelo tiene un sesgo muy bueno.

RECOMENDACIONES

PRIMERA. Se recomienda para futuros investigadores de la misma línea de investigación emplear otros modelos hidrológicos que existen para la estimación de caudales, con la finalidad de comparar esos hallazgos con los de esta exploración.

SEGUNDA. Se recomienda para futuros investigadores de la misma línea de investigación emplear otras bases de datos de información de precipitación diferentes del SENAMHI para ver la factibilidad, validez y veracidad de los datos.

TERCERA. Se recomienda para futuros investigadores de la misma línea de investigación obtener los valores de evapotranspiración mediante otros métodos y fórmulas que existen, asi poder contrastar los resultados.

CUARTA. Se recomienda para futuros investigadores de la misma línea de investigación emplear otros distintos parámetros de eficiencia de modelos hidrológicos para las estimaciones de caudales para así tener un estudio mucho más completo.

REFERENCIAS

Alvarez, O. J. A. (2023). *Aplicación del modelo hidrológico SWAT en la cuenca alta del río Rímac para la estimación de caudales y sedimentos medios*. https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/7987

Angulo, M. A., & Saavedra, O. C. (2018). Modelación Hidrológica De La Cuenca Maylanco Utilizando Hec-Hms. *Investigacion & Desarrollo*, *18*(1), 53–67. https://doi.org/10.23881/idupbo.018.1-4i

Arias, R. G. A., Bazalar, D. A. J., Campos, V. N., & Carmona, A. A. (2022). Aplicación del modelo hidrológico GR4j para la estimación de caudales diarios utilizando conjunto de datos grillados ERA5 en la cuenca del río Zaña hasta la estación hidrométrica Batan. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*, *2022-July*, 1–10. https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85140020715&doi=10.18687%2FLACCEI2022.1.1.175&partnerID=40&md5=2910d7cc447c1364af242547d41668e4

Avila, B. H. L. (2015). Introduccion a La Metodologia De La Investigacion. *CEUR Workshop Proceedings*, *1542*(9), 33–36.

Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la investigación. Administración, economía, humanidades y ciencias sociales* (3 ed.). PEARSON EDUCACIÓN. https://www.sancristoballibros.com/libro/metodologia-de-la-investigacion_66307

Bonini, A. J. M., Guzmán, C. E. J., & Matamoros, C. D. (2019). Estimación de caudaes y sedimentos en la cuenca del río Chaguana, mediante el modelo matematico avswat. *Concept and Communication*, *null*(23), 301–316.

https://doi.org/10.15797/concom.2019..23.009

Borja, S. M. (2012). *Metodología de la Investigación Científica para Ingenieros*. https://es.slideshare.net/manborja/metodologia-de-inv-cientifica-para-ing-civil

Buguña, H. N. N. (2019). Aplicación de modelos hidrológicos para la estimación de caudales mensuales en la sub cuenca del río Bigote. *Universidad de Piura*, 380. https://pirhua.udep.edu.pe/items/5696d264-df48-4154-b3b0-fccb4469dcd2

Cabrera, J. (2012). Modelos agregados : GR2M. *Instituto Para La Mitigación de Los Efectos Del Fenómeno El Niño - Universidad Nacional de Ingeniería*, 4. http://www.imefen.uni.edu.pe/modhidro.htm

Centro de Información de Recursos Naturales. (2021). *¿Qué es un Modelo Hidrológico?* https://www.ciren.cl/noticias/que-es-un-modelo-hidrologico/

Cortés, G. (2010). Evaluación de un modelo hidrológico semidistribuido para la estimación de la escorrentía de deshielo en el río Juncal. *Universidad de Chile*, *14*, 76. https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/103775

De la Lama Zubirán, P., De la Lama Zubirán, M. A., & De la Lama García, A. (2021). Los instrumentos de la investigación científica. Hacia una plataforma teórica que clarifique y gratifique. *Horizonte de La Ciencia*, *12*(22), 189–202. https://doi.org/10.26490/uncp.horizonteciencia.2022.22.1078

Díaz, C. Á., Alonso, E. G., Sierra, C. P., Gómez, J. R., & Vega, B. T. (2015). *Aplicación de un modelo logístico triparamétrico a la estimación de caudales diarios en la cuenca del río Nam Ngum (Laos)*. 1–9. http://www.ingenieriadelagua.com/2004/JIA/Jia2015/b/b008.pdf

Díaz, P. A., Felipe, O. O. G., Acuña, A. J. Y., & Fernández, P. C. (2016). Asimilación

Y Evaluación En Base a Satelite En Modelamiento Hidrológico En La Cuenca Del Río Vilcanota. *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología Del Perú (SENAMHI)*, 68. http://www.senamhi.gob.pe/pdf/estudios/hidro2016-0006.pdf

Diaz, S. L. (2011). *La observacion*. https://www.psicologia.unam.mx/documentos/pdf/publicaciones/La_observacion_Lidia_Diaz_Sanjuan_Texto_Apoyo_Didactico_Metodo_Clinico_3_Sem.pdf

Gidahatari. (2014). *Modelamiento hidrológico*. https://gidahatari.com/ih-es/modelamiento-hidrologico

Gonzalez, L. (2018). Evaluando el error en los modelos de regresión. In *Aprende IA*.

Hernández, L. J. D., Espinosa, C. F., Rodríguez, J. E., Chacón, R. J. G., Toloza, S. C. A., Arenas, T. M. K., Carrillo, S. S. M., & Bermúdez, P. V. J. (2018). Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones. *AVFT Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*. http://www.revistaavft.com/

Hernández, S. R., Fernández, C. C., & Baptista, L. P. (2010). *Metodología de la investigación* (Quinta Ed., Issue 2). Editorial McGraw Hill. https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf

Hernández, S. R., Fernández, C. C., & Baptista, L. P. (2014). *Metodología de la investigacion* (Sexta Ed.). Editorial McGraw Hill.

Hingray, B., Picouet, C., & Musy, A. (2015). *Hydrology – A Science for Engineers*. FL: CRC Press.

Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales. (2023). *Modelación hidrológica*. http://archivo.ideam.gov.co/web/guest

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. (2020). *¿Qué es una cuenca?* https://www.gob.mx/imta/es/articulos/que-es-una-cuenca-211369#:~:text=Una cuenca hidrográfica es una,un mismo punto de salida.

Kim, K. B., Kwon, H. H., & Han, D. (2015). Bias correction methods for regional climate model simulations considering the distributional parametric uncertainty underlying the observations. *Journal of Hydrology*, *530*, 568–579. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.10.015

López, P. L. (2004). Población, muestra y muestreo. *Epidemiología Clínica: Investigación Clínica*, 129–139. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012

Maidment, D. R. (1993). *Manual de hidrología*. McGraw-Hill.

Ministerio de Agricultura - Autoridad Nacional del Agua. (2010). *Estudio hidrológico de las cuencas Huancané y Suches*. *MINAGRI*, *ANA. (2010). Estudio hidrológico de las cuencas Huancané y Suches. 415.*, 415. https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/estudio_hidrologico_cuencas_huancane_y_suches_-_texto_final_2010_0.pdf

Montero, G. R. (2007). Contraste de hipótesis. *Epidemiología y Bioestadística. Secretos*, 173–182. https://doi.org/10.1016/b978-84-8174-950-2.50013-0

Moriasi, D. N., Arnold, J. G., Liew, M. W. Van, Bingner, R. L., Harmel, R. D., & Veith, T. L. (2007). *Model Evaluation guidelines for systematic quantifiaction of accuracy in watershed simulations*. *50*(3), 885–900.

