

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE  
HUAMANGA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS GEOLOGÍA Y CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INFLUENCIA DE LAS ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS EN EL  
PROCESO DE REAJUSTE DINÁMICO DE LOS RÍOS

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

JHON FREDY PILLACA MENESES

ASESOR:

ING. EDMUNDO CANCHARI GUTIÉRREZ

AYACUCHO - PERÚ

31 DE DICIEMBRE DE 2018

# Dedicatoria

*A mi madre, de cuyos auténticos cabellos grises yo soy una de las principales causas. A mi padre, por su infinita paciencia y tolerancia. A mis hermanos por lo que representan para mí y por ser parte importante de una hermosa familia unida. A ellos les dedico esta tesis, pues es a ellos a quienes se las debo por su apoyo incondicional.*

# Agradecimiento

Mi agradecimiento a la Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga, la cual me abrió sus puertas para formarme profesionalmente.

Mi agradecimiento especial a mi asesor de tesis el Ing. Edmundo Canchari Gutiérrez, quién me brindó la oportunidad de realizar esta investigación y que pese a su recargado trabajo aceptó guiarme para realizarlo correctamente.

Infinitas gracias a mis padres Eugenia y Juan por todo el esfuerzo que hicieron durante todos estos años para que pueda culminar mis estudios universitarios; por haberme servido de ejemplo, apoyo y guía durante todo el trayecto de mi vida.

# Introducción

El lecho de la red hídrica cambia constantemente, los fenómenos que posibilitan este cambio a gran escala son las crecidas de los ríos, que corresponden a la generación de los caudales de máxima avenida, el indicador principal del cambio del lecho del río es la pendiente de la red hídrica, en este caso la pendiente promedio, que se adapta constantemente. El análisis que se realiza de este fenómeno en la investigación determina esta variación del lecho del río asociado al cambio de su pendiente promedio, son múltiples factores que determinan este hecho: el tipo del suelo, las condiciones topográficas, la producción de sedimentos, la socavación, los caudales de máxima avenida, los caudales promedio mensuales, etc. Se analiza el efecto producido en el equilibrio dinámico de la red hídrica por efecto o presencia de las estructuras hidráulicas, encontrándose que se encuentra directamente relacionado por la disposición de la estructura hidráulica sobre la red hídrica, además, cada red hídrica encuentra su equilibrio de forma particular y temporal, porque este cambio de la pendiente de la red hídrica es continua y es inherente a la existencia de la red hídrica. Se analiza los efectos producidos sobre la red hídrica considerando dos estructuras: puente y una captación. Se concluye que la red hídrica encuentra un estado de equilibrio temporal constantemente, este equilibrio actual cambia por otro estado de equilibrio debido en esencia a los caudales de máxima avenida.

# Resumen

Se determina la variación de la pendiente promedio del río en el tiempo por la presencia de una estructura hidráulica, fenómeno conocido como equilibrio de fondo o reajuste dinámico de la red hídrica, la investigación se encuentra aplicada en un proyecto local, la construcción del puente Allqu Machay y se analiza de igual manera los efectos por la presencia de una estructura de captación, se analizó el efecto de esta estructura hidráulica sobre la red hídrica, considerando tres componentes: aguas arriba de la estructura hidráulica, aguas abajo y el efecto local.

Palabras clave: red hídrica, equilibrio de fondo, reajuste dinámico.

# Abstract

The variation of the average slope of the river in time is determined by the presence of a hydraulic structure, a phenomenon known as background equilibrium or dynamic readjustment of the water network, the research is applied in a local project, the construction of the Allqu Machay and the effects are analyzed in the same way by the presence of a catchment structure, the effect of this hydraulic structure on the water network was analyzed, considering three components: upstream of the hydraulic structure, downstream and the local effect.

keywords: water network, background balance, dynamic readjustment

# Índice general

<b>Dedicatoria</b>	<b>I</b>
<b>Agradecimiento</b>	<b>II</b>
<b>Introducción</b>	<b>III</b>
<b>Resumen</b>	<b>IV</b>
<b>Índice general</b>	<b>V</b>
<b>Índice de tablas</b>	<b>VIII</b>
<b>Índice de figuras</b>	<b>IX</b>
<b>1. Planteamiento del estudio</b>	<b>1</b>
1.1. Descripción de la realidad problemática . . . . .	1
1.2. Problema . . . . .	2
1.2.1. Problema Central . . . . .	2
1.2.2. Problema Específicos . . . . .	2
1.3. Objetivos . . . . .	3
1.3.1. Objetivo General . . . . .	3
1.3.2. Objetivo Específico . . . . .	3
1.4. Hipótesis . . . . .	3
1.4.0.1. Hipótesis General . . . . .	3
1.4.1. Hipótesis Específico . . . . .	3

1.5.	VARIABLES E INDICADORES . . . . .	4
1.6.	JUSTIFICACIÓN . . . . .	4
1.7.	METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO . . . . .	5
<b>2.</b>	<b>MARCO TEÓRICO Y MARCO CONCEPTUAL, DESARROLLO DE LA TEORÍA Y VARIABLE</b>	<b>6</b>
2.1.	ANTECEDENTES . . . . .	6
2.2.	BASES TEÓRICAS . . . . .	9
2.2.1.	SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA . . . . .	10
2.2.2.	LA CUENCA HIDROGRÁFICA . . . . .	12
2.2.3.	MORFOLOGÍA FLUVIAL . . . . .	12
2.2.4.	EQUILIBRIO DE FONDO DE LA RED HÍDRICA . . . . .	14
2.2.4.1.	CÁLCULO DE FLUJO . . . . .	15
2.2.4.2.	CÁLCULO DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS . . . . .	16
2.2.4.3.	INTERMITENCIA . . . . .	17
2.2.4.4.	ESTADOS DE EQUILIBRIO . . . . .	18
2.2.4.5.	CÁLCULO DE LA VARIACIÓN DEL LECHO DEL RÍO . . . . .	19
2.2.4.6.	ESQUEMA NUMÉRICO . . . . .	19
<b>3.</b>	<b>DESARROLLO DEL TRABAJO DE LA TESIS</b>	<b>22</b>
3.1.	INFLUENCIA DE UN PUENTE EN EL PROCESO DE REAJUSTE DINÁMICO DE LOS RÍOS . . . . .	22
3.1.1.	DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA . . . . .	23
3.1.2.	PROPIEDADES MORFOMÉTRICAS DE LA CUENCA Y LA RED HÍDRICA . . . . .	25
3.1.3.	REGISTRO DE VARIABLES HIDRO-METEOROLÓGICAS . . . . .	25
3.1.4.	ANÁLISIS DE LA CONSISTENCIA U HOMOGENEIDAD DE LAS VARIABLES HIDRO- METEOROLÓGICAS . . . . .	26
3.1.5.	HIDROGRAMA DE MÁXIMA AVENIDA . . . . .	30
3.1.6.	CAUDAL PROMEDIO MENSUAL . . . . .	30
3.1.7.	REAJUSTE DINÁMICO DE LA RED HÍDRICA . . . . .	32
3.2.	INFLUENCIA DE UNA ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN EN EL PROCESO DE REAJUSTE DI- NÁMICO DE LOS RÍOS . . . . .	33

3.2.1.	Ubicación del sistema hidráulico Chiara . . . . .	33
3.2.2.	Cuencas hidrográficas . . . . .	35
3.2.3.	Caudal promedio mensual . . . . .	35
3.2.4.	Hidrograma de máxima avenida . . . . .	35
3.2.5.	Equilibrio dinámico . . . . .	37
<b>4.</b>	<b>Resultados y análisis</b>	<b>39</b>
4.1.	Resultados obtenidos . . . . .	39
4.1.1.	Hidrograma de máxima avenida . . . . .	39
4.1.2.	Caudal promedio mensual . . . . .	39
4.1.3.	Equilibrio de fondo de la red hídrica . . . . .	39
4.2.	Análisis de los resultados . . . . .	41
<b>5.</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones</b>	<b>43</b>
Conclusiones	. . . . .	43
Recomendaciones	. . . . .	44
<b>Bibliografía</b>		<b>46</b>
<b>Anexos</b>		<b>48</b>
<b>Anexo A. Planos</b>		<b>49</b>
<b>Anexo B. Propiedades morfométricas de la cuenca hidrográfica</b>		<b>59</b>
<b>Anexo C. Registro de precipitaciones</b>		<b>62</b>
<b>Anexo D. Caudal promedio mensual</b>		<b>80</b>



# Índice de tablas

3.1. Punto de drenaje de la cuenca Huarpa . . . . .	23
3.2. Límite geográfico de la cuenca hidrográfica del río Huarpa . . . . .	24

# Índice de figuras

1.1. Variables e indicadores . . . . .	4
2.1. Definición sistema de información geográfica . . . . .	9
2.2. Sistema de información geográfica . . . . .	10
2.3. Archivos ráster y vectorial . . . . .	11
2.4. Cuenca hidrográfica . . . . .	12
2.5. Red hídrica . . . . .	13
2.6. hidrograma idealizado asociado a la intermitencia . . . . .	18
2.7. Esquema para la solución numérica . . . . .	20
3.1. Delimitación espacial de la cuenca Huarpa . . . . .	23
3.2. Sub cuencas determinados en el río Huarpa . . . . .	24
3.3. Cuenca general y la red hídrica . . . . .	24
3.4. Red hídrica de la cuenca Huarpa . . . . .	25
3.5. Estaciones climatológicas . . . . .	26
3.6. Análisis de la homogeneidad de la estación Huanta . . . . .	28
3.7. Análisis de la homogeneidad de la estación La Quinoa . . . . .	29
3.8. Caudal de máxima avenida para un tiempo de retorno de 5 años . . . . .	30
3.9. Caudal de máxima avenida para un tiempo de retorno de 100 años . . . . .	31
3.10. Caudal de máxima avenida para un tiempo de retorno de 140 años . . . . .	31
3.11. Caudal medio mensual . . . . .	32
3.12. Evolución del lecho del río . . . . .	33
3.13. Estructura de captación de caudal Lambras Huaqu . . . . .	34

3.14. Ubicación del sistema Chiara . . . . .	34
3.15. Cuencas asociadas al sistema Chiara . . . . .	35
3.16. Cuenca del río Lambras Huayqu . . . . .	36
3.17. Caudales promedios mensuales . . . . .	36
3.18. Hidrograma de máxima avenida para Tiempo de retorno de 50años . .	37
3.19. Adaptación de la pendiente de la red hídrica para distintos . . . . .	38
4.1. Caudal de máxima avenida considerando un tiempo de retorno de 500 años . . . . .	40
4.2. Caudal promedio mensual . . . . .	40
4.3. Evolución del fondo del río . . . . .	41

# Capítulo 1

## Planteamiento del estudio

El presente capítulo contiene el planteamiento del estudio de la tesis, define el problema de estudio, los objetivos e hipótesis, alcances y limitaciones de la investigación.

### 1.1. Descripción de la realidad problemática

El río se encuentra en una variación constante, buscando su propio equilibrio, la construcción de las diferentes estructuras hidráulicas en los cauces de los ríos alteran el equilibrio natural que había adquirido inicialmente, estas alteraciones suceden localmente, en el punto o zona de construcción de la estructura hidráulica, de igual manera suceden los cambios aguas arriba y aguas abajo de la estructura hidráulica.

Con frecuencia cuando se construye una estructura hidráulica no se toma en cuenta la alteración a mediano y largo plazo en las condiciones de equilibrio naturales del río adquiridos en el tiempo, estas alteraciones pueden manifestarse con la disminución del ancho efectivo del río que determinará su inmediata búsqueda de las condiciones de equilibrio nuevas, siempre ajustándose a las condiciones actuales por la presencia de alguna estructura hidráulica que altera su equilibrio natural desarrollado.

Las alteraciones se manifiestan en el cambio de los parámetros de la hidráulica flu-

vial, parámetros presentes en el fenómeno denominado en la hidráulica fluvial como equilibrio de fondo: caudal líquido, caudal sólido, la pendiente, tamaño o diámetro de las partículas, la erosión y la sedimentación o acreción; estos principales parámetros buscan un nuevo equilibrio a causa de la alteración de las condiciones naturales del río en una zona local.

El equilibrio de fondo en la hidráulica fluvial, a mediano y largo plazo, se toma muy poco en cuenta cuando se construyen estructuras hidráulicas, en la presente investigación se analizará la variación de los parámetros que determinan el equilibrio de fondo en la hidráulica fluvial como consecuencia de la construcción de estructuras hidráulicas, analizado a corto, mediano y largo plazo las alteraciones que sufren los ríos como consecuencia de la construcción de las estructuras hidráulicas.

La construcción de las estructuras hidráulicas altera el equilibrio natural del río, puede generar inundaciones, alteración de la flora y fauna propias del sistema de los ríos, el cambio sustancial sucede en el denominado equilibrio de fondo, donde los parámetros determinados de este buscarán inmediatamente nuevas condiciones de equilibrio frente a la presencia de una estructura hidráulica.

## **1.2. Problema**

### **1.2.1. Problema Central**

¿Cómo influye las estructuras hidráulicas en el proceso de reajuste dinámico o equilibrio de fondo de los ríos?

### **1.2.2. Problema Específicos**

- ¿Cuál es el efecto local en un río ante interferencias externas?.
- ¿Cómo es el efecto aguas arriba en un río en el proceso de reajuste dinámico por la construcción de una estructura hidráulica?.

- ¿De qué manera se modifica , aguas abajo, el equilibrio de fondo de los ríos, como consecuencia de la construcción de una estructura hidráulica?.

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo General**

Determinar la influencia de las estructuras hidráulicas en el proceso de reajuste dinámico o equilibrio de fondo de los ríos.

### **1.3.2. Objetivo Específico**

- Analizar el efecto local en un río ante interferencias externas.
- Identificar el efecto aguas arriba en un río en el proceso de reajuste dinámico por la construcción de una estructura hidráulica.
- Evaluar los efectos aguas abajo de un río como consecuencia de la construcción de una estructura hidráulica.

## **1.4. Hipótesis**

### **1.4.0.1. Hipótesis General**

Las estructuras hidráulicas definen el proceso de reajuste dinámico o equilibrio de fondo de los ríos.