Mouelhi, S., Michel, C., Perrin, C., & Andréassian, V. (2006). Stepwise development of a two-parameter monthly water balance model. *Journal of Hydrology*,

318(1–4), 200–214. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.06.014

Ñaupas, P. H., Valdivia, D. M. R., Palacios, V. J. J., & Romero, D. H. E. (2018). Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Quinta Ed., Vol. 53, Issue 9). https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Novillo, M. E. F. (2016). *Una introducción a la investigación pura o básica*. https://www.eumed.net/rev/atlante/2016/07/investigacion.html

Ocampo, L. O. L. (2012). *Análisis de Vulnerabilidad de la cuenca del río Chinchiná para condiciones estacionarias y de cambio climatico*. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/9268

Ortega, C. (2023). *Tipos de observación: Características y ventajas*. https://www.questionpro.com/blog/es/tipos-de-observacion/

Palomino, A. J. V. (2022). Estimación de los caudales medios mensuales de la cuenca alta del Huallaga aplicando un modelo hidrológico racional con imágenes satelitales. *Universidad Nacional Agraria La Molina*, 1–147. https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/2395

Puelles, M. J. C. (2018). *Estudio hidráulico e hidrológico de la Cuenca Alto Perú y el Porvenir en el asentamiento humano Las Mercedes Alto Perú, distrito de la Oroya, provincia de Yauli – Junín para la construcción futura de obras de arte ante amenazas de derrumbes provocado por* . 53–54. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/620953

Regan, R. S., Markstrom, S. L., & LaFontaine, J. H. (2022). Precipitation-Runoff Modeling System (PRMS). *U.S. Geological Survey Software*.

Sánchez, C. H., Reyes, R. C., & Mejía, S. K. (2018). *Manual de términos en*

investigación científica, tecnológica y humanística (Primera Ed). Universidad Ricardo Palma. https://www.urp.edu.pe/pdf/id/13350/n/libro-manual-de-terminos-en-investigacion.pdf

Sproles, E. A. (2005). *Tutoria Modelo Pronostico – Microsoft Excel*. 2–5.

Tamayo, T. M. (1999). Serie Aprende a investigar - Módulo 2: La investigación. In *Aprender a Investigar*.

Vilchis-Mata, I., Bâ, K. M., Franco-Plata, R., & Díaz-Delgado, C. (2015). Modelación hidrológica con base en estimaciones de precipitación con sensores hidrometeorológicos. *Tecnologia y Ciencias Del Agua*, *6*(4), 45–60.

ANEXOS

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

Anexo 01. Matriz de consistencia

PREGUNTAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES
PREGUNTA GENERAL	**OBJETIVO GENERAL**	**HIPÓTESIS GENERAL**	**V. DE ESTUDIO 1: MODELO HIDROLÓGICO**
¿Cómo realizar el empleo de un modelo hidrológico para la estimación de caudales de la cuenca Huancané del departamento de Puno,2024?	Realizar el empleo de un modelo hidrológico para la estimación de caudales de la cuenca Huancané del departamento de Puno,2024.	El empleo de un modelo hidrológico para la estimación de caudales de la cuenca Huancané del departamento de Puno es eficiente,2024.	
PREGUNTAS ESPECÍFICAS	**OBJETIVOS ESPECÍFICOS**	**HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**	
PE1. ¿Cómo determinar los valores de precipitación para emplearlo en el modelo hidrológico para la estimación de caudales de la cuenca Huancané del departamento de Puno? PE2. ¿Cómo determinar los valores de evapotranspiración para emplearlo en el modelo hidrológico para la estimación de caudales de la cuenca Huancané del departamento de Puno? PE3. ¿Cuál es la eficiencia del modelo hidrológico para la estimación de caudales de la cuenca Huancané del departamento de Puno?	OE1. Determinar los valores de precipitación para emplearlo en el modelo hidrológico para la estimación de caudales de la cuenca Huancané del departamento de Puno. OE2. Determinar los valores de evapotranspiración para emplearlo en el modelo hidrológico para la estimación de caudales de la cuenca Huancané del departamento de Puno. OE3. Determinar la eficiencia del modelo hidrológico para la estimación de caudales de la cuenca Huancané del departamento de Puno.	HE1. Los valores de precipitación para el modelo hidrológico para la estimación de caudales de la cuenca Huancané del departamento de Puno se encuentran por encima de los 700 mm. HE2. Los valores de evapotranspiración para el modelo hidrológico para la estimación de caudales de la cuenca Huancané del departamento de Puno se encuentran por encima de los 500 mm. HE3. La eficiencia del modelo hidrológico para la estimación de caudales de la cuenca Huancané del departamento de Puno es el adecuado.	

V. DE ESTUDIO 1: MODELO HIDROLÓGICO

Dimensiones	Indicadores	Unidad / Índices
Características del modelo hidrológico	• Parámetros del modelo • Validación del modelo • Calibración del modelo	
Parámetros de eficiencia	• Eficiencia de Nash-Sutcliffe • Coeficiente de correlación • Coeficiente de determinación • Raíz del error cuadrático medio • Porcentaje de sesgo	• NSE • r • R^2 • RMSE • PBIAS

V. DE ESTUDIO 2: CUENCA HIDROLOGICA

Dimensiones	Indicadores	Unidad / Índices
Características de la cuenca	• Ubicación • Área	
Precipitación	• Precipitación diaria • Precipitación mensual • Precipitación anual	• mm
Evapotranspiración	• Evapotranspiración diaria • Evapotranspiración mensual • Evapotranspiración anual	• mm

METODOLOGÍA	POBLACIÓN Y MUESTRA	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	ESTADÍSTICA
ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN Cuantitativo **MÉTODO DE INVESTIGACIÓN** Científico **TIPO DE INVESTIGACIÓN** Básica **NIVEL DE INVESTIGACIÓN** Descriptivo **Variable 1:** Modelo hidrológico **Variable 2:** Cuenca hidrológica **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN** No experimental	**Población** De acuerdo a Borja (2012) desde un punto de vista de la ingeniería, se denomina población o Universo al conjunto de elementos o sujetos que serán motivo de estudio En este estudio, la población serán las cuencas del departamento de Puno. **Muestra** Por lo tanto, la muestra será la cuenca Huancané del departamento de Puno, 2024	**TÉCNICAS** De acuerdo a Ñaupas et al. (2018) son un conjunto de normas y procedimientos para regular un determinado proceso y alcanzar un determinado objetivo. Las técnicas a emplear serán: • Observación • Análisis documental **INSTRUMENTOS** De acuerdo a Ñaupas et al. (2018) son las herramientas conceptuales o materiales, mediante los cuales se recoge los datos e informaciones, mediante preguntas, ítems que exigen respuestas del investigado. Asumen diferentes formas de acuerdo con las técnicas que le sirven de base. Los instrumentos a emplear serán: • Observación directa	**DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS** **DISEÑO NO ESTADÍSTICO** La contratación de hipótesis se realizará mediante el planteamiento de la hipótesis nula (H0) y alterna (H1) De acuerdo a Los pasos a seguir son los siguientes: a) establecer la hipótesis a contrastar. b) elegir la distribución de contraste. La hipótesis a contrastar puede ser que dos parámetros sean iguales, que sean distintos, o que uno sea mayor que otro o viceversa (Montero, 2007).