### **1.4.1. Hipótesis Específico**

- Si existe una interferencia externa en la red hídrica entonces se producen efectos locales en el proceso de reajuste dinámico de los ríos.
- Una estructura hidráulica genera efectos en el equilibrio de fondo aguas arriba de esta estructura hidráulica.

- La construcción de una estructura hidráulica altera el equilibrio de fondo aguas abajo de esta estructura hidráulica.

## 1.5. Variables e indicadores

Las variables e indicadores identificados se muestra en la figura 1.1.

Variables	Indicadores
<b>Directas (independientes)</b> Estructuras civiles en general (construidas en el lecho o al margen del río).	<b>Directas</b> Puentes, captaciones, defensas ribereñas, etc.
<b>Indirectas (dependientes)</b> Reajuste dinámico de la red hídrica.	<b>Indirectas</b> Cambio de la pendiente promedio de la red hídrica.
<b>Intervinientes</b> a) La cuenca hidrográfica. b) Variables climatológicas. c) Propiedades geométricas de la red hídrica.	<b>Intervinientes</b> a) superficie, perímetro, ubicación de la cuenca, ect. b) Precipitación. c) longitud, sección transversal.

**Figura 1.1:** Variables e indicadores

El cambio de la pendiente promedio de la red hídrica, expresa el proceso de reajuste dinámico del río, y contiene los procesos de socavación y arrastre de sedimentos.

## 1.6. Justificación

El desarrollo de la tesis propuesta queda justificada por las siguientes razones:

- Es importante para la sociedad en su conjunto, porque actualmente el país invierte considerablemente en la construcción de las estructuras hidráulicas con la finalidad de cubrir necesidades básicas, el diseño de estas estructuras hidráulicas deben considerar el reajuste dinámico o equilibrio de fondo de los ríos y evaluarlo para periodos a corto, mediano y largo plazo.

- Es útil para los profesionales inmiscuidos en el diseño de las estructuras hidráulicas, servirá como fuente los análisis y resultados obtenidos en la investigación.
- Es necesario para el planeamiento integral del aprovechamiento del recurso hídrico, con un estudio adecuado a mediano y largo plazo del equilibrio dinámico de los ríos se podrá garantizar su disponibilidad del recurso hídrico o disponer de muchos escenarios para afianzarla.

## 1.7. Metodología y Plan de trabajo

La tesis, teniendo en cuenta el tipo de investigación es no experimental, con un enfoque cuantitativo y un alcance descriptivo. El plan de trabajo dispone del procedimiento siguiente:

- Inicia con la documentación de la fundamentación teórica de los temas requeridos para el desarrollo de la tesis, específicamente de la hidráulica fluvial.
- Desarrollo de la tesis correspondiente al capítulo de materiales y métodos, la delimitación de la zona de estudio mediante la aplicación de sistemas de información geográfica y la determinación de los parámetros morfométricos necesarios, determinación de los usos del suelo y demás datos requeridos.
- El análisis de los efectos de las estructuras hidráulicas sobre la red hídrica, analizando efectos locales, efectos aguas arriba y aguas abajo.



# Capítulo 2

## Marco teórico y marco conceptual, desarrollo de la teoría y variable

Se desarrolla el marco teórico, contiene: los antecedentes de la investigación, las bases teóricas (sistemas de información geográfica, la cuenca hidrográfica, climatología, transformación de la precipitación en escorrentía, equilibrio dinámico del río), marco conceptual y aspectos de responsabilidad social.

### 2.1. Antecedentes

El conocimiento sobre el comportamiento de los ríos [1] fue de interés desde tiempos muy antiguos, interés atribuido desde el momento mismo del surgimiento del hombre, ha evolucionado en el tiempo y siempre formó parte de la naturaleza, es omnipotente en las épocas de máxima avenida y necesarias para la existencia de todas las formas de vida en el mundo. En la ingeniería de ríos, el equilibrio de fondo es estudiado en formulaciones basadas en los modelos empíricos, modelos que surgen determinados por los registros directos [8] de los fenómenos de interés, algunos estudios que anteceden y determinan la base de investigación son los siguientes:

- El artículo [10] titulado Alteraciones geomorfológicas recientes en los sistemas

fluviales mediterráneos de la Península Ibérica. Síntomas y problemas de incisión en los cauces, publicado en la Revista de Geografía Norte Grande en el año 2014, cuyos autores Carmelo Conesa García y Pedro Pérez Cutillas, cuyo resumen (transcrito): Con el presente artículo se pretende dar una visión general de los recientes ajustes morfológicos que han sufrido los sistemas fluviales mediterráneos en la Península Ibérica a causa de la acción del hombre. En primer lugar, se exponen las principales actuaciones que alteran la cuantía y el régimen de sus aportaciones de aguas y sedimentos. Tras analizar la actual situación de inestabilidad y ruptura del equilibrio natural de muchos de estos sistemas, incluyendo las llanuras aluviales, se estudian los cambios más importantes observados en la morfodinámica de los cauces. Con especial detalle, por sus repercusiones ambientales y socioeconómicas, ha sido abordado el análisis de la creciente tendencia a la incisión del cauce durante las últimas décadas, así como su relación con la gestión de los recursos hidrológicos y las distintas acciones llevadas a cabo en cuencas y cursos de agua.

- El artículo titulado “Erosión, sedimentación y restauración de ríos. Ejemplos de ingeniería e investigación”, publicado en el año 2013, cuyo autor Martín Vide, presenta el resumen siguiente: Este artículo [19] presenta algunos ejemplos de estudio de ingeniería fluvial en que el sedimento desempeña un papel relevante, dominio llamado a veces hidromorfología fluvial, fluviomorfología o también morfodinámica fluvial. Trata más del perfil longitudinal y las secciones transversales del río que de la movilidad en planta. Los ejemplos de ingeniería proceden de Latinoamérica, de la erosión en los ríos de la costa norte del Perú durante El Niño de 1998 y de la sedimentación en el cauce del río Pilcomayo, que comparten Bolivia, Argentina y Paraguay, en ambos casos como fruto de la experiencia en misiones europeas. Por su magnitud, esta clase de problemas interesan a la geomorfología fluvial. Los ejemplos de restauración proceden de Europa, en particular del río Besòs cerca de Barcelona, y de países europeos más avanzados. Se trata siempre de la restauración de ríos de gravas pequeños. Al final se tocan de forma breve

temas de investigación en ríos torrenciales de pendiente alta y protecciones de escollera (enrocado), desarrollados en la UPC por el autor y sus colaboradores. El artículo fue la conferencia inaugural del XXV Congreso Latinoamericano de Hidráulica celebrado en San José de Costa Rica del 9 al 12 de septiembre de 2012.

- El artículo “Modelación hidráulica y morfodinámica de cauces sinuosos aplicación a la quebrada la marinilla (ANT)” [16], publicado el año 2011, cuyo autor López, presenta el resumen: En este trabajo se analizan los procesos de erosión y sedimentación en cauces aluviales tomando como caso de estudio tres tramos del cauce de la quebrada La Marinilla para conocer su movilidad, condicionada por la intervención antrópica y las fluctuaciones del nivel base (río Negro). Esta movilidad es evaluada a través del modelo numérico CCHE2D que permite simular los procesos de agradación y degradación del canal y los cambios morfológicos del mismo. De acuerdo a los resultados, las estructuras de puentes implementadas sobre el cauce de la quebrada La Marinilla y las fluctuaciones del nivel en el río negro pueden modificar y limitar la movilidad del canal en el tiempo.
- El artículo “Estabilidad fluvial de una protección transversal de escollera en comparación con una longitudinal” [6], publicado el año 2011, cuyos autores de Almeida y Martín-Vide, presentan como resumen del artículo: Se llevó a cabo una investigación experimental en laboratorio para determinar la influencia de la longitud, anchura y protuberancia de protecciones discontinuas de escollera sobre sus condiciones de fallo por arrastre. El criterio de fallo de la protección fue el inicio del movimiento de las partículas de escollera. La condición de inicio de movimiento se estableció a partir del método del transporte de referencia. En cada experimento se midió la tasa de transporte de partículas de escollera en distintos intervalos de tiempo con una trampa de sedimentos. Los resultados revelan que el inicio de movimiento de protecciones transversales está fuertemente influenciado por la protuberancia y la longitud de la protección, es decir, que la estabilidad se incrementa significativamente con el aumento de la longitud en el sentido de

la corriente y la disminución de la protuberancia. En el caso de protecciones longitudinales, se han encontrado las mismas condiciones de fallo verificadas para protecciones continuas, o sea, las que cubren todo el fondo. Además, estas condiciones son independientes de la anchura de la protección. Se propone un coeficiente de corrección de las fórmulas de la bibliografía para tener en cuenta el efecto de la geometría de una protección transversal sobre su estabilidad.

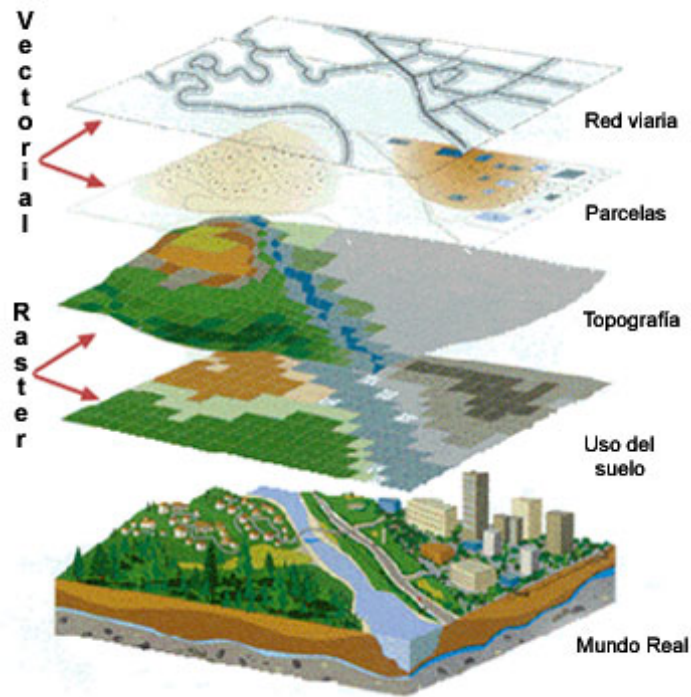
Tomando como trabajos previos y fuentes de información las citadas con anterioridad, en la investigación se analizará el proceso de reajuste dinámico en los ríos a causa de la construcción de estructuras hidráulicas, cuya aplicación se realizará específicamente a la construcción de un puente, proyecto en la región Ayacucho, Perú.

## 2.2. Bases teóricas

Determina el fundamento de las bases teóricas consolidadas hasta la actualidad, necesarias como fundamento teórico para el desarrollo de la investigación.



**Figura 2.1:** Definición de sistema de información geográfica(fuente: <http://volaya.github.io>)



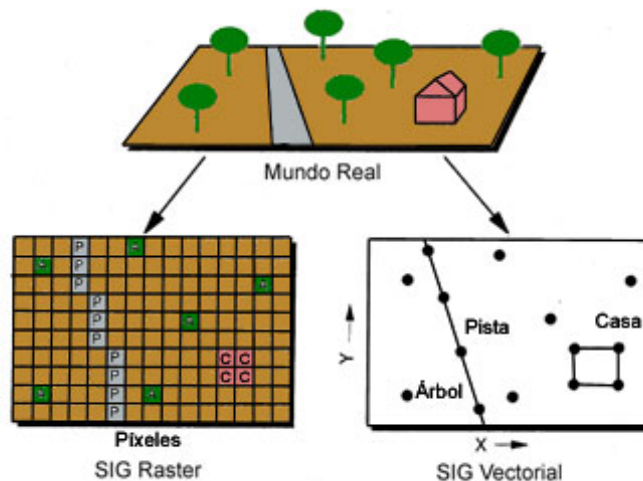
**Figura 2.2:** Sistema de información geográfica(fuente: <http://concurso.cnice.mec.es/>)

### 2.2.1. Sistema de información geográfica

El sistema de información geográfica<sup>1</sup> está conformado de hardware, software, procedimientos diseñados para soportar la captura, administración, manipulación, análisis, modelamiento y graficación de datos u objetos referenciados espacialmente, para resolver problemas complejos de planeación y administración, además del personal capacitado. Un sistema de información geográfica es una herramienta de análisis de información. La información debe tener una referencia espacial y debe conservar una inteligencia propia sobre la topología y representación. La Figura 2.2 muestra la abstracción del mundo real bajo el sistema de información geográfica, mientras el gráfico 2.1 muestra la definición de sistema de información geográfica.

Los sistema de información geográfica para representar la información requerida, tradicionalmente almacena la información en dos tipos de archivos: vectoriales y de tipo ráster.

<sup>1</sup>Esta sección se tomó desde <http://concurso.cnice.mec.es/>



**Figura 2.3:** Archivos ráster y vectorial(fuente: <http://concurso.cnice.mec.es/>)

Los archivos vectoriales utilizan vectores para la descripción de los objetos geográficos. Los formatos de archivos y las herramientas que incorporan son: puntos, líneas y polígonos.

Los archivos ráster basan su funcionalidad en los formatos gráficos de mapas de bits. Su forma de proceder es dividir el espacio en una retícula o matriz regular de pequeñas celdas (a las que se denomina píxeles ) y atribuir un valor numérico a cada celda como representación de su valor temático. Dado que la matriz es regular (el tamaño del píxel es constante) y que conocemos la posición en coordenadas del centro de una de las celdas, se puede decir que todos los píxeles están georreferenciados. La Figura 2.3 muestra la representación de los elementos geográficos en archivos ráster y vectorial.

Los programas de aplicación especializados en sistema de información geográfica, son: QGis, Saga GIS, Grass GIS, ArcGIS; entre los programas gratuitos y propietarios. Otro componente importante es la localización, ya que toda la información representada en formato vectorial o raster se encuentra geo-referenciada, los sistemas de posicionamiento global se dividen en: sistema de coordenadas geográfico y sistema de coordenadas proyectado.