Anexo 02. Resultados de la simulación

Variables del modelo

S1	P1	S2	S	P2	P3	R1	F	R2	R	Caudal Simulado
362.07	99.30	323.13	293.45	29.68	128.98	158.98	-23.02	135.97	41.63	94.34
351.30	54.78	318.71	290.42	28.29	83.07	124.70	-18.05	106.65	38.40	68.25
343.49	46.90	309.43	283.93	25.50	72.39	110.79	-16.04	94.75	36.74	58.02
316.36	23.27	276.16	259.22	16.95	40.22	76.96	-11.14	65.82	31.39	34.43
263.07	1.77	221.46	214.03	7.44	9.21	40.59	-5.88	34.72	21.99	12.73
216.87	0.78	174.00	171.07	2.93	3.71	25.70	-3.72	21.98	16.09	5.89
171.62	0.09	132.02	131.03	0.99	1.08	17.17	-2.48	14.68	11.79	2.89
156.68	2.72	119.57	118.90	0.67	3.39	15.19	-2.20	12.99	10.68	2.31
152.47	3.15	117.68	117.06	0.63	3.77	14.45	-2.09	12.36	10.25	2.11
190.62	9.32	147.84	146.29	1.55	10.87	21.12	-3.06	18.06	13.88	4.18
196.31	7.95	155.73	153.83	1.90	9.85	23.74	-3.44	20.30	15.17	5.13
256.74	26.19	211.31	205.09	6.22	32.41	47.57	-6.89	40.69	24.25	16.44
321.41	58.78	275.69	258.85	16.84	75.62	99.86	-14.46	85.41	35.24	50.17
303.48	25.97	269.41	253.93	15.48	41.45	76.69	-11.10	65.59	31.34	34.26
307.33	31.03	273.59	257.22	16.38	47.41	78.74	-11.40	67.34	31.73	35.61
289.93	17.40	258.42	245.15	13.28	30.67	62.40	-9.03	53.37	28.25	25.12
246.12	0.38	213.79	207.29	6.50	6.88	35.12	-5.08	30.04	20.02	10.02
208.33	0.26	174.71	171.73	2.98	3.24	23.26	-3.37	19.89	14.94	4.95
173.23	0.24	137.40	136.24	1.16	1.40	16.34	-2.36	13.97	11.33	2.64
144.20	0.80	109.55	109.08	0.47	1.27	12.60	-1.82	10.78	9.14	1.64
167.87	5.85	127.72	126.85	0.87	6.72	15.85	-2.29	13.56	11.06	2.50
171.99	5.26	130.63	129.68	0.95	6.21	17.27	-2.50	14.77	11.85	2.92
228.24	18.00	178.17	174.96	3.22	21.21	33.06	-4.79	28.28	19.22	9.06
227.40	12.23	175.92	172.86	3.06	15.29	34.51	-5.00	29.51	19.78	9.73
252.97	21.89	201.94	196.71	5.22	27.11	46.90	-6.79	40.11	24.04	16.07
250.08	16.21	209.48	203.47	6.01	22.23	46.27	-6.70	39.57	23.84	15.72
236.63	9.61	201.04	195.90	5.13	14.75	38.59	-5.59	33.00	21.29	11.71
229.76	9.01	198.11	193.26	4.85	13.87	35.16	-5.09	30.07	20.03	10.04

202.64	2.08	175.17	172.16	3.01	5.09	25.12	-3.64	21.48	15.82	5.66
175.10	0.47	151.51	149.81	1.71	2.18	18.00	-2.61	15.39	12.25	3.14
152.91	0.37	125.09	124.29	0.80	1.17	13.42	-1.94	11.48	9.63	1.84
125.74	0.11	99.15	98.83	0.32	0.43	10.06	-1.46	8.61	7.53	1.08
120.55	1.28	92.98	92.73	0.25	1.53	9.06	-1.31	7.75	6.86	0.89
113.76	1.09	86.13	85.95	0.18	1.28	8.14	-1.18	6.96	6.24	0.72
119.48	1.74	90.70	90.48	0.22	1.96	8.20	-1.19	7.01	6.28	0.73
175.43	7.94	134.68	133.60	1.07	9.01	15.29	-2.21	13.07	10.74	2.34
297.39	50.88	240.90	230.69	10.22	61.09	71.83	-10.40	61.43	30.35	31.08
344.91	76.42	290.73	270.32	20.42	96.83	127.19	-18.41	108.77	38.67	70.11
332.30	45.87	279.10	261.49	17.61	63.49	102.16	-14.79	87.37	35.57	51.80
279.98	9.49	240.27	230.15	10.12	19.61	55.18	-7.99	47.19	26.42	20.78
241.91	4.08	210.85	204.68	6.17	10.24	36.66	-5.31	31.35	20.59	10.76
215.55	2.79	188.83	184.80	4.03	6.82	27.41	-3.97	23.44	16.86	6.59
187.65	0.54	162.98	160.71	2.27	2.82	19.67	-2.85	16.82	13.14	3.68
179.81	2.96	150.55	148.89	1.66	4.62	17.76	-2.57	15.19	12.12	3.07
150.85	0.23	122.72	121.98	0.74	0.97	13.09	-1.90	11.20	9.44	1.76
186.66	8.20	148.08	146.52	1.56	9.76	19.19	-2.78	16.41	12.89	3.53
269.82	33.21	215.42	208.73	6.69	39.90	52.79	-7.64	45.15	25.76	19.38
303.61	43.21	242.28	231.84	10.44	53.65	79.41	-11.50	67.92	31.86	36.06
323.62	53.23	262.26	248.24	14.02	67.25	99.11	-14.35	84.76	35.13	49.63
322.23	45.98	266.77	251.84	14.93	60.90	96.04	-13.90	82.13	34.67	47.46
312.94	36.40	258.38	245.11	13.27	49.67	84.34	-12.21	72.13	32.75	39.38
303.70	31.85	253.66	241.27	12.39	44.24	76.99	-11.15	65.85	31.39	34.45
259.57	7.48	218.75	211.65	7.10	14.58	45.97	-6.65	39.32	23.75	15.56
226.30	4.18	196.56	191.85	4.71	8.88	32.63	-4.72	27.91	19.05	8.86
192.33	0.10	167.05	164.55	2.50	2.60	21.65	-3.13	18.51	14.15	4.37
167.93	0.50	146.45	144.96	1.49	1.99	16.14	-2.34	13.80	11.22	2.58
199.01	8.69	172.56	169.72	2.84	11.53	22.75	-3.29	19.46	14.69	4.76
198.07	5.27	163.85	161.53	2.32	7.59	22.28	-3.23	19.06	14.46	4.59
286.28	40.52	236.59	227.04	9.55	50.07	64.53	-9.34	55.19	28.75	26.44
339.58	71.30	274.33	257.79	16.54	87.84	116.58	-16.88	99.71	37.46	62.25
339.11	59.24	272.20	256.13	16.07	75.32	112.78	-16.33	96.45	36.99	59.46
348.43	71.20	289.01	269.02	19.98	91.18	128.17	-18.55	109.62	38.78	70.84

337.63	52.27	274.67	258.05	16.61	68.88	107.66	-15.59	92.07	36.33	55.75
310.81	31.99	252.64	240.43	12.21	44.20	80.53	-11.66	68.87	32.06	36.80
247.55	2.70	199.58	194.59	4.99	7.69	39.76	-5.76	34.00	21.70	12.30
195.39	0.17	161.94	159.72	2.21	2.39	24.09	-3.49	20.60	15.34	5.27
164.70	0.69	137.53	136.37	1.16	1.85	17.19	-2.49	14.70	11.81	2.89
152.28	1.70	130.62	129.67	0.95	2.65	14.46	-2.09	12.36	10.25	2.11
186.85	7.62	163.57	161.26	2.30	9.93	20.18	-2.92	17.26	13.40	3.85
174.62	2.00	150.00	148.36	1.64	3.64	17.05	-2.47	14.58	11.73	2.85
212.25	11.53	181.99	178.49	3.49	15.03	26.76	-3.87	22.88	16.57	6.32
289.79	40.09	240.21	230.10	10.11	50.20	66.76	-9.66	57.10	29.26	27.84
329.28	59.29	269.44	253.96	15.49	74.78	104.03	-15.06	88.97	35.83	53.14
290.33	19.06	237.77	228.04	9.73	28.79	64.62	-9.36	55.27	28.77	26.50
268.98	16.48	212.69	206.32	6.37	22.86	51.63	-7.47	44.15	25.44	18.72
229.92	6.67	181.57	178.10	3.46	10.13	35.56	-5.15	30.42	20.18	10.23
185.16	1.27	145.36	143.92	1.45	2.72	22.90	-3.32	19.59	14.77	4.82
148.86	0.54	117.03	116.42	0.61	1.16	15.93	-2.31	13.62	11.10	2.52
156.49	3.81	125.82	125.00	0.82	4.63	15.73	-2.28	13.45	10.99	2.46
134.30	0.78	111.46	110.95	0.51	1.29	12.28	-1.78	10.50	8.94	1.56
118.28	0.47	101.11	100.77	0.34	0.82	9.76	-1.41	8.34	7.32	1.02
143.88	3.25	123.41	122.65	0.76	4.01	11.33	-1.64	9.69	8.34	1.35
211.71	13.79	186.30	182.47	3.83	17.61	25.96	-3.76	22.20	16.20	5.99
241.74	15.82	207.73	201.91	5.82	21.64	37.85	-5.48	32.37	21.02	11.34
295.48	39.10	248.40	236.94	11.46	50.56	71.58	-10.36	61.22	30.30	30.92
292.37	26.95	242.78	232.26	10.52	37.47	67.77	-9.81	57.96	29.48	28.48
338.42	68.30	276.66	259.60	17.06	85.36	114.84	-16.62	98.21	37.25	60.97
312.08	32.33	252.01	239.92	12.10	44.42	81.67	-11.82	69.85	32.28	37.57
268.22	12.08	213.88	207.37	6.51	18.59	50.87	-7.36	43.50	25.22	18.29
208.34	0.24	165.68	163.26	2.42	2.66	27.88	-4.04	23.85	17.06	6.78
163.90	0.09	127.84	126.97	0.87	0.96	18.03	-2.61	15.42	12.27	3.15
128.15	0.10	102.41	102.05	0.36	0.46	12.72	-1.84	10.88	9.21	1.67
108.63	0.36	89.40	89.19	0.21	0.57	9.78	-1.42	8.36	7.34	1.02
132.02	2.61	112.21	111.69	0.52	3.13	10.47	-1.52	8.95	7.79	1.16
122.61	0.74	105.50	105.09	0.41	1.15	8.94	-1.29	7.64	6.78	0.86
215.53	15.93	190.18	186.03	4.14	20.07	26.85	-3.89	22.97	16.61	6.36