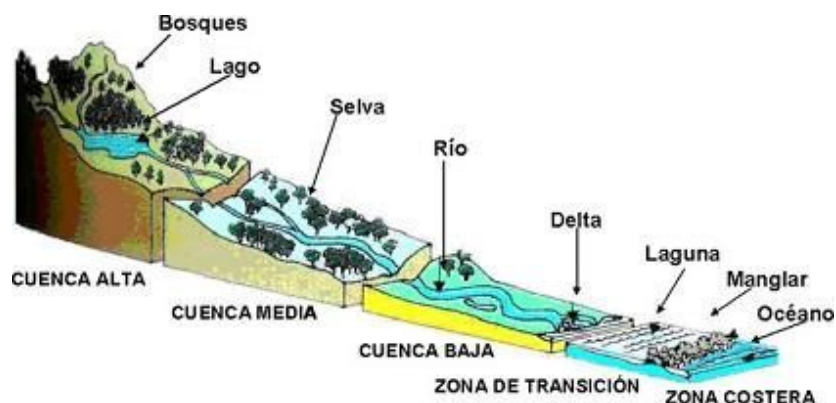


Figura 2.4: Cuenca hidrográfica(fuente: <https://www.definicionabc.com/>)

### 2.2.2. La cuenca hidrográfica

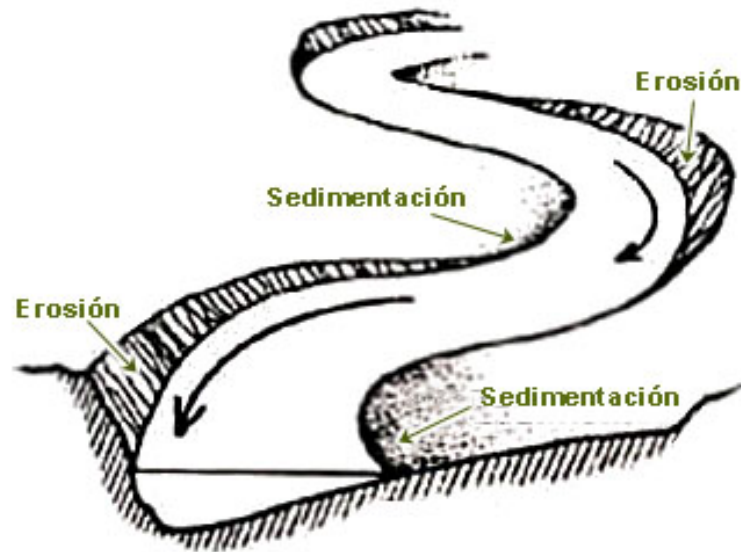
Una cuenca hidrográfica es una superficie territorial (superficie geográfica) cuya característica particular es el drenado de la escorrentía superficial a una única red hídrica, la determinación de esta superficie obedece a la definición de un punto de aforo, que mediante procedimientos de sistemas de información geográfica y a partir de un archivo ráster que contenga las alturas sobre el nivel del mar queda delimitada la cuenca hidrográfica.

La cuenca hidrográfica se encuentra vinculado su red hídrica, donde drena todo caudal que se genera por escorrentía superficial. Las propiedades morfométricas de la red hídrica son de interés especial para el análisis hidrológico e hidráulico. La figura 2.4 muestra la representación de la cuenca hidrográfica.

### 2.2.3. Morfología fluvial

Es el proceso<sup>2</sup> por el que la acción de los ríos modifica de alguna manera el relieve terrestre y el propio trazado de los ríos. Es un concepto fundamental en el análisis de la hidrografía, en especial, en el estudio de las aguas continentales. Estudia la estructura y forma de los ríos, incluyendo la configuración del cauce en planta, las características del perfil a lo largo del cauce, la geometría de las secciones transversales y la forma del fondo. La figura 2.5 muestra las propiedades y los fenómenos que ocurre en una red

<sup>2</sup>Tomado desde <http://morgeoedwin.blogspot.com>



**Figura 2.5:** Red hídrica(fuente: <http://morgeoedwin.blogspot.com>)

hídrica.

La erosión es el proceso por el cual la superficie de la Tierra se desgasta por la acción de agentes externos como: agua, hielo, viento, variaciones térmicas, organismos vivos o el hombre. Este proceso incluye la meteorización, que no implica transporte de material.

El ciclo de erosión está relacionado con todos los procesos que tienen que ver con la degradación de las rocas en la superficie terrestre, así como con el arranque, transporte y de positación de los sedimentos, que luego se convertirán en nuevas rocas sedimentarias. Por lo tanto, la erosión es definida como el ataque de los agentes externos (hidro-meteorológicos y de los seres vivos) a las rocas en superficie.

El río transporta materiales a lo largo de todo su curso, aunque la eficacia del transporte depende de la intensidad de la corriente.

El transporte fluvial se realiza de distinta forma según el tamaño de los materiales. Los cantos, las gravas y las arenas se desplazan por arrastre. En cambio, las partículas más finas, limos y arcillas, son transportados por suspensión.

La fricción a la que son sometidos los sedimentos a lo largo de su recorrido origina



partículas cada vez más finas. Durante el transporte, los materiales van rozando contra las paredes y el fondo, se van desgastando y puliendo hasta originar formas redondeadas, los llamados cantos rodados.

Los ríos producen depósitos tanto en el cauce como en la llanura de inundación. En los ríos que forman meandros, el depósito se produce tanto en el canal como en la llanura de inundación; en ésta la sedimentación ocurre cada vez que una crecida importante hace que el río se desborde de su cauce y comience a circular por la llanura de inundación situada a ambos lados.

#### 2.2.4. Equilibrio de fondo de la red hídrica

Los ríos son elementos que cambian [1] en cada momento, constantemente, sus parámetros sensibles y cambiantes son: la forma de la sección transversal de la red hídrica (socavación y sedimentación), los elementos identificados para el proceso de cambio continuo, son las propiedades siguientes: el caudal líquido, el caudal sólido, la pendiente y el tamaño del sedimento, todo este proceso se encuentra abstraído en el modelo propuesto por Lane.

Para la determinación del equilibrio de fondo de la red hídrica se toma como base el modelo matemático establecido<sup>3</sup> en la siguiente dirección <https://csdms.colorado.edu>, lo que se transcribe al idioma español el modelo especificado, contenido en la guía *FORMULATION FOR: RTe-bookAgDegNormal.xls*.

Calcula la variación en el nivel del lecho del río  $\eta(x, t)$ , donde  $x$  representa una coordenada de flujo continuo y  $t$  representa el tiempo, en un río con ancho constante  $B$ . El sedimento del lecho se caracteriza en términos de un diámetro constante (tamaño de grano único)  $D$  y gravedad específica sumergida  $R$ . El alcance considerado tiene una longitud  $L$ . Se supone que la elevación del lecho en el extremo de aguas abajo es fija. El modelo se basa en la carga total de material de lecho. El modelo es 1D, asume un

---

<sup>3</sup>Tomado desde la siguiente dirección: [https://csdms.colorado.edu/wiki/1D\\_Sediment\\_Transport\\_Morphodynamics\\_with\\_applications\\_to\\_Rivers\\_and\\_Turbidity\\_Currents](https://csdms.colorado.edu/wiki/1D_Sediment_Transport_Morphodynamics_with_applications_to_Rivers_and_Turbidity_Currents)

canal rectangular y no toma en cuenta (descuida) los efectos de pared.

Modificando la tasa de alimentación de sedimentos  $G_{tf}$  en el extremo aguas arriba, el río se verá obligado a encontrar un nuevo equilibrio. El modelo desarrollado calcula esta evolución integrado en un programa computacional.

#### 2.2.4.1. Cálculo de flujo

El flujo en el canal se calcula utilizando una relación de resistencia Manning-Strickler y la aproximación de flujo normal.

$$C_z = \frac{U}{u_*} = \alpha_r \left( \frac{H}{K_c} \right)^{1/6} \quad (2.1)$$

Donde  $U$  representa la velocidad de flujo,  $u_*$  es la velocidad de corte,  $H$  representa la profundidad de flujo,  $g$  representa la aceleración de la gravedad,  $\alpha_r$  es un coeficiente adimensional que varía entre 8 y 9 y  $K_c$  representa una altura de rugosidad compuesta. En ausencia de formas distintas de la rugosidad, la rugosidad  $K_c$  es igual a la altura de la rugosidad del grano  $K_s$ , que está relacionada con el tamaño de grano  $D$  como:

$$K_s = n_k D \quad (2.2)$$

Donde  $n_k$  es un coeficiente adimensional que típicamente varía entre 2 y 5.

La ecuación para la conservación de masa del agua para un flujo a superficie libre en estado cuasi-permanente:

$$Q = q_w B = UBH \quad (2.3)$$

Donde  $Q$  representa la descarga de agua,  $q_w$  representa la descarga de agua por unidad ancho y  $B$  representa ancho del canal. La formulación de flujo normal para el límite

esfuerzo cortante  $\tau_b$  y número de Shields (Shields stress)  $\tau^*$  es:

$$\tau_b = \rho u_*^2 = \rho g H S \quad (2.4a)$$

$$\tau_* = \frac{\tau_b}{\rho R g D} = \frac{H S}{R D} \quad (2.4b)$$

Donde S representa la pendiente del lecho del río, g representa la aceleración de la gravedad.

$$R = \frac{\rho_s}{\rho} - 1 \quad (2.5)$$

Donde  $\rho$  es la densidad del fluido (agua) y  $\rho_s$  es la densidad del sedimento.

Las siguientes relaciones se obtienen desde las ecuaciones 2.1 - 2.4:

$$H = \left[ \frac{(K_c)^{1/3} Q_w^2}{\alpha_r g B^2 S} \right]^{3/10} \quad (2.6)$$

$$\tau_* = \left[ \frac{(K_c)^{1/3} Q_w^2}{\alpha_r g B^2 S} \right]^{3/10} \frac{S^{7/10}}{R D} \quad (2.7)$$

Donde en la ecuación 2.7,  $\tau_*$  es el parámetro utilizado para el cálculo del transporte de sedimentos.

#### 2.2.4.2. Cálculo del transporte de sedimentos

Se toma el modelo empírico propuesto por Meyer-Peter y Müller, que toma la siguiente forma:

$$q_t^* = \begin{cases} \alpha_t (\varphi_s \tau^* - \tau_c^*)^{n_t} & , \quad \tau^* > \tau_c^* \\ 0 & , \quad \tau^* \leq \tau_c^* \end{cases} \quad (2.8)$$

Dónde  $\tau_c^*$  es el número de Shields crítico para el inicio del movimiento del sedimento y  $q_t^*$  en el número de Einstein, definido como:

$$q_t^* = \frac{q_t}{\sqrt{RgDD}} \quad (2.9)$$

Y  $q_t$  es el volumen del transporte de sedimentos por unidad de ancho. Adicionalmente, el parámetro  $\varphi_s$  representa la fracción de tensión de corte límite (si dicha descomposición se usa en la relación de transporte de sedimentos). En ausencia de formas de fondo del río (o si no se usa una descomposición)  $\varphi_s = 1$ . Cuando la forma del lecho del río se toma en cuenta, se debe usar una formulación para resistencia hidráulica que incluya formas del lecho del río para estimar  $\varphi_s$ . En la formulación original de Meyer-Peter y Müller (1948) los siguientes valores son usados:

$$\alpha_t = 8 \quad (2.10a)$$

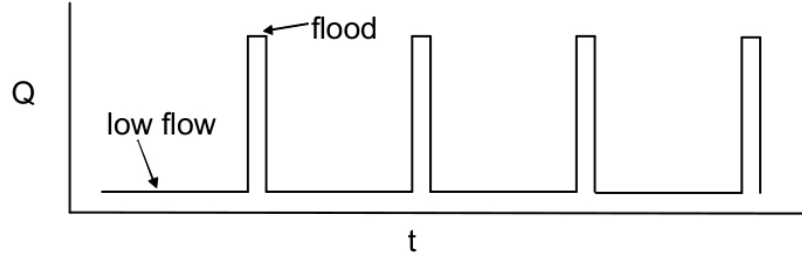
$$n_t = 1.5 \quad (2.10b)$$

$$\tau_c^* = 0.047 \quad (2.10c)$$

### 2.2.4.3. Intermitencia

Los ríos reales tienden a ser morfológicamente activos solo durante las inundaciones. Es decir, la mayoría de las veces no están haciendo mucho para modificar su morfología. La forma más sencilla de tener esto en cuenta es suponer una intermitencia  $l_f$  tal que el río está inundado una fracción  $l_f$  del tiempo, durante el cual  $Q = Q_f$  y  $q_t$  es la tasa de transporte de sedimentos en esta descarga. En otro caso  $(1 - l_f)$  fracción de tiempo en el que se supone que el río no arrastra sedimento. El hidrograma idealizado asociado a la intermitencia se muestra en la figura 2.6.

Después de promediar los resultados sobre muchas inundaciones, la relación entre el tiempo acumulado que el río ha estado en la inundación  $t_f$  y el tiempo real  $t$  es:



**Figura 2.6:** hidrograma idealizado asociado a la intermitencia [Fuente: <https://csdms.colorado.edu>]

$$t_f = l_f t \quad (2.11)$$

#### 2.2.4.4. Estados de equilibrio

La velocidad de transporte (de inundación)  $q_t$  en  $m^2/s$  asociada con un estado de equilibrio para una pendiente determinada se calcula a partir de las ecuaciones 2.7, 2.8 y 2.9. El rendimiento anual de sedimentos  $G_t$  en *toneladas/año* asociado con un estado de equilibrio, en ésta la pendiente se da como:

$$G_t = \rho_s q_t B l_f t_a \quad (2.12)$$

Donde  $t_a$  representa el número de segundos en un año.

El usuario puede entonces especificar una velocidad de alimentación de sedimentos  $G_{tf}$  en el extremo aguas arriba que difiere de  $G_t$ , forzando a la capa a agostarse o degradarse. En el presente cálculo, este proceso está articulado en el extremo aguas abajo del alcance, donde la elevación del lecho se mantiene constante. El número de Shields  $\tau_*$ , la pendiente del lecho  $S$  y la profundidad de flujo  $H$ , finalmente obtenida en el estado de equilibrio asociado con esta velocidad de alimentación se pueden calcular  $q_t$  mediante:

$$q_t = \frac{G_{tf}}{\rho_s B l_f t_s} \quad (2.13)$$

Seguidamente se obtiene  $\tau^*$  desde las ecuaciones 2.8 y 2.9, S se determina mediante la ecuación 2.7, H desde la ecuación 2.6.

#### 2.2.4.5. Cálculo de la variación del lecho del río

La ecuación de Exner de la continuidad del sedimento está representado por la ecuación 2.14.

$$(1 - \lambda_p) \frac{\partial \eta}{\partial t} = - \frac{\partial q_t}{\partial x} \quad (2.14)$$

Dónde  $\eta$  es la elevación del lecho del río,  $\lambda_p$  es la porosidad del depósito del lecho del río y  $t$  es el tiempo. Sin embargo, en la ecuación anterior debe asumirse de acuerdo con la Figura 2.6 que  $q_t$  es cero la mayor parte del tiempo. La ecuación 2.14 puede ser representado mediante:

$$(1 - \lambda_p) \frac{\partial \eta}{\partial t} = - \frac{\partial l_f q_t}{\partial x} \quad (2.15)$$

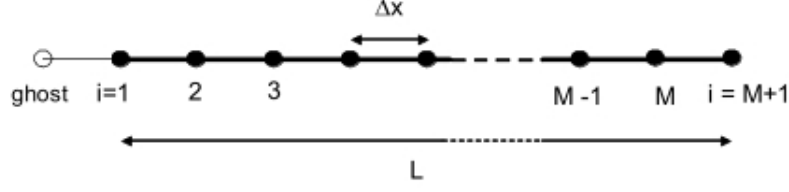
Donde  $q_t$  se refiere específicamente al transporte de sedimentos durante la inundación con descarga  $Q_t$ .

#### 2.2.4.6. Esquema numérico

Se supone que el alcance tiene longitud L, y dividido en M subtramos cada uno de longitud  $\Delta x$ , donde:

$$\Delta x = \frac{L}{M} \quad (2.16)$$

Este define  $M + 1$  nudos con las siguientes posiciones:



**Figura 2.7:** Esquema para la solución numérica [Fuente: <https://csdms.colorado.edu>]

$$x_i = (i - 1) \Delta x \quad , \quad i = 1 \cdots M + 1 \quad (2.17)$$

Como se nota en la figura 2.7, la elevación del lecho del río en  $x = L$ , con  $\eta_{M+1}$ , aquí siempre se asume cero. Esto implica una condición fija en el extremo aguas abajo, como un afloramiento de roca. Si  $S$  representa (por el momento) pendiente inicial del lecho del río, entonces la elevación inicial del lecho del río  $\eta_i$  está dado por:

$$\eta_i = S(L - x_i) \quad , \quad i = 1 \cdots M + 1 \quad (2.18)$$

En cualquier momento dado en el cálculo de la variación de la elevación del lecho del canal, la pendiente del lecho en el nodo  $i_{th}$  se da de la siguiente manera, representada por la ecuación 2.19.

$$S_i = \begin{cases} \frac{\eta_1 - \eta_2}{\Delta x} & i = 1 \\ \frac{\eta_{i-1} - \eta_{i+1}}{2 \Delta x} & i = 2, 3, \dots M \\ \frac{\eta_M - \eta_{M+1}}{\Delta x} & i = M + 1 \end{cases} \quad (2.19)$$

Una vez que se conoce a  $S_i$ ,  $q_{t,i}$  se puede calcular a partir de las ecuaciones 2.7, 2.8 y 2.9. La nueva elevación del lecho del río en la siguiente etapa se da a partir de una versión discretizada de la ecuación 2.15.

$$\eta_{i,t+\Delta t} = \eta_{i,t} - \frac{1}{1 - \lambda_p} \frac{\Delta q_{t,i}}{\Delta x} l \Delta t \quad \text{con } i = 1 \dots M \quad (2.20)$$

Donde  $\Delta t$  es el paso del tiempo, y:

$$\frac{\Delta q_{t,i}}{\Delta x} = a_u \frac{q_{t,i} - q_{t,i-1}}{\Delta x} + (1 - a_u) \frac{q_{t,i+1} - q_{t,i}}{\Delta x} \quad (2.21)$$

En la ecuación 2.21  $a_u$  es un coeficiente que puede tomar valores entre cero y uno. Si establece  $a_u = 1$  produce un esquema de diferencia hacia arriba (a la derecha), que da estabilidad a costa de la precisión. Si establece  $a_u = 0.5$ , produce un esquema de diferencia central, que proporciona precisión a costa de la estabilidad. No hay ninguna razón para elegir un valor de  $a_u$  menor que 0.5. De hecho, en una formulación de flujo normal simple, el valor de 0.5 suele ser el mejor elección.

Las ecuaciones 2.20 y 2.21 utilizadas en el nodo 1 involucran el nodo fantasma dado en la Figura 2.7, donde se especifica la velocidad de alimentación del material  $q_{t,f}$ . Aquí el nodo fantasma está en  $i = 0(g)$  localizado  $\Delta x$  aguas arriba del extremo aguas arriba del tramo, en el cual  $q_{t,g} = q_{t,f}$ .



# Capítulo 3

## Desarrollo del trabajo de la tesis

El presente capítulo contiene el desarrollo, trabajo de aplicación de la tesis, la evaluación del equilibrio dinámico del río se efectúa en una red hídrica local, del cual se dispone la documentación técnica necesaria. El análisis se efectúa en consideración a las siguientes estructuras: puente y una captación, estructuras que se construyen en el dominio de la red hídrica y alteran su equilibrio inicial natural, obligándola a adaptarse y buscar un equilibrio en presencia de la estructura construida. El reajuste dinámico o equilibrio de fondo se refiere en este caso a la determinación de la pendiente promedio de la red hídrica.

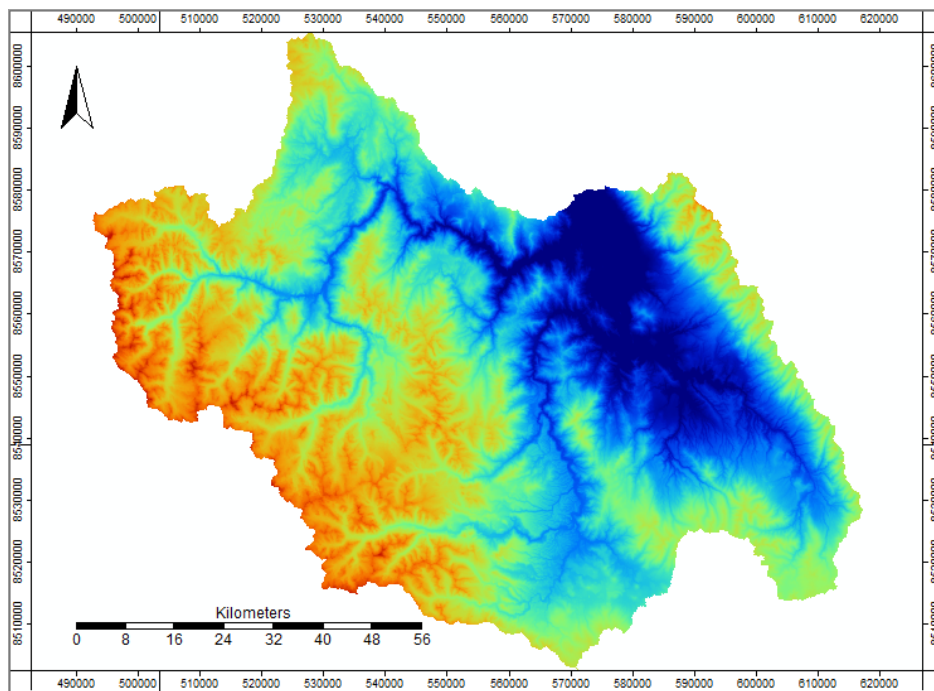
### **3.1. Influencia de un puente en el proceso de reajuste dinámico de los ríos**

La evaluación del equilibrio dinámico se efectúa en el Río Huarpa, los datos requeridos, como: el estudio de mecánica de suelos, el estudio geológico, el estudio de topografía y batimetría, el estudio de granulometría y la sección definitiva del puente se toman desde el estudio a nivel de expediente técnico denominado *Estudio definitivo para la construcción del puente Allcomachay y accesos*, desarrollado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Provías Nacional.

El sistema de referencia utilizado en todos los gráficos presentados es el UTM, tomando como DATUM el WGS84.

### 3.1.1. Delimitación geográfica

La delimitación geográfica o espacial de la zona de estudio se encuentra definido por la cuenca hidrográfica del río Huarpa, tomando como punto de drenaje lo mostrado en la tabla 3.1.



**Figura 3.1:** Delimitación espacial de la cuenca Huarpa (Fuente: elaboración propia)

**Tabla 3.1:** Punto de drenaje de la cuenca Huarpa (Fuente: elaboración propia)

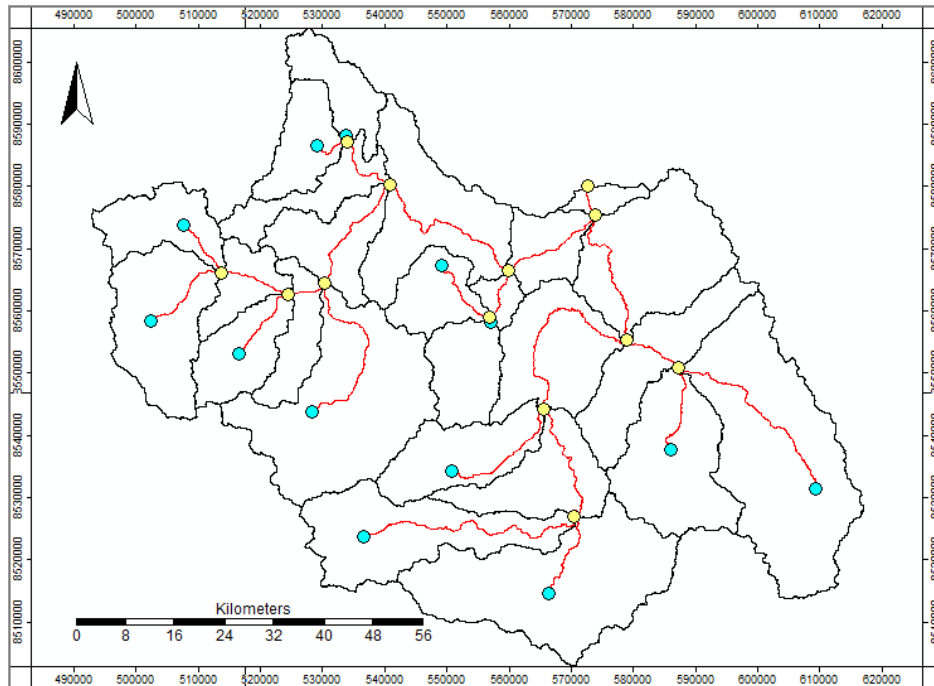
	X(m) Este	Y(m) Sur
Coordenadas	572510	8579951

La ubicación política, por las unidades hidrográficas, en consideración a la autoridad nacional del agua, de acuerdo al cuadro de empalmes de la carta geográfico nacional se encuentran especificados en el Anexo A, de la página 49.

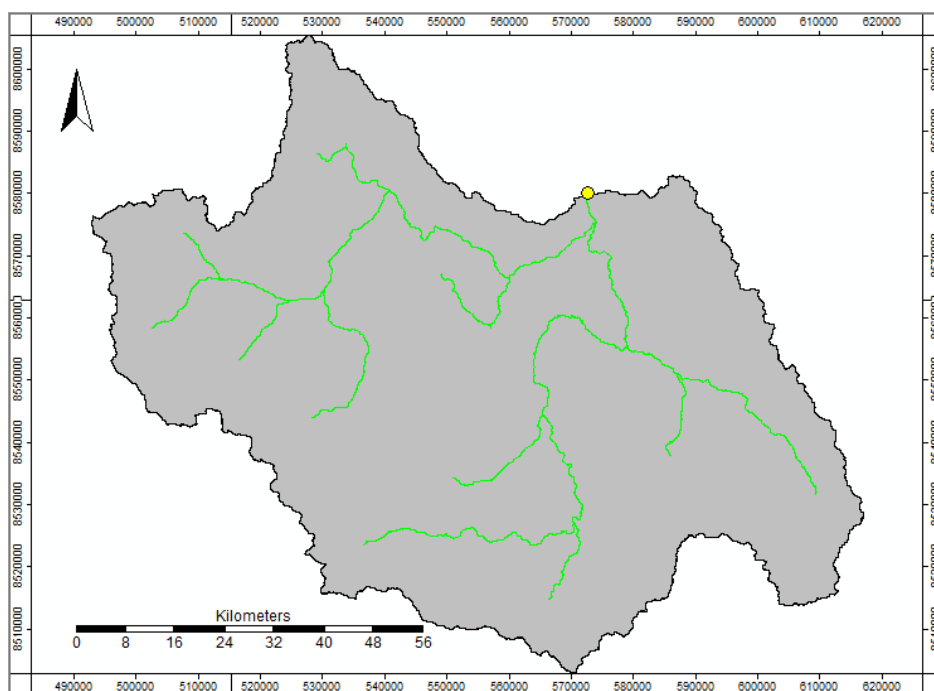
La cuenca hidrográfico determinada tomando como punto de drenaje lo especificado en la tabla 3.1, donde la figura 3.1 muestra el límite espacial o geográfico de la cuenca hidrográfica, la red hídrica determinada queda establecido en la figura 3.3