295.37	42.37	257.72	244.57	13.14	55.51	72.12	-10.44	61.68	30.41	31.27
311.38	38.01	270.77	255.00	15.77	53.78	84.19	-12.19	72.01	32.73	39.28
314.99	36.78	261.34	247.50	13.84	50.62	83.35	-12.07	71.28	32.58	38.70
282.78	17.09	229.85	221.29	8.56	25.65	58.23	-8.43	49.80	27.21	22.58
225.52	1.27	176.27	173.18	3.09	4.35	31.57	-4.57	27.00	18.62	8.38
184.23	1.91	143.78	142.39	1.39	3.30	21.92	-3.17	18.75	14.28	4.46
143.75	0.14	108.93	108.47	0.46	0.60	14.89	-2.16	12.73	10.50	2.23
127.06	1.28	96.17	95.89	0.28	1.56	12.06	-1.75	10.32	8.80	1.51
122.28	1.55	95.98	95.70	0.28	1.83	10.63	-1.54	9.09	7.89	1.20
117.15	1.19	94.37	94.11	0.26	1.45	9.34	-1.35	7.99	7.05	0.94
136.90	2.85	116.27	115.67	0.60	3.45	10.51	-1.52	8.99	7.81	1.17
185.70	8.45	162.45	160.20	2.24	10.70	18.51	-2.68	15.83	12.53	3.30
273.05	33.21	242.97	232.42	10.55	43.76	56.28	-8.15	48.14	26.71	21.43
279.36	20.59	247.94	236.56	11.38	31.97	58.68	-8.50	50.19	27.33	22.86
269.36	13.85	232.40	223.47	8.93	22.77	50.10	-7.25	42.85	25.00	17.85
245.54	7.54	203.43	198.06	5.37	12.91	37.91	-5.49	32.42	21.05	11.37
207.09	2.11	166.15	163.70	2.45	4.56	25.61	-3.71	21.90	16.05	5.86
225.40	13.33	181.00	177.58	3.42	16.75	32.79	-4.75	28.04	19.11	8.93
178.08	0.08	136.75	135.61	1.14	1.22	20.34	-2.94	17.39	13.48	3.91
145.79	1.02	123.29	122.53	0.76	1.78	15.26	-2.21	13.05	10.72	2.33
141.84	1.70	118.56	117.91	0.65	2.35	13.07	-1.89	11.18	9.42	1.76
190.75	9.29	152.85	151.08	1.77	11.06	20.48	-2.96	17.51	13.56	3.96
228.63	15.97	184.99	181.27	3.72	19.69	33.25	-4.81	28.43	19.29	9.14
267.62	27.15	215.39	208.70	6.69	33.84	53.13	-7.69	45.44	25.86	19.58
294.77	36.97	239.56	229.55	10.01	46.98	72.84	-10.54	62.29	30.56	31.73
300.25	34.81	252.38	240.22	12.16	46.97	77.54	-11.22	66.31	31.50	34.81
314.15	41.92	260.35	246.70	13.65	55.57	87.07	-12.60	74.46	33.23	41.24
268.91	9.87	222.99	215.35	7.63	17.50	50.73	-7.34	43.38	25.18	18.21
229.43	4.17	193.71	189.26	4.45	8.62	33.80	-4.89	28.91	19.51	9.40
235.86	12.42	205.37	199.80	5.57	18.00	37.51	-5.43	32.08	20.90	11.17
203.33	0.82	179.64	176.32	3.32	4.14	25.04	-3.62	21.42	15.78	5.63
177.96	0.28	159.05	156.98	2.06	2.34	18.12	-2.62	15.50	12.32	3.18
172.71	2.26	150.55	148.89	1.66	3.93	16.24	-2.35	13.89	11.28	2.61
170.64	2.92	141.85	140.53	1.32	4.23	15.51	-2.25	13.27	10.86	2.40

189.07	7.06	155.95	154.04	1.91	8.97	19.83	-2.87	16.96	13.22	3.74
246.82	22.05	201.55	196.36	5.18	27.24	40.46	-5.86	34.60	21.95	12.66
290.53	37.09	239.30	229.34	9.97	47.06	69.00	-9.99	59.01	29.75	29.26
280.53	22.27	231.17	222.42	8.75	31.02	60.77	-8.80	51.97	27.85	24.12
252.94	10.83	203.42	198.05	5.37	16.20	44.05	-6.38	37.67	23.14	14.53
210.51	2.98	170.63	167.91	2.72	5.70	28.84	-4.17	24.66	17.48	7.18
168.41	0.07	135.73	134.62	1.11	1.18	18.66	-2.70	15.96	12.61	3.35
143.60	0.88	118.48	117.83	0.65	1.53	14.13	-2.05	12.09	10.06	2.03
123.13	0.38	105.50	105.09	0.41	0.79	10.85	-1.57	9.28	8.04	1.24
170.00	6.39	150.48	148.82	1.66	8.05	16.09	-2.33	13.76	11.19	2.57
157.92	1.11	139.82	138.58	1.24	2.35	13.55	-1.96	11.59	9.71	1.88
181.76	5.87	160.38	158.25	2.13	8.00	17.71	-2.56	15.15	12.09	3.05
211.50	10.13	182.62	179.08	3.54	13.67	25.77	-3.73	22.04	16.12	5.92
264.89	26.21	222.06	214.54	7.51	33.72	49.84	-7.21	42.62	24.92	17.70
317.30	52.70	265.28	250.66	14.63	67.33	92.25	-13.35	78.89	34.08	44.81
295.21	23.63	246.21	235.12	11.09	34.72	68.80	-9.96	58.84	29.71	29.13
296.26	30.18	238.37	228.55	9.82	40.00	69.71	-10.09	59.62	29.90	29.71
272.88	18.33	220.74	213.39	7.34	25.67	55.58	-8.05	47.53	26.52	21.01
225.36	3.42	179.60	176.28	3.32	6.74	33.26	-4.82	28.45	19.30	9.15
180.12	0.66	145.26	143.81	1.44	2.10	21.40	-3.10	18.30	14.03	4.28
145.71	0.20	117.41	116.79	0.62	0.83	14.85	-2.15	12.70	10.48	2.22
132.00	1.17	110.59	110.09	0.49	1.66	12.15	-1.76	10.39	8.85	1.53
133.73	1.75	116.46	115.85	0.60	2.35	11.21	-1.62	9.59	8.26	1.32
167.42	5.36	146.81	145.30	1.51	6.87	15.13	-2.19	12.94	10.64	2.30
240.61	20.71	212.79	206.41	6.39	27.10	37.74	-5.46	32.28	20.99	11.29
309.42	48.25	269.54	254.04	15.51	63.76	84.74	-12.27	72.48	32.83	39.65
337.40	58.95	288.22	268.43	19.79	78.74	111.56	-16.15	95.41	36.84	58.58
338.83	53.92	287.94	268.23	19.72	73.63	110.47	-15.99	94.48	36.70	57.78
329.08	43.64	267.45	252.38	15.07	58.71	95.41	-13.81	81.60	34.58	47.02
291.18	20.27	233.23	224.18	9.05	29.31	63.89	-9.25	54.64	28.60	26.04
235.42	3.63	183.73	180.10	3.62	7.25	35.85	-5.19	30.66	20.29	10.37
182.91	0.50	142.83	141.48	1.35	1.86	22.15	-3.21	18.94	14.40	4.55
141.98	0.05	110.29	109.80	0.49	0.54	14.93	-2.16	12.77	10.53	2.24
111.35	0.09	87.57	87.37	0.19	0.29	10.82	-1.57	9.25	8.02	1.24

96.36	0.36	78.88	78.75	0.13	0.49	8.51	-1.23	7.28	6.49	0.79
107.94	1.24	91.08	90.85	0.23	1.46	7.95	-1.15	6.80	6.11	0.69
150.74	4.45	132.45	131.45	1.00	5.46	11.57	-1.67	9.89	8.49	1.40
240.50	22.02	213.70	207.21	6.49	28.51	37.00	-5.36	31.65	20.72	10.93
278.28	27.25	241.68	231.33	10.34	37.60	58.32	-8.44	49.87	27.24	22.64
308.24	40.20	265.00	250.43	14.57	54.77	82.01	-11.87	70.14	32.34	37.80
313.26	37.24	259.63	246.12	13.51	50.75	83.09	-12.03	71.06	32.53	38.53
253.32	2.91	203.40	198.03	5.37	8.29	40.82	-5.91	34.91	22.07	12.84
202.45	1.01	159.21	157.14	2.07	3.08	25.15	-3.64	21.51	15.83	5.67
157.86	0.09	122.14	121.41	0.73	0.82	16.65	-2.41	14.24	11.51	2.73
123.40	0.15	95.20	94.93	0.27	0.42	11.93	-1.73	10.20	8.72	1.48
95.88	0.04	74.26	74.16	0.10	0.14	8.86	-1.28	7.58	6.73	0.85
87.51	0.42	69.27	69.20	0.08	0.49	7.22	-1.05	6.18	5.60	0.58
88.98	0.59	71.51	71.43	0.09	0.68	6.28	-0.91	5.37	4.93	0.44
144.30	4.35	122.63	121.89	0.74	5.09	10.01	-1.45	8.56	7.49	1.07
217.02	15.27	188.54	184.53	4.01	19.28	26.78	-3.88	22.90	16.57	6.33
296.23	43.24	263.49	249.23	14.26	57.50	74.07	-10.72	63.35	30.82	32.54
295.66	24.52	264.36	249.92	14.44	38.96	69.77	-10.10	59.67	29.92	29.76
300.26	27.44	259.36	245.90	13.46	40.89	70.81	-10.25	60.56	30.14	30.42
263.57	7.58	218.44	211.38	7.06	14.63	44.77	-6.48	38.29	23.37	14.92
222.74	3.16	177.19	174.04	3.15	6.31	29.69	-4.30	25.39	17.84	7.55
174.85	0.13	139.07	137.85	1.22	1.35	19.19	-2.78	16.41	12.89	3.52
141.65	0.38	107.69	107.24	0.44	0.82	13.71	-1.98	11.72	9.81	1.92
114.60	0.44	87.05	86.86	0.19	0.63	10.44	-1.51	8.93	7.77	1.16
106.35	0.88	82.36	82.21	0.15	1.03	8.80	-1.27	7.53	6.69	0.84
103.09	0.87	79.93	79.79	0.13	1.00	7.69	-1.11	6.58	5.93	0.65
164.74	6.66	133.58	132.54	1.04	7.70	13.63	-1.97	11.65	9.76	1.90
226.50	17.20	191.16	186.93	4.23	21.43	31.19	-4.51	26.67	18.46	8.21
302.76	47.40	265.06	250.48	14.58	61.98	80.45	-11.65	68.80	32.05	36.75
322.54	45.36	293.00	272.01	20.99	66.35	98.40	-14.24	84.16	35.03	49.13
350.74	66.63	314.93	287.80	27.13	93.76	128.79	-18.64	110.14	38.84	71.30
321.93	25.89	282.86	264.37	18.49	44.37	83.22	-12.05	71.17	32.55	38.61
269.28	2.41	227.93	219.63	8.29	10.70	43.26	-6.26	36.99	22.88	14.11
220.34	0.20	177.04	173.91	3.14	3.34	26.23	-3.80	22.43	16.33	6.10

174.77	0.14	134.96	133.88	1.08	1.22	17.55	-2.54	15.01	12.01	3.00
152.71	1.98	116.32	115.72	0.60	2.58	14.58	-2.11	12.47	10.33	2.15
151.45	3.24	117.18	116.56	0.62	3.86	14.18	-2.05	12.13	10.09	2.04
146.64	2.63	111.86	111.35	0.51	3.15	13.24	-1.92	11.32	9.52	1.80
202.49	12.27	160.29	158.16	2.13	14.40	23.92	-3.46	20.46	15.26	5.20
224.09	13.68	182.40	178.87	3.52	17.20	32.46	-4.70	27.76	18.98	8.78
265.70	26.63	224.58	216.74	7.84	34.47	53.45	-7.74	45.72	25.95	19.77
281.96	26.85	249.08	237.50	11.58	38.43	64.37	-9.32	55.05	28.71	26.34
298.44	30.85	266.18	251.37	14.81	45.66	74.37	-10.77	63.60	30.87	32.73
272.17	9.66	243.82	233.13	10.69	20.35	51.23	-7.42	43.81	25.32	18.49
233.52	0.13	203.53	198.15	5.38	5.52	30.84	-4.46	26.37	18.32	8.05
209.29	2.65	175.88	172.82	3.06	5.70	24.03	-3.48	20.55	15.31	5.24
173.30	0.08	138.75	137.54	1.21	1.28	16.59	-2.40	14.19	11.47	2.71
139.07	0.15	108.59	108.14	0.46	0.60	12.08	-1.75	10.33	8.81	1.52
111.27	0.18	85.47	85.29	0.18	0.36	9.17	-1.33	7.85	6.94	0.91
141.45	3.64	108.08	107.64	0.45	4.09	11.03	-1.60	9.43	8.15	1.28
183.90	8.61	145.11	143.67	1.44	10.05	18.20	-2.63	15.56	12.36	3.21
167.39	2.99	130.49	129.55	0.95	3.94	16.30	-2.36	13.94	11.31	2.63
212.35	13.41	171.83	169.04	2.79	16.20	27.51	-3.98	23.53	16.90	6.63
231.14	14.36	196.10	191.43	4.67	19.03	35.93	-5.20	30.73	20.32	10.41
302.57	46.37	261.84	247.90	13.94	60.31	80.63	-11.67	68.96	32.08	36.87
278.81	14.65	246.37	235.25	11.12	25.76	57.85	-8.37	49.47	27.12	22.36
244.77	3.46	216.10	209.33	6.77	10.23	37.35	-5.41	31.94	20.84	11.10
210.96	0.42	185.64	181.86	3.77	4.19	25.03	-3.62	21.41	15.78	5.63
183.23	0.25	155.99	154.08	1.91	2.16	17.94	-2.60	15.34	12.22	3.12
154.76	0.08	126.84	125.99	0.85	0.93	13.15	-1.90	11.25	9.47	1.78
166.95	4.55	133.48	132.45	1.03	5.59	15.06	-2.18	12.88	10.60	2.28
183.37	6.73	144.93	143.50	1.43	8.16	18.77	-2.72	16.05	12.66	3.39
180.97	5.23	141.43	140.13	1.30	6.53	19.19	-2.78	16.41	12.89	3.53
193.42	7.98	152.55	150.80	1.75	9.73	22.62	-3.27	19.35	14.63	4.72
261.73	28.80	211.46	205.23	6.23	35.04	49.67	-7.19	42.48	24.87	17.61
284.68	31.44	236.69	227.13	9.56	41.00	65.87	-9.54	56.34	29.06	27.28
282.94	24.36	236.51	226.97	9.54	33.89	62.95	-9.11	53.84	28.38	25.46
236.55	3.17	201.96	196.74	5.23	8.39	36.77	-5.32	31.44	20.63	10.81