**Tabla 3.2:** Límite geográfico de la cuenca hidrográfica del río Huarpa (Fuente: elaboración propia)

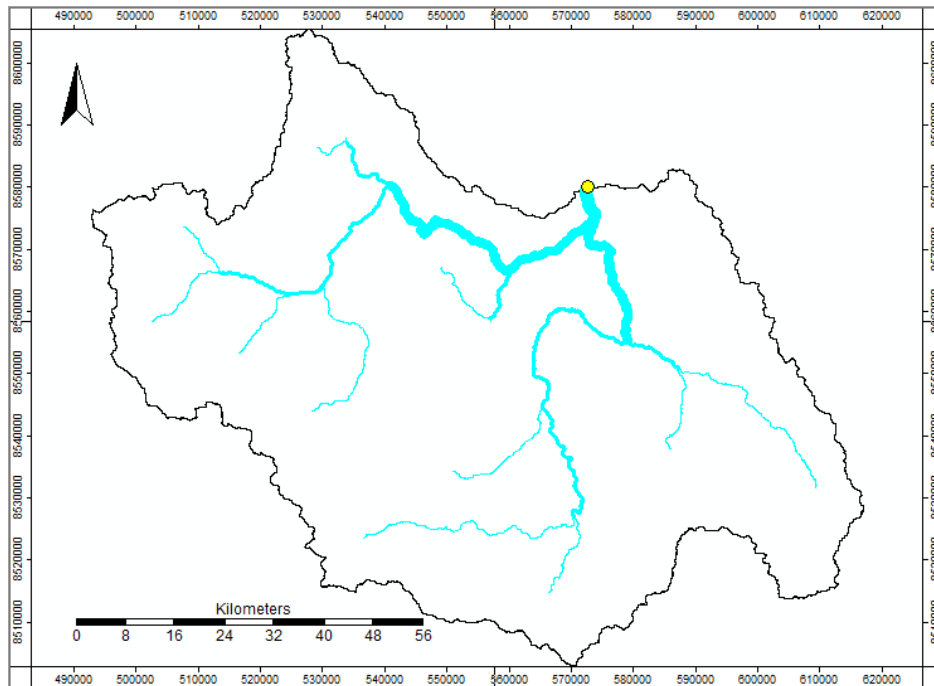
	X(m)	Y(m)
Mínimo	492702.8	8502962
Máximo	616953	8605311



**Figura 3.2:** Sub cuencas determinados en el río Huarpa (Fuente: elaboración propia)



**Figura 3.3:** Cuenca general y la red hídrica (Fuente: elaboración propia)



**Figura 3.4:** Red hídrica de la cuenca Huarpa (Fuente: elaboración propia)

### 3.1.2. Propiedades morfométricas de la cuenca y la red hídrica

Las propiedades morfométricas de la red hídrica y la cuenca del río Huarpa, tomando como punto de drenaje el puente Allqu machay, se determinó en base a procedimientos de sistemas de información geográfica, se encuentran adjuntos en el Anexo B, página 59.

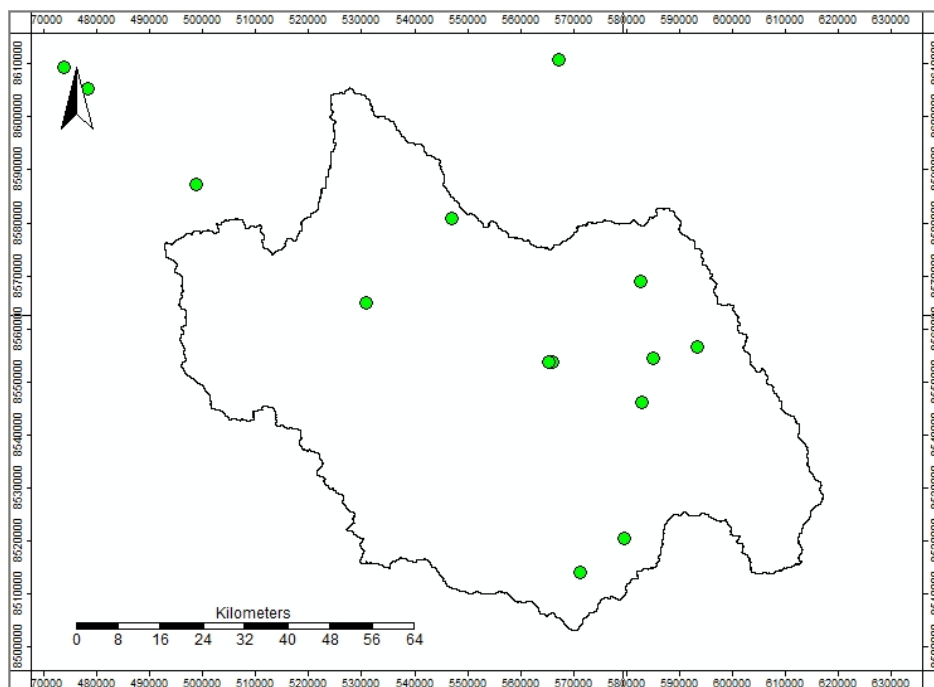
Las propiedades morfométricas son importantes para la determinación de los caudales de máxima avenida y los caudales medios mensuales, los modelos de la transformación de la precipitación en escorrentía hacen uso de estas propiedades para la determinación de los caudales requeridos.

### 3.1.3. Registro de variables hidro-meteorológicas

Los registros históricos, específicamente de la precipitaciones, definidas dentro de la superficie o límite geográfico del proyecto se encuentran adjuntas en el Anexo C, se consideran el uso del registro de las precipitaciones, con el siguiente detalle:

- Las precipitaciones máximas diarias, para determinar el hidrograma de máxima avenida.
- Las precipitaciones anuales, para la evaluación de la consistencia u homogeneidad de los registros históricos.
- Las precipitaciones promedios mensuales, en al determinación de los caudales medios mensuales.

La figura 3.5 muestra la distribución espacial de las estaciones climatológicas en la cuenca analizada, la determinación obedece a lo disponible en SENAMHI.



**Figura 3.5:** Estaciones climatológicas (Fuente: elaboración propia)

### 3.1.4. Análisis de la consistencia u homogeneidad de las variables hidro-meteorológicas

Una serie de datos es llamada homogénea<sup>1</sup> si es una muestra de una única población, si los datos evaluados son no homogéneos se deben realizar correcciones para volverla

<sup>1</sup>Esta sección está transcrito desde el texto Procesos del Ciclo Hidrológico, autor Carlos Aranda.

homogénea, de manera que las estimaciones estadísticas muestrales sean válidas estimaciones de los parámetros poblacionales.

En los análisis climatológicos se utiliza el término de homogeneidad de la serie y en los análisis hidrológicos se emplea el término de consistencia de la serie, ambos términos son sinónimos pues indican un cambio en la cantidad de lluvia medida por una estación. La homogeneidad se analiza comúnmente a través de técnicas estadísticas, y en cambio, la consistencia por lo general se detecta con la técnica de la curva masa doble.

Entre los tipos de pruebas estadísticas de homogeneidad se tiene:

- Prueba estadística de Helmer
- Prueba estadística de las secuencias
- Prueba estadística de la t de student
- Prueba estadística de Cramer
- Prueba estadística de Wald - Wolfowitz
- Técnicas de la curva masa doble

Luego de analizar la inconsistencia de las lluvias anuales, es necesario estudiar tal registro como una serie cronológica o series de tiempo; mediante esta técnica se detecta los *años secos y años húmedos*, así como la *tendencia y estacionalidad* de la serie, si ésta existe.

Una serie cronológica o serie de tiempo es toda secuencia de observaciones tomados en tiempos específicos y generalmente igualmente espaciados. una serie cronológica dispone de cuatro componentes característicos :

- Tendencia: indica hacia donde “tiende” la serie cronológica.
- Componente estacional: indica las variaciones periódicas que ocurren a largo plazo

- en periodos mayores a un año.

- Componente irregular: indica las variaciones de los componentes que ocurren al azar (aleatoriedad).

Las figuras 3.6 y 3.7 muestran el proceso de análisis de la homogeneidad para dos estaciones climatológicas específicas, tomando como variables las precipitaciones anuales.

**Evaluación de consistencia u homogeneidad  
Estación Huanta**

Nro	Año	Precipitación Annual (mm)	Test de Helmert	
1	1964	417.9	+	
2	1965	608.8	-	C
3	1966	649.6	-	S
4	1967	530.9	-	S
5	1968	541.8	-	S
6	1969	428.6	+	C
7	1970	439.4	+	S
8	1971	431.3	+	S
9	1972	460.2	+	S
10	1973	290.9	+	S
11	1974	499.3	-	C
12	1975	511.0	-	S

n	12
Promedio	484.1417593
Nro de Cambios C	3
Nro de secuencias S	8
S-C	5
$(n-1)^{0.5}$	3.31662479

<b>Evaluación</b>	<b>La series no es homogénea</b>
-------------------	----------------------------------

**Figura 3.6:** Análisis de la homogeneidad de la estación Huanta (Fuente: elaboración propia)

**Evaluación de consistencia u homogeneidad  
Estación La Quinua**

Nro	Año	Precipitación Annual (mm)	Test de Helmert	
1	1964	796.2	-	
2	1965	538.6	+	C
3	1966	597.1	+	S
4	1967	1449.1	-	C
5	1968	1067.3	-	S
6	1969	716.0	+	C
28	1991	512.1	+	S
29	1992	541.5	+	S
43	2006	694.7	+	S
44	2007	818.9	-	C
45	2008	627.1	+	C
46	2009	879.5	-	C
47	2010	742.6	+	C

Número registros (n)	47
Promedio	775.3
Nro de Cambios C	21
Nro de secuencias S	25
S-C	4
$(n-1)^{0.5}$	6.782329983

<b>Evaluación</b>	<b>La serie es homogénea</b>
-------------------	------------------------------

**Figura 3.7:** Análisis de la homogeneidad de la estación La Quinua (Fuente: elaboración propia)

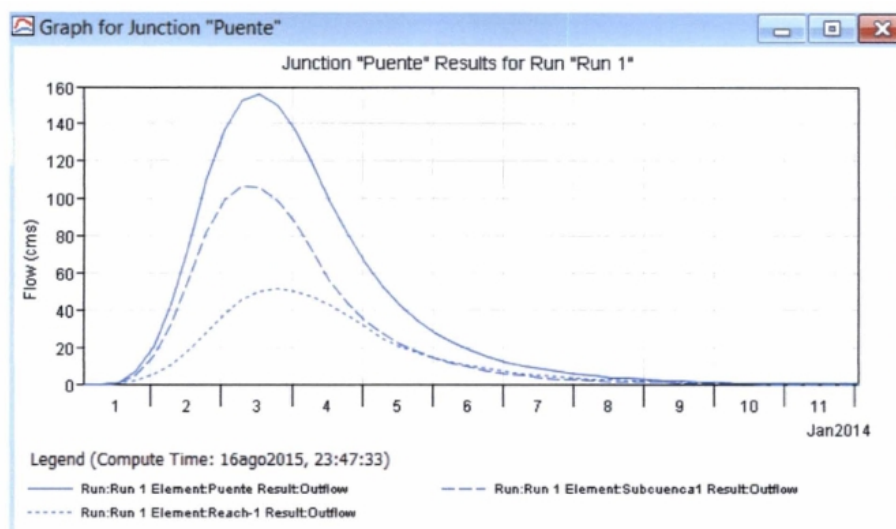


### 3.1.5. Hidrograma de máxima avenida

El hidrograma de máxima avenida se determina tomando el modelo NRCS (Servicio de Conservación de Recursos Naturales de Estados Unidos de América del Norte, antiguo Servicio de conservación de Suelos SCS), a partir de un volumen de precipitación para un tiempo de retorno dado, se sigue el procedimiento:

1. Tormenta de diseño, método basado en la tormentas de diseño tipo NRCS.
2. Profundidad o volumen de escorrentía, mediante el modelo de distribución temporal de las abstracciones del método del NRCS.
3. Caudal de diseño o pico de escorrentía, método del NRCS TR-55.
4. Hidrograma de diseño, modelo del hidrograma adimensional del NRCS.

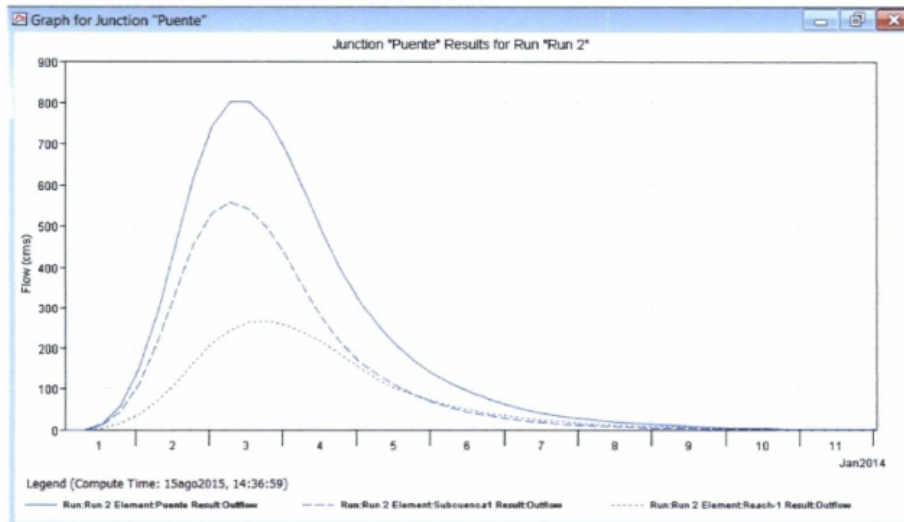
Los gráficos siguientes muestran los hidrogramas de máxima avenida obtenidos para distintos periodos de retorno.