204.37	1.74	177.96	174.76	3.20	4.94	25.58	-3.70	21.87	16.03	5.84
195.66	3.95	172.43	169.59	2.83	6.78	22.81	-3.30	19.51	14.72	4.79
171.19	0.25	149.17	147.56	1.60	1.85	16.57	-2.40	14.17	11.46	2.71
162.94	1.93	139.92	138.67	1.25	3.18	14.64	-2.12	12.52	10.36	2.16
151.10	1.34	124.92	124.13	0.80	2.13	12.49	-1.81	10.68	9.07	1.61
206.91	12.46	166.90	164.41	2.49	14.95	24.02	-3.48	20.54	15.30	5.24
178.01	2.13	140.26	139.00	1.26	3.39	18.69	-2.71	15.99	12.62	3.36
239.54	20.97	187.61	183.68	3.93	24.90	37.53	-5.43	32.10	20.91	11.19
320.52	62.51	259.99	246.41	13.58	76.08	96.99	-14.04	82.95	34.82	48.14
314.67	40.03	262.38	248.34	14.04	54.08	88.89	-12.87	76.02	33.53	42.49
347.99	73.87	288.57	268.70	19.87	93.75	127.28	-18.43	108.86	38.68	70.18
287.85	10.69	241.17	230.91	10.26	20.96	59.64	-8.63	51.00	27.57	23.43
258.74	10.70	219.23	212.08	7.16	17.86	45.43	-6.58	38.85	23.58	15.27
216.51	1.19	188.79	184.76	4.03	5.22	28.80	-4.17	24.63	17.46	7.17
191.80	1.38	169.79	167.12	2.67	4.05	21.51	-3.11	18.40	14.08	4.32
176.40	1.47	155.84	153.94	1.91	3.37	17.45	-2.53	14.92	11.95	2.97
169.67	2.17	147.00	145.48	1.51	3.68	15.63	-2.26	13.37	10.93	2.44
199.31	8.70	166.27	163.82	2.46	11.16	22.09	-3.20	18.90	14.37	4.53
217.52	11.00	179.00	175.72	3.28	14.28	28.65	-4.15	24.50	17.40	7.10
255.16	22.35	206.08	200.44	5.65	28.00	45.40	-6.57	38.83	23.57	15.25
272.66	25.83	219.17	212.02	7.15	32.98	56.55	-8.19	48.36	26.78	21.59
313.71	50.31	258.48	245.20	13.29	63.60	90.38	-13.08	77.30	33.78	43.52
324.34	49.14	264.33	249.90	14.43	63.58	97.36	-14.09	83.26	34.87	48.39
278.86	13.88	228.06	219.75	8.31	22.19	57.06	-8.26	48.80	26.91	21.89
232.29	3.88	189.62	185.52	4.10	7.98	34.89	-5.05	29.84	19.93	9.91
187.90	0.46	156.23	154.31	1.92	2.38	22.31	-3.23	19.08	14.48	4.60
181.51	4.09	156.11	154.19	1.92	6.01	20.49	-2.97	17.52	13.56	3.96
161.45	0.94	141.40	140.10	1.30	2.24	15.80	-2.29	13.52	11.03	2.48
172.69	4.18	152.21	150.48	1.74	5.92	16.95	-2.45	14.49	11.67	2.82
233.89	17.77	204.87	199.35	5.52	23.29	34.96	-5.06	29.90	19.96	9.94
262.34	20.98	225.95	217.92	8.02	29.00	48.96	-7.09	41.87	24.66	17.21
297.40	36.31	249.68	238.00	11.68	48.00	72.66	-10.52	62.14	30.53	31.61
343.09	71.73	284.83	265.87	18.96	90.69	121.22	-17.55	103.67	38.00	65.67
333.09	48.92	278.67	261.16	17.51	66.43	104.43	-15.12	89.32	35.89	53.43

332.12	50.13	273.51	257.15	16.36	66.49	102.38	-14.82	87.56	35.60	51.95
284.32	13.97	231.74	222.90	8.83	22.80	58.40	-8.45	49.95	27.26	22.69
229.15	1.93	183.75	180.12	3.63	5.56	32.81	-4.75	28.06	19.12	8.94
192.66	2.40	154.97	153.11	1.86	4.26	23.38	-3.39	20.00	15.00	5.00
154.66	0.19	125.16	124.36	0.80	0.99	15.99	-2.32	13.68	11.14	2.54
135.44	0.94	112.42	111.90	0.52	1.46	12.60	-1.82	10.78	9.14	1.64
133.40	1.61	116.67	116.06	0.61	2.22	11.35	-1.64	9.71	8.36	1.35
151.36	3.21	133.65	132.61	1.04	4.25	12.60	-1.82	10.78	9.14	1.64
169.38	4.37	149.59	147.97	1.62	5.99	15.13	-2.19	12.94	10.64	2.29
245.73	22.34	211.07	204.88	6.19	28.53	39.18	-5.67	33.50	21.50	12.01
325.64	62.79	278.58	261.09	17.49	80.28	101.78	-14.73	87.04	35.52	51.53
330.19	48.18	276.41	259.41	17.00	65.18	100.70	-14.58	86.12	35.36	50.76
299.03	22.51	245.26	234.33	10.93	33.44	68.80	-9.96	58.84	29.71	29.13
262.42	11.24	211.67	205.41	6.26	17.50	47.21	-6.83	40.37	24.13	16.24
215.09	2.49	169.39	166.75	2.64	5.13	29.26	-4.24	25.03	17.66	7.37
176.65	1.56	140.80	139.52	1.28	2.84	20.50	-2.97	17.53	13.57	3.96
146.16	0.69	115.78	115.19	0.59	1.28	14.85	-2.15	12.70	10.48	2.22
137.78	1.81	112.05	111.54	0.52	2.33	12.81	-1.85	10.95	9.26	1.69
140.59	2.32	119.21	118.55	0.66	2.98	12.24	-1.77	10.47	8.91	1.56
134.77	1.30	116.80	116.19	0.61	1.91	10.83	-1.57	9.26	8.02	1.24
176.85	6.83	155.75	153.85	1.90	8.74	16.76	-2.43	14.33	11.57	2.76
219.01	12.74	193.53	189.09	4.43	17.17	28.74	-4.16	24.58	17.44	7.14

Variables del modelo

S1	P1	S2	S	P2	P3	R1	F	R2	R	Caudal Simulado
294.43	29.80	259.80	246.26	13.54	43.34	73.34	-10.62	62.72	30.67	32.06
341.00	66.20	295.95	274.19	21.76	87.96	118.62	-17.17	101.45	37.70	63.75
309.62	23.18	258.05	244.84	13.21	36.39	74.09	-10.73	63.36	30.82	32.55
260.82	6.70	210.64	204.50	6.14	12.85	43.66	-6.32	37.34	23.02	14.33
206.39	0.46	160.02	157.91	2.11	2.57	25.59	-3.70	21.89	16.04	5.85
158.67	0.10	120.42	119.73	0.69	0.79	16.82	-2.44	14.39	11.61	2.78
120.77	0.07	88.92	88.71	0.21	0.28	11.89	-1.72	10.17	8.69	1.47
92.93	0.17	69.10	69.03	0.08	0.24	8.94	-1.29	7.64	6.78	0.86
87.18	0.53	66.70	66.63	0.07	0.59	7.37	-1.07	6.31	5.71	0.60