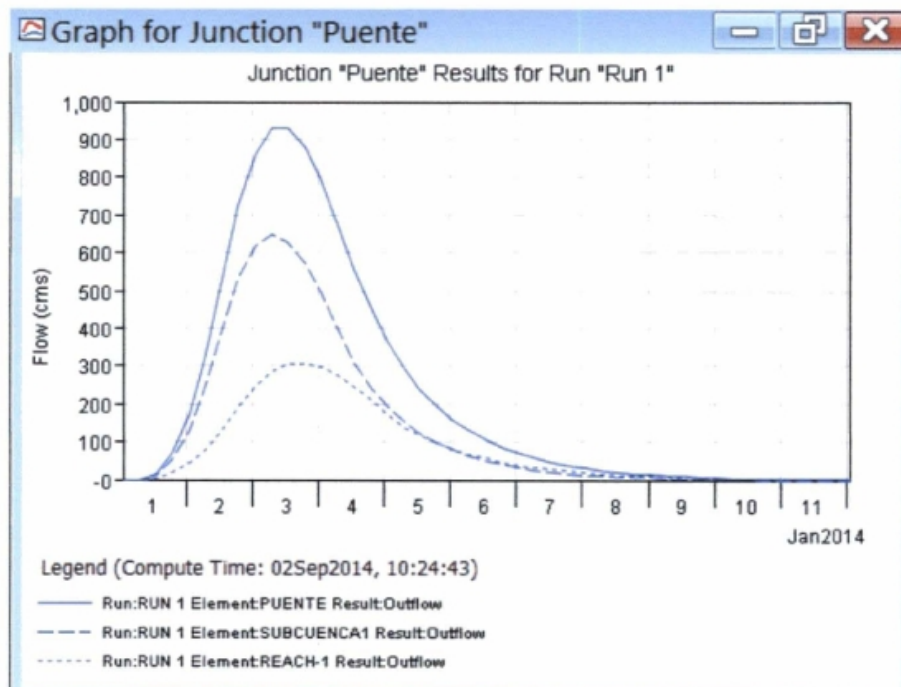
**Figura 3.8:** Caudal de máxima avenida para un tiempo de retorno de 5 años (Fuente: elaboración propia)

### 3.1.6. Caudal promedio mensual

Se determina en base al modelo Lutz Scholz, este modelo hidrológico es combinado porque cuenta con una estructura determinística para el cálculo de los caudales mensuales



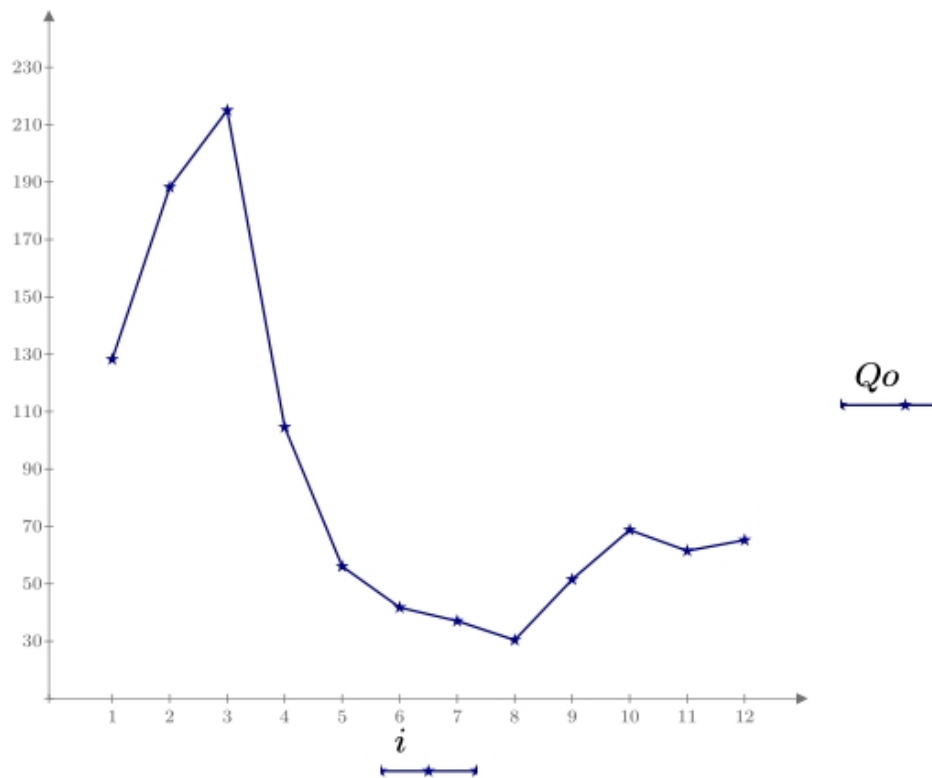
**Figura 3.9:** Caudal de máxima avenida para un tiempo de retorno de 100 años (Fuente: elaboración propia)



**Figura 3.10:** Caudal de máxima avenida para un tiempo de retorno de 140 años (Fuente: elaboración propia)

para el año promedio (Balance Hídrico - Modelo determinístico); y una estructura estocástica para la generación de series extendidas de caudal (Proceso markoviano - Modelo Estocástico). Fué desarrollado por el experto Lutz Scholz para cuencas de la sierra peruana, entre los años 1979-1980, en el marco de Cooperación Técnica de la República de Alemania a través del Plan Meris II.

El desarrollo y la determinación de los caudales medios mensuales, se adjunta en el Anexo D, página 80, la figura 3.11 muestra los caudales medios mensuales determinados ( $Q_0$  es el caudal medio mensual en  $m^3/s$ ,  $i$  representa los meses del año).

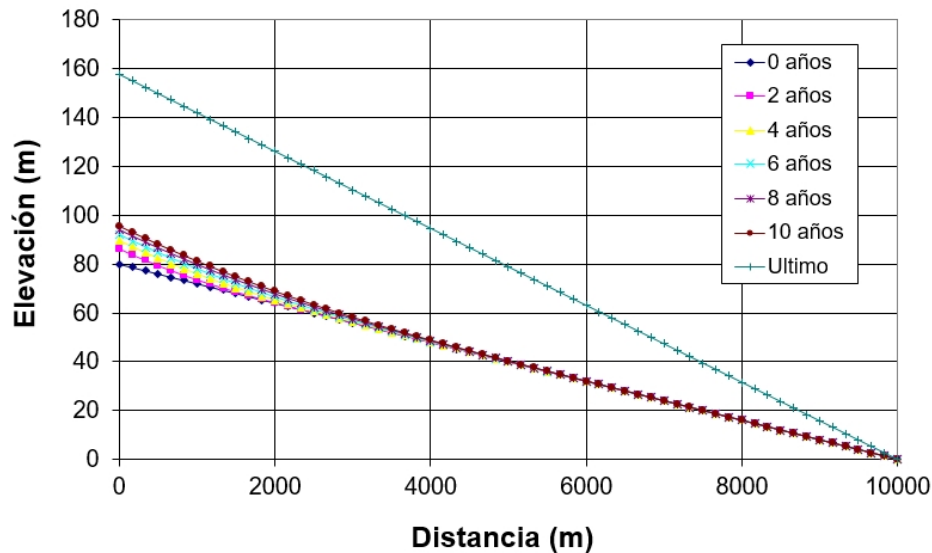


**Figura 3.11:** Caudal medio mensual (Fuente: elaboración propia)

### 3.1.7. Reajuste dinámico de la red hídrica

El reajuste dinámico de la red hídrica por la presencia de una estructura hidráulica se manifiesta en los siguientes sectores: aguas arriba de la estructura hidráulica, aguas abajo de la estructura hidráulica y en la sección local de la estructura hidráulica.

Para la estructura hidráulica analizada, la variación de los elementos de la red hídrica



**Figura 3.12:** Evolución del lecho del río (Fuente: elaboración propia)

para distintos años se muestra los efectos en la figura 3.12, específicamente analizado aguas abajo de la estructura analizada.

## 3.2. Influencia de una estructura de captación en el proceso de reajuste dinámico de los ríos

Se analiza la influencia de una estructura de captación construido en el lecho del río sobre el reajuste dinámico de la red hídrica, las alteraciones que ocurre es debido a la presencia de la estructura y tradicionalmente se analiza tomando en consideración tres dominios: aguas arriba de la estructura hidráulica, aguas abajo de la estructura hidráulica y su efecto local, en la zona de la estructura hidráulica.

La Figura 3.13 muestra la disposición de la estructura hidráulica (captación) sobre la red hídrica.

### 3.2.1. Ubicación del sistema hidráulico Chiara

La ubicación del Sistema Hidráulico Chiara queda especificada en la Figura 3.14.



Figura 3.13: Estructura de captación de caudal Lambras Huaqu (Fuente: Sistema hidráulico Chiara)

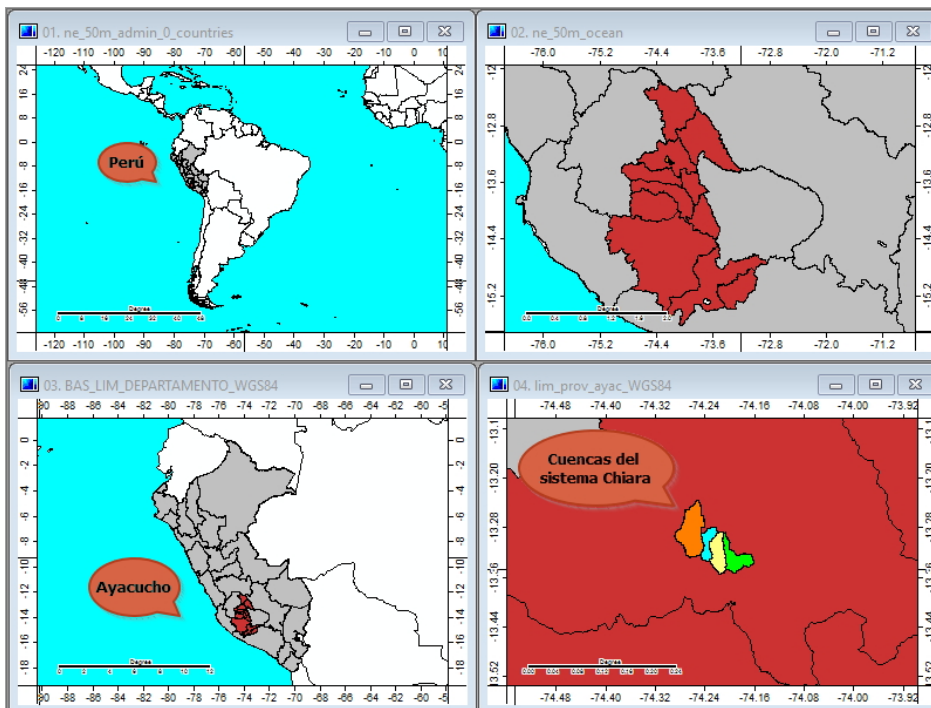


Figura 3.14: Ubicación del sistema Chiara (Fuente: elaboración propia)

### 3.2.2. Cuencas hidrográficas

Son cuatro las cuencas hidrográficas que abastecen al sistema hidráulico Chiara, mostrado en la Figura 3.15, se toma la cuenca Lambras Huayqu, específicamente la red hídrica en la influencia de la estructura de captación para el análisis del equilibrio dinámico de la red hídrica asociada a esta cuenca.

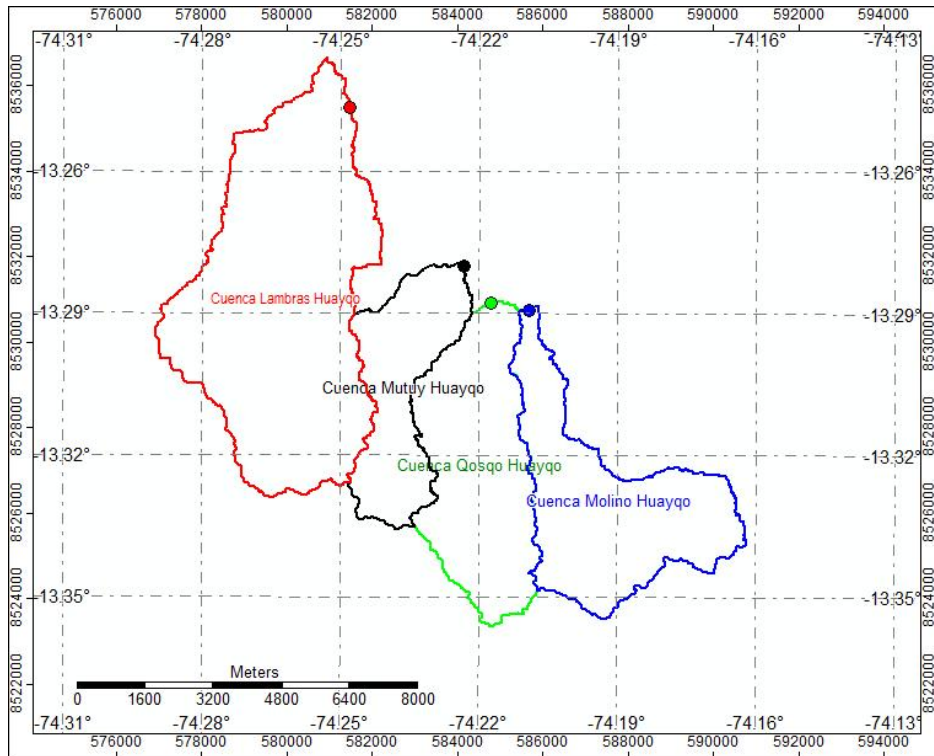


Figura 3.15: Cuencas asociadas al sistema Chiara (Fuente: elaboración propia)

### 3.2.3. Caudal promedio mensual

Representado en la Figura 3.17, queda determinado la disponibilidad hídrica promedio en la quebrada Lambras Huayqu.

### 3.2.4. Hidrograma de máxima avenida

El hidrograma de máxima avenida determinada para la cuenca Lambras Huayqu, se muestra en la Figura 3.18.

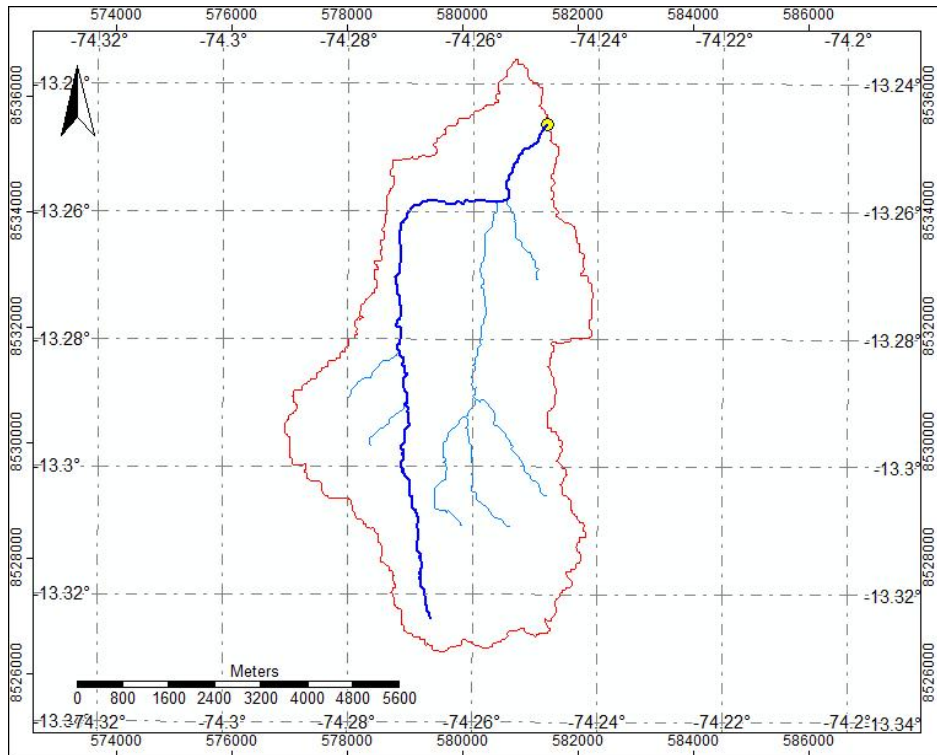


Figura 3.16: Cuenca del río Lambras Huayqu (Fuente: elaboración propia)

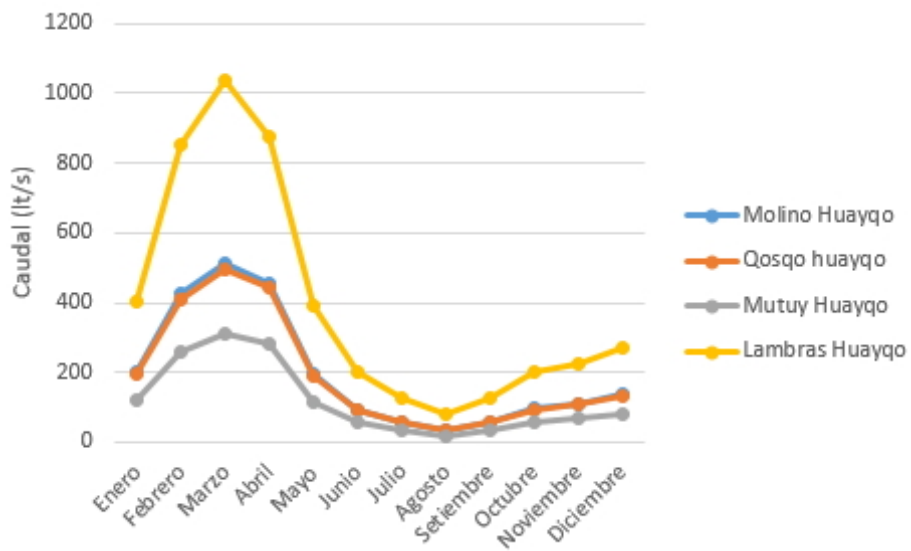
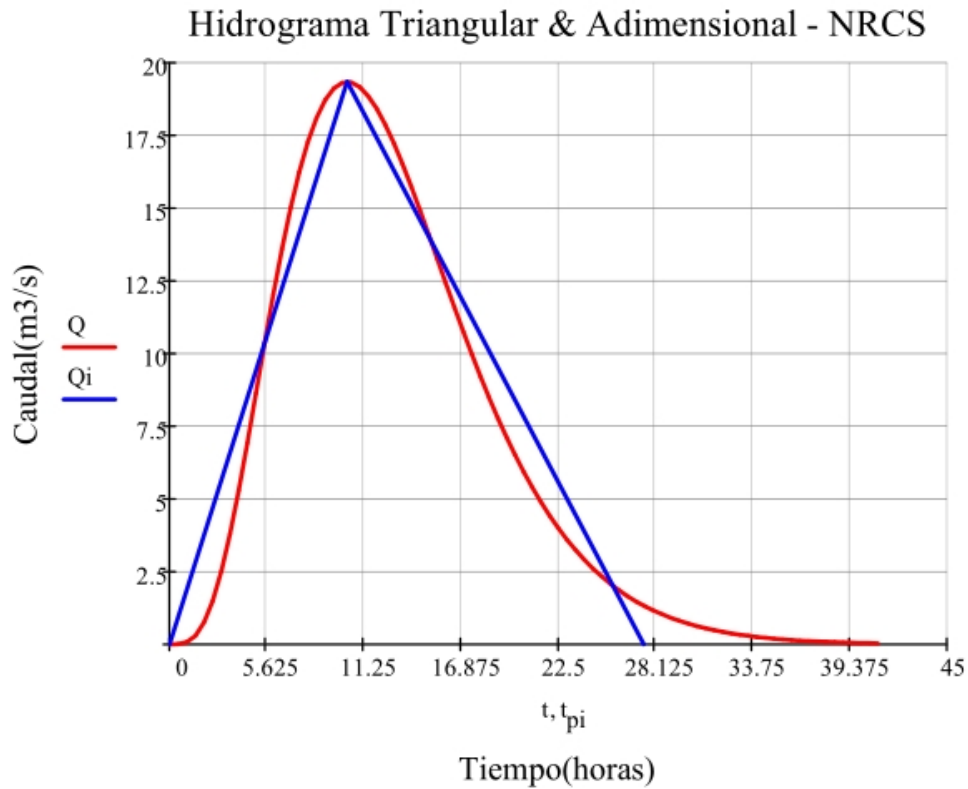


Figura 3.17: Caudales promedios mensuales (Fuente: elaboración propia)

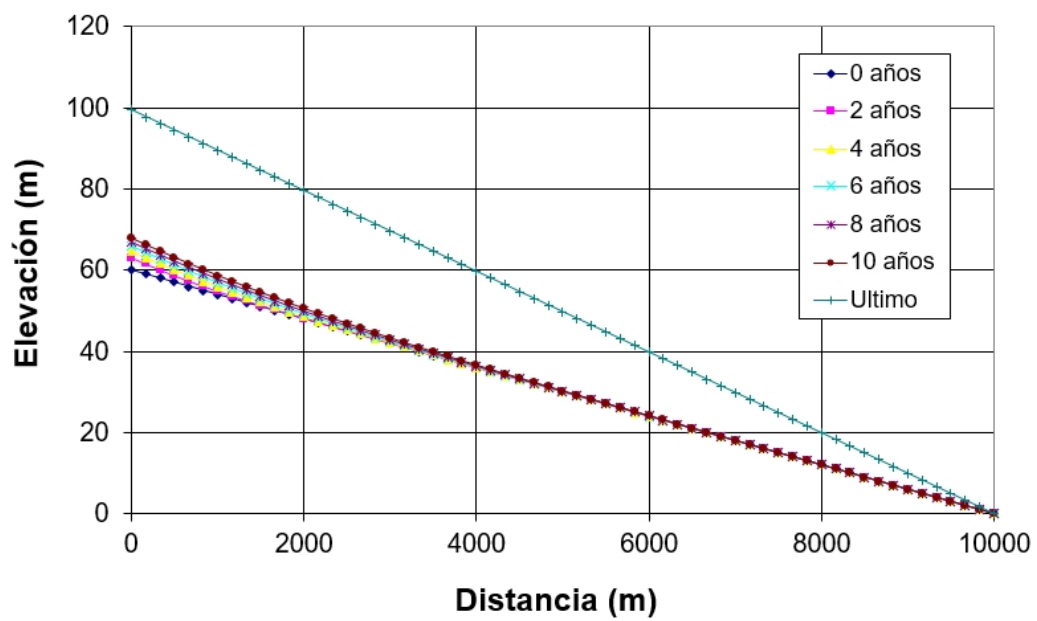


**Figura 3.18:** Hidrograma de máxima avenida para Tiempo de retorno de 50 años (Fuente: elaboración propia)

### 3.2.5. Equilibrio dinámico

La variación de la pendiente de la red hídrica (equilibrio dinámico de la red hídrica) para distintos periodos de tiempo queda establecida en la Figura 3.19. Para la determinación de la pendiente de la red hídrica en cada periodo especificado, se toma en consideración las hipótesis establecidas inherente a la fundamentación teórica establecida.





**Figura 3.19:** Adaptación de la pendiente de la red hídrica para distintos periodos (Fuente: elaboración propia)

# Capítulo 4

## Resultados y análisis

Se muestra los resultados de la investigación, la discusión y análisis de los mismos.

### 4.1. Resultados obtenidos

#### 4.1.1. Hidrograma de máxima avenida

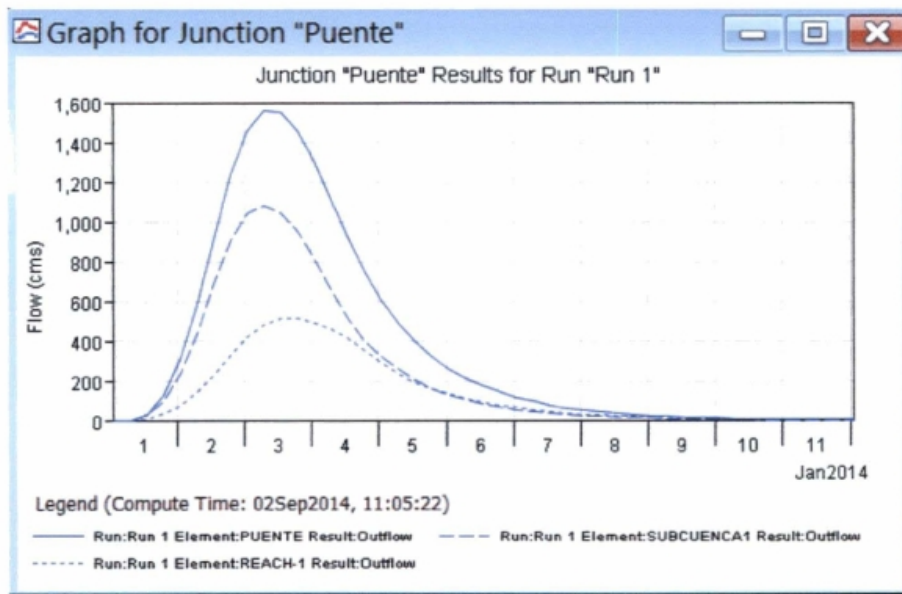
Se determinó el hidrograma de máxima para precipitaciones de distintos periodos de retorno, la figura 4.1 muestra el hidrograma de máxima avenida para el tiempo de retorno considerado.

#### 4.1.2. Caudal promedio mensual

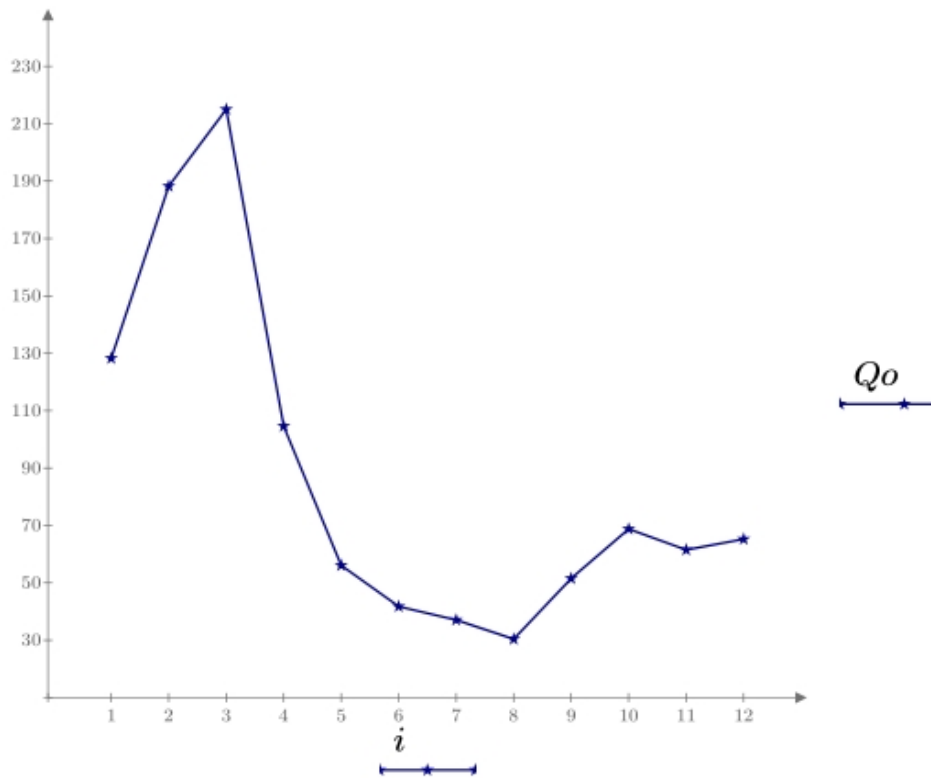
La figura 4.2 muestra el caudal promedio mensual determinado, para la obtención de los caudales promedios mensuales se procedió mediante el modelo de Lutz Sholtz ( $Q_0$  es el caudal promedio mensual en  $m^3/s$ ,  $i$  representa los meses de un año).

#### 4.1.3. Equilibrio de fondo de la red hídrica

La red hídrica modifica su comportamiento debido a la presencia de una estructura hidráulica, la variación de la pendiente de la red hídrica, para distintos periodos se



**Figura 4.1:** Caudal de máxima avenida para un tiempo de retorno de 500 años (Fuente: elaboración propia)



**Figura 4.2:** Caudal promedio mensual (Fuente: elaboración propia)

muestra en la figura 4.3.