126.01	2.76	100.45	100.11	0.33	3.10	8.80	-1.27	7.53	6.69	0.84
160.80	5.32	136.77	135.63	1.14	6.46	13.15	-1.90	11.24	9.47	1.77
227.72	17.30	198.55	193.65	4.89	22.20	31.67	-4.58	27.08	18.66	8.42
319.17	59.34	284.77	265.83	18.94	78.28	96.94	-14.03	82.91	34.81	48.10
298.25	18.95	265.87	251.12	14.74	33.70	68.51	-9.92	58.59	29.64	28.95
289.67	19.82	246.98	235.77	11.22	31.04	60.69	-8.79	51.90	27.83	24.07
266.18	12.54	220.44	213.13	7.31	19.85	47.68	-6.90	40.78	24.28	16.50
215.20	0.56	171.05	168.30	2.74	3.30	27.58	-3.99	23.59	16.93	6.66
174.03	0.90	135.74	134.63	1.11	2.00	18.93	-2.74	16.19	12.75	3.44
135.09	0.04	101.56	101.21	0.35	0.39	13.14	-1.90	11.24	9.47	1.77
106.98	0.30	80.59	80.45	0.14	0.44	9.91	-1.43	8.48	7.43	1.05
103.70	0.95	79.70	79.57	0.13	1.09	8.51	-1.23	7.28	6.49	0.79
122.36	2.16	95.61	95.33	0.28	2.43	8.92	-1.29	7.63	6.77	0.86
163.37	5.89	132.32	131.32	1.00	6.89	13.66	-1.98	11.68	9.78	1.90
223.72	16.46	188.47	184.47	4.00	20.46	30.24	-4.38	25.86	18.07	7.79
268.36	26.94	235.70	226.29	9.41	36.35	54.42	-7.88	46.54	26.21	20.33
273.27	19.24	246.40	235.28	11.12	30.36	56.57	-8.19	48.38	26.78	21.60
320.28	49.00	285.05	266.03	19.01	68.01	94.79	-13.72	81.07	34.48	46.59
302.70	22.04	263.91	249.56	14.35	36.39	70.87	-10.26	60.61	30.15	30.46
262.77	5.75	220.21	212.93	7.28	13.03	43.18	-6.25	36.93	22.86	14.07
214.37	0.39	173.18	170.30	2.88	3.27	26.13	-3.78	22.34	16.28	6.06
172.28	0.31	135.79	134.68	1.11	1.42	17.70	-2.56	15.14	12.09	3.05
135.50	0.08	103.25	102.88	0.37	0.45	12.54	-1.81	10.72	9.10	1.63
150.16	3.84	116.27	115.68	0.60	4.44	13.54	-1.96	11.58	9.70	1.87
136.78	1.68	105.22	104.82	0.40	2.09	11.79	-1.71	10.08	8.63	1.45
169.99	6.41	134.24	133.18	1.06	7.47	16.10	-2.33	13.77	11.20	2.57
216.86	14.31	176.17	173.09	3.08	17.39	28.59	-4.14	24.45	17.37	7.08
277.39	33.65	234.03	224.87	9.17	42.81	60.18	-8.71	51.47	27.70	23.77
281.15	24.01	246.28	235.18	11.10	35.12	62.82	-9.09	53.73	28.34	25.38
282.47	21.44	249.69	238.00	11.68	33.12	61.47	-8.90	52.57	28.02	24.55
243.25	1.92	217.52	210.58	6.94	8.86	36.88	-5.34	31.54	20.67	10.87
216.94	1.70	186.07	182.27	3.81	5.51	26.19	-3.79	22.40	16.31	6.09
184.81	0.47	153.28	151.50	1.79	2.25	18.56	-2.69	15.88	12.55	3.32
152.19	0.08	121.45	120.74	0.71	0.79	13.35	-1.93	11.42	9.59	1.82

122.43	0.12	94.49	94.23	0.26	0.39	9.98	-1.44	8.53	7.47	1.06
104.99	0.52	80.03	79.90	0.14	0.65	8.12	-1.18	6.95	6.23	0.72
134.00	3.10	102.42	102.05	0.36	3.46	9.69	-1.40	8.29	7.28	1.01
145.18	3.32	113.80	113.25	0.55	3.87	11.16	-1.61	9.54	8.23	1.31
242.77	24.21	193.48	189.05	4.43	28.64	36.87	-5.34	31.53	20.67	10.86
268.86	26.30	219.89	212.65	7.24	33.54	54.21	-7.85	46.36	26.15	20.21
279.44	26.51	237.44	227.77	9.68	36.19	62.34	-9.03	53.32	28.23	25.09
266.17	15.18	228.64	220.24	8.39	23.57	51.81	-7.50	44.31	25.49	18.82
230.83	3.25	201.72	196.51	5.20	8.46	33.94	-4.91	29.03	19.56	9.47
201.56	1.13	176.31	173.22	3.09	4.22	23.78	-3.44	20.34	15.19	5.15
173.99	0.12	150.58	148.92	1.66	1.79	16.98	-2.46	14.52	11.69	2.83
152.58	0.43	126.59	125.75	0.84	1.27	12.96	-1.88	11.08	9.36	1.73
126.10	0.03	99.49	99.17	0.32	0.35	9.71	-1.41	8.30	7.29	1.01
114.60	0.86	88.70	88.50	0.20	1.07	8.36	-1.21	7.15	6.39	0.76
113.00	1.21	84.80	84.63	0.17	1.38	7.77	-1.12	6.65	5.98	0.66
169.09	7.15	130.50	129.56	0.95	8.09	14.08	-2.04	12.04	10.03	2.01
227.90	17.90	178.07	174.86	3.21	21.11	31.13	-4.51	26.63	18.44	8.18
293.82	43.31	235.72	226.30	9.42	52.73	71.17	-10.30	60.87	30.22	30.65
311.47	44.39	259.87	246.31	13.55	57.94	88.16	-12.76	75.39	33.41	41.98
292.22	23.39	241.55	231.23	10.32	33.71	67.12	-9.72	57.41	29.34	28.07
248.59	6.30	210.83	204.67	6.16	12.46	41.80	-6.05	35.75	22.40	13.35
221.50	4.47	189.94	185.82	4.12	8.60	31.00	-4.49	26.51	18.39	8.13
187.06	0.24	163.14	160.86	2.28	2.52	20.90	-3.03	17.88	13.77	4.10
162.21	0.19	140.85	139.57	1.28	1.47	15.24	-2.21	13.03	10.71	2.33
141.10	0.15	117.75	117.12	0.63	0.78	11.49	-1.66	9.83	8.44	1.38
118.40	0.09	95.58	95.30	0.27	0.36	8.81	-1.27	7.53	6.69	0.84
130.02	2.19	100.75	100.41	0.34	2.53	9.22	-1.33	7.88	6.97	0.92
114.76	0.81	88.24	88.04	0.20	1.01	7.98	-1.16	6.82	6.13	0.70
205.77	14.18	159.09	157.03	2.07	16.25	22.38	-3.24	19.14	14.51	4.63
222.01	13.21	170.83	168.10	2.73	15.94	30.45	-4.41	26.04	18.16	7.88
279.94	35.85	227.31	219.10	8.21	44.06	62.22	-9.01	53.21	28.20	25.01
276.24	22.97	221.59	214.13	7.45	30.42	58.62	-8.49	50.13	27.31	22.82
232.33	5.45	189.81	185.70	4.11	9.57	36.88	-5.34	31.54	20.67	10.87
190.61	0.96	157.96	155.95	2.01	2.97	23.64	-3.42	20.22	15.12	5.10

157.82	0.24	135.12	134.03	1.09	1.33	16.45	-2.38	14.07	11.40	2.67
140.69	0.64	121.69	120.98	0.72	1.35	12.75	-1.85	10.90	9.23	1.68
126.35	0.41	109.67	109.20	0.47	0.88	10.11	-1.46	8.65	7.56	1.09
158.99	4.59	137.18	136.03	1.15	5.74	13.30	-1.93	11.38	9.56	1.81
182.64	6.27	152.90	151.14	1.77	8.04	17.60	-2.55	15.05	12.03	3.02
181.60	4.49	147.67	146.13	1.54	6.03	18.07	-2.62	15.45	12.29	3.16
257.73	27.52	206.11	200.46	5.65	33.17	45.46	-6.58	38.88	23.59	15.29
283.99	32.15	224.98	217.09	7.90	40.04	63.63	-9.21	54.42	28.54	25.88
313.37	48.66	255.01	242.37	12.64	61.30	89.83	-13.00	76.83	33.69	43.14
306.45	34.96	247.59	236.26	11.32	46.28	79.97	-11.58	68.39	31.96	36.43
272.31	15.46	220.87	213.51	7.36	22.82	54.78	-7.93	46.85	26.31	20.54
217.03	0.96	173.83	170.91	2.92	3.88	30.19	-4.37	25.82	18.05	7.77
173.69	0.44	142.68	141.34	1.35	1.79	19.84	-2.87	16.97	13.23	3.74
143.55	0.23	122.07	121.35	0.73	0.96	14.18	-2.05	12.13	10.09	2.04
123.86	0.19	107.58	107.14	0.44	0.63	10.72	-1.55	9.17	7.95	1.21
121.56	0.93	105.95	105.54	0.41	1.34	9.29	-1.35	7.95	7.02	0.93
130.12	1.69	112.02	111.50	0.52	2.21	9.23	-1.34	7.89	6.98	0.92
155.40	3.99	130.40	129.45	0.94	4.93	11.91	-1.72	10.18	8.71	1.48
268.23	34.06	223.01	215.38	7.64	41.70	50.40	-7.30	43.11	25.08	18.02
300.84	39.44	244.55	233.74	10.81	50.25	75.34	-10.91	64.43	31.07	33.36
328.52	57.32	272.37	256.26	16.11	73.43	104.50	-15.13	89.37	35.90	53.47
315.85	36.97	253.37	241.03	12.34	49.31	85.21	-12.33	72.87	32.91	39.97
262.33	8.83	210.50	204.37	6.13	14.96	47.87	-6.93	40.94	24.33	16.60
228.69	6.75	180.66	177.27	3.40	10.14	34.48	-4.99	29.49	19.77	9.72
186.75	1.72	148.69	147.11	1.58	3.30	23.07	-3.34	19.73	14.85	4.88
156.16	1.08	125.19	124.39	0.80	1.88	16.73	-2.42	14.31	11.55	2.75
135.09	0.90	113.39	112.85	0.54	1.44	13.00	-1.88	11.11	9.38	1.74
144.67	2.66	125.46	124.65	0.81	3.47	12.85	-1.86	10.99	9.29	1.70
195.12	9.71	172.17	169.35	2.81	12.52	21.81	-3.16	18.65	14.23	4.42
206.81	7.37	182.56	179.03	3.54	10.91	25.14	-3.64	21.50	15.83	5.67
295.27	43.58	258.28	245.03	13.25	56.83	72.65	-10.52	62.14	30.52	31.61
330.80	55.56	283.07	264.53	18.54	74.10	104.62	-15.15	89.48	35.92	53.56
331.17	47.57	280.79	262.79	18.00	65.57	101.49	-14.69	86.80	35.48	51.32
305.30	25.52	247.88	236.50	11.37	36.89	72.37	-10.48	61.89	30.47	31.43

260.51	9.61	207.53	201.73	5.80	15.41	45.88	-6.64	39.24	23.72	15.51
211.48	2.40	167.12	164.62	2.51	4.90	28.63	-4.14	24.48	17.39	7.09
166.14	0.22	130.22	129.28	0.94	1.16	18.55	-2.68	15.86	12.55	3.32
137.54	0.74	107.02	106.59	0.43	1.17	13.72	-1.99	11.73	9.81	1.92
123.26	1.09	97.45	97.15	0.30	1.38	11.19	-1.62	9.57	8.26	1.32
136.02	2.64	113.10	112.56	0.54	3.17	11.43	-1.65	9.78	8.41	1.37
151.71	3.47	131.57	130.60	0.98	4.45	12.86	-1.86	11.00	9.29	1.70
156.00	2.67	136.42	135.29	1.13	3.80	13.09	-1.90	11.20	9.44	1.76
235.83	20.01	210.79	204.63	6.16	26.17	35.61	-5.16	30.46	20.20	10.25
314.64	52.95	275.28	258.53	16.75	69.69	89.89	-13.01	76.88	33.70	43.18
323.19	42.53	283.09	264.55	18.54	61.07	94.77	-13.72	81.05	34.48	46.57
302.72	22.77	252.39	240.22	12.16	34.93	69.41	-10.05	59.36	29.84	29.52
285.01	21.17	230.92	222.21	8.71	29.88	59.72	-8.65	51.07	27.59	23.49
231.41	2.87	182.40	178.88	3.52	6.39	33.98	-4.92	29.06	19.58	9.48
183.29	0.79	142.64	141.29	1.34	2.13	21.71	-3.14	18.57	14.18	4.39
145.83	0.48	110.29	109.81	0.49	0.96	15.14	-2.19	12.95	10.65	2.30
123.69	0.93	94.53	94.26	0.26	1.20	11.85	-1.72	10.13	8.67	1.46
135.94	2.76	108.01	107.56	0.45	3.21	11.88	-1.72	10.16	8.69	1.47
155.45	4.23	126.60	125.76	0.84	5.07	13.75	-1.99	11.76	9.83	1.93
181.93	7.03	155.07	153.20	1.87	8.90	18.73	-2.71	16.02	12.64	3.38
256.03	25.96	225.13	217.22	7.92	33.87	46.52	-6.73	39.78	23.92	15.86
274.03	22.31	243.03	232.47	10.56	32.87	56.79	-8.22	48.57	26.84	21.73
350.40	82.78	314.28	287.35	26.93	109.71	136.55	-19.77	116.79	39.64	77.15
300.18	8.52	256.75	243.78	12.96	21.48	61.11	-8.85	52.27	27.93	24.33
276.63	15.04	229.54	221.02	8.52	23.56	51.49	-7.45	44.04	25.40	18.64
222.64	0.48	178.04	174.83	3.21	3.68	29.08	-4.21	24.87	17.58	7.29
176.26	0.24	139.39	138.16	1.23	1.47	19.05	-2.76	16.29	12.81	3.48
150.43	1.31	115.53	114.94	0.58	1.89	14.70	-2.13	12.57	10.40	2.18
122.66	0.54	93.63	93.38	0.25	0.79	11.19	-1.62	9.57	8.25	1.32
124.26	1.80	97.04	96.75	0.29	2.10	10.35	-1.50	8.85	7.71	1.14
146.33	3.70	116.44	115.84	0.60	4.30	12.02	-1.74	10.28	8.77	1.50
158.78	4.15	130.14	129.20	0.94	5.09	13.86	-2.01	11.85	9.90	1.96
215.92	14.40	185.00	181.28	3.72	18.12	28.02	-4.06	23.96	17.12	6.84

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital [X] Fecha de entrega: 07/04/2026

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: WILBER CAJMA MAMANI
Dirección: JR. CAJAMARCA 328 URB. JORGE CHAVEZ
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 43105980
Teléfono: 947786432 email: wilbercajmam@gmail.com

Nombres y Apellidos:
Dirección:
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:
Teléfono: email:

Facultad y/o Escuela de Posgrado: MAESTRÍA EN INGENERIA CIVIL
Escuela Profesional o Mención: HIDRÁULICA
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 [X] Trabajo de Suficiencia Profesional [ ] Trabajo Académico [ ]

Título: EMPLEO DE UN MODELO HIDROLÓGICO PARA LA ESTIMACIÓN DE CAUDALES DE LA CUENCA HUANCANÉ DEL DEPARTAMENTODE PUNO, 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): MODELO HIDROLÓGICO, GR2M, PRECIPITACIÓN.

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV [1, 2]?

2

[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, entré 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.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

2. Referencia de tesis:

☐ Bachiller ☐ Titulo ☐ 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 comérciales 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

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

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.

[X] Internacional

[ ] Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P51



07/04/2026

Firma de Autor | huella digital | Fecha

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/