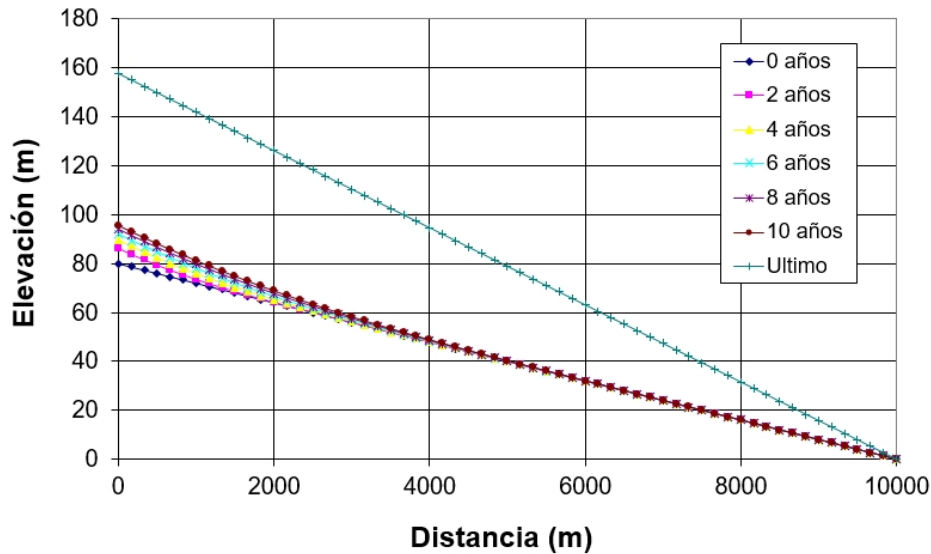


Figura 4.3: Evolución del fondo del río (Fuente: elaboración propia)

## 4.2. Análisis de los resultados

Desde la Figura 4.3 y tomando en cuenta los periodos de análisis se observa la variación de la pendiente del promedio del río en el tiempo, analizando en 10000 metros de longitud, considerando un tiempo de 10 años y sin considerar el mantenimiento requerido la altura sobre el nivel del mar cambia, aumenta en 60m, analizado para un tiempo de 10 años varía en 3.5 metros.

Es necesario que exista mantenimiento en el lecho del río, específicamente en la zona del puente, retirando los elementos que se decantan continuamente, los elementos sedimentados; pero esto sucede con los caudales medios mensuales, al contrario el caudal de máxima avenida limpia de forma natural los elementos depositados.

Teniendo en cuenta las limitaciones e hipótesis del modelo de Exner para la continuidad del arrastre del sedimento, toma en cuenta o simplifica los cálculos con una pendiente uniforme promedio en toda la longitud de la red hídrica analizada.

El modelo utilizado simplifica para la determinación del equilibrio dinámico de la red hídrica, un ancho constante sin tomar en cuenta la variación transversal de la red

hídrica requeriría del uso de otros modelos que se encuentran fuera del alcance del desarrollo de la tesis.

La limitación del desarrollo de la tesis es el uso del modelo de Exner en la determinación del equilibrio dinámico de la red hídrica y el análisis únicamente de la estructura analizada.

# Capítulo 5

## Conclusiones y recomendaciones

### Conclusiones

- Las estructuras hidráulicas modifican las condiciones naturales de la red hídrica, generando un proceso de de reajuste dinámico o equilibrio de fondo de la red hídrica, los efectos se producen en tres zonas claramente identificadas: aguas arriba de la estructura hidráulica, efecto local, aguas abajo de la red hídrica. En general el cambio se observa en el cambio de la pendiente de la red hídrica.
- El efecto local sobre la red hídrica ocasionado por el puente Allqu Machay es la generación del cambio de la velocidad de flujo, por la incorporación tomando como fundación el lecho del río de los elementos estructurales de soporte para el puente.
- Aguas arriba de la fundación del puente Allqu Machay se genera disminución de la velocidad del río, por tanto, es propicio para la decantación de los elementos suspendidos en el río.
- Aguas abajo de la estructura, aumenta la velocidad del río, por tanto aumenta el riesgo de socavación y la modificación de la pendiente de la red hídrica.

## Recomendaciones

Con la finalidad de no alterar el equilibrio en general de la red hídrica, tratándose de estructuras como puentes, es necesario construir con una luz alejada del lecho del río, pero esto no siempre se consigue por limitaciones económicas, por tanto debe existir un mantenimiento permanente de los elementos decantados, sedimentados, en la sección localizada del puente.





# Bibliografía

- [1] Chanson, H., *Hydraulics of Open Channel Flow*; Butterworth-Heinemann: 1999.
- [2] Chanson, H., *Hidráulica del flujo en canales abiertos*; University of Queensland, Australia: 2002.
- [3] Chaudhry, M. H., *Open-Channel Flow*; Springer US: 2014; 540 págs.
- [4] Chong, N. B., *Numerical Simulation of Water Flow In Open Channel*; LAP Lambert Academic Publishing: 2017; 200 págs.
- [5] DAS, M. M., *Open Channel Flow*; PHI: 2008.
- [6] De Almeida, G. y Martín-Vide, J. P. *Tecnología y Ciencias del Agua, antes Ingeniería hidráulica en México* **2011**, II, pp. 86-89.
- [7] Delft, J. A. ( U.; Battjes, T. N.; Delft, R. J. ( U. y Labeur, T. N., *Unsteady Flow in Open Channels*; Cambridge University Press: 2017; 306 págs.
- [8] Elvira, G. A. M., *Socavación en puentes*; LEMOINE EDITORES SAS: 2013.
- [9] Escobar, L. N.; Sánchez, M. O. y Rossini, P. O., *Ingeniería hidráulica. Problemas resueltos*; Editorial GEU: 2005; 160 págs.
- [10] García, C. C. y Cutillas, P. P. *Revista de Geografía Norte Grande* **2014**, pp. 25-44.
- [11] Glenn E. (Virginia Tech, M. y Virginia, U. M., *Fundamentals of Open Channel Flow*; Taylor & Francis Inc: 2015; 270 págs.
- [12] Hubert (The University of Queensland, A. C., *Hydraulics of Open Channel Flow*; Elsevier Science & Technology: 2004; 650 págs.
- [13] Islam, S., *Open Channel Flow*; Khanna Publishers: 2013.

- [14] Jain, S. C., *Open-Channel Flow*; JOHN WILEY & SONS INC: 2000; 344 págs.
- [15] Jeppson, R., *Open Channel Flow: Numerical Methods and Computer Applications*; CRC PR INC: 2010; 1258 págs.
- [16] López, J. D. C. *Ciencias de la tierra* **2011**, pp. 107-118.
- [17] Manuel Gómez Valentín, L. N. E., *Ingeniería hidrológica*; Editorial GEU: 2006; 278 págs.
- [18] Marín, E. M., *Hidráulica fluvial*; Bellisco Ediciones (Nuria Bellisco García): 2001; 300 págs.
- [19] Martín Vide, J. P. *Tecnología y Ciencias del Agua* **2013**, IV, pp. 5-18.
- [20] Mondal, K. K., *Mass Transport Phenomena in Turbulent Open Channel Flows*; LAP Lambert Academic Publishing: 2017; 112 págs.
- [21] PhD, H. H. B., *The Manning Equation for Open Channel Flow Calculations*; Independently published: 2017.
- [22] Rubio, T. O., *Hidráulica de ríos y procesos morfológicos*; Ecoe Ediciones: 2013.
- [23] Rubio, T. O., *Hidrología Hidráulica y Socavación en Puentes*; Ediciones ECOE: 2017.
- [24] Subramanya, *Flow in Open Channels*; McGraw-Hill Inc.,US: 1997.
- [25] Vide, J. P. M., *Ingeniería de Ríos*; Ediciones UPC: 2002.
- [26] Vide, J. P. M., *Ingeniería fluvial*; Ediciones UPC, S.L.: 2003; 210 págs.

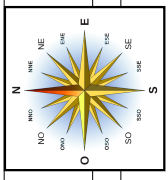
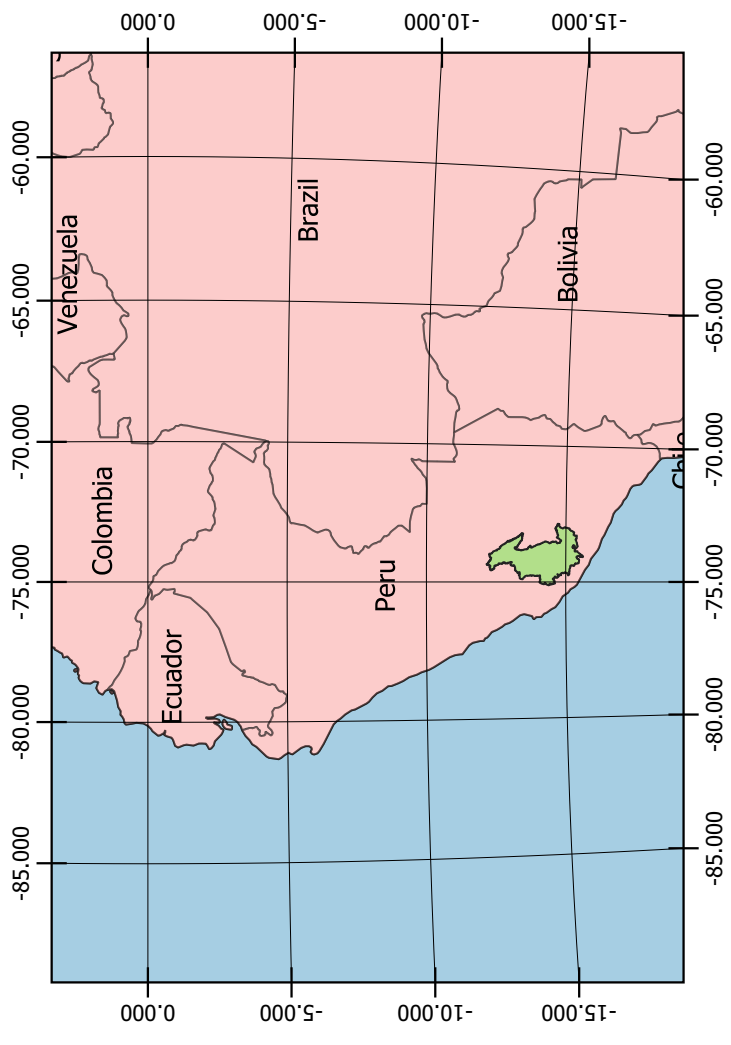
# Anexos

# Anexo A

## Planos

Planos de la cuenca del río Huarpa, tomando como punto de drenaje el puente Allqu Machay, se presenta los siguientes planos:

1. Plano de ubicación.
2. Plano cuadro de empalmes de la carta geográfico nacional.
3. Plano de unidades hidrográficas.
4. Plano de la autoridad administrativa del agua.
5. Plano de las estaciones climatológicas.
6. Plano de la cuenca hidrográfica.
7. Plano de las sub cuencas y red hídrica.
8. Plano con mosaico satelital de la cuenca hidrográfica.
9. Plano con mosaico satelital de las sub cuencas.



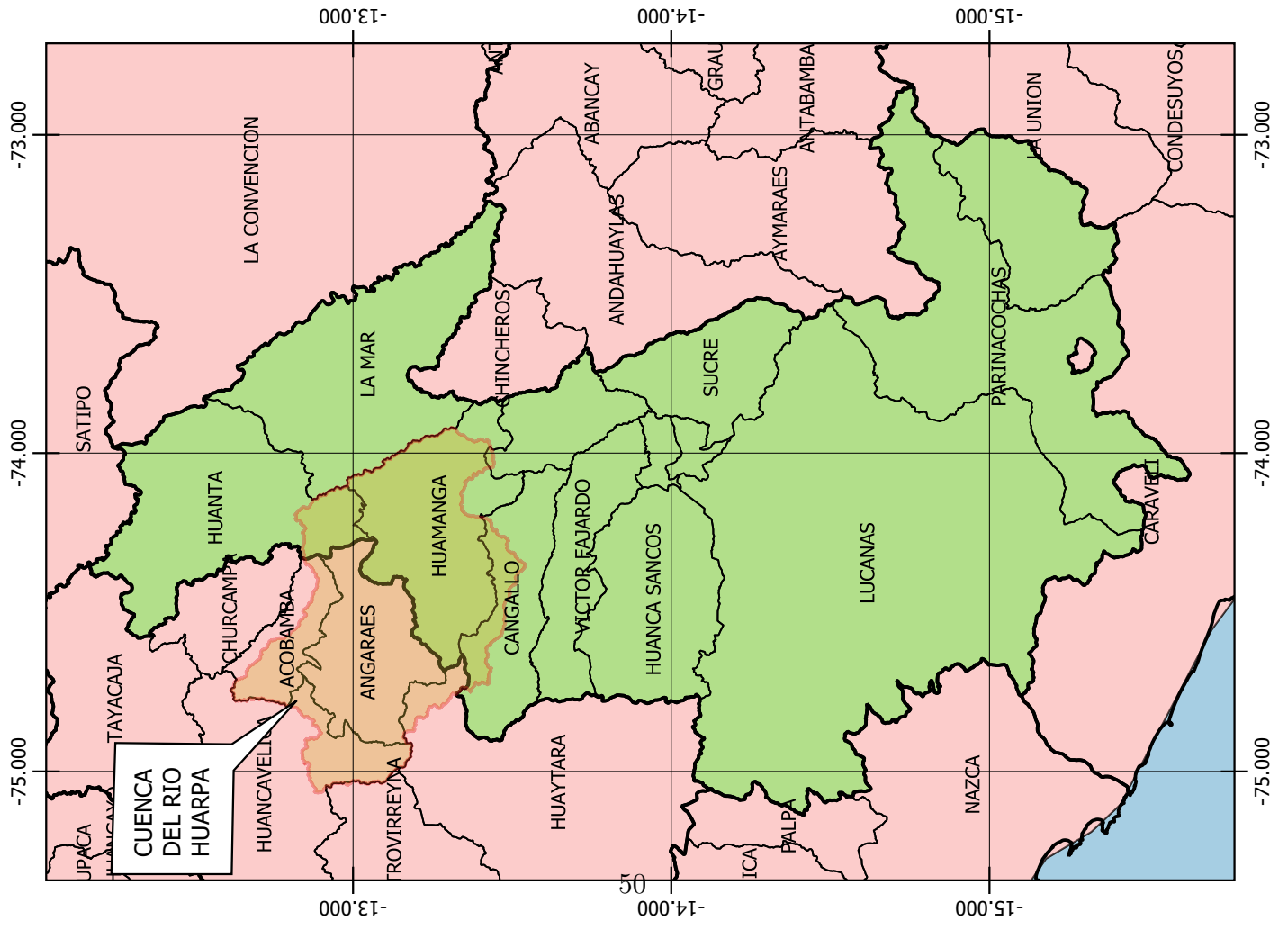
Escala: Variable  
 Sistema de referencia: WGS84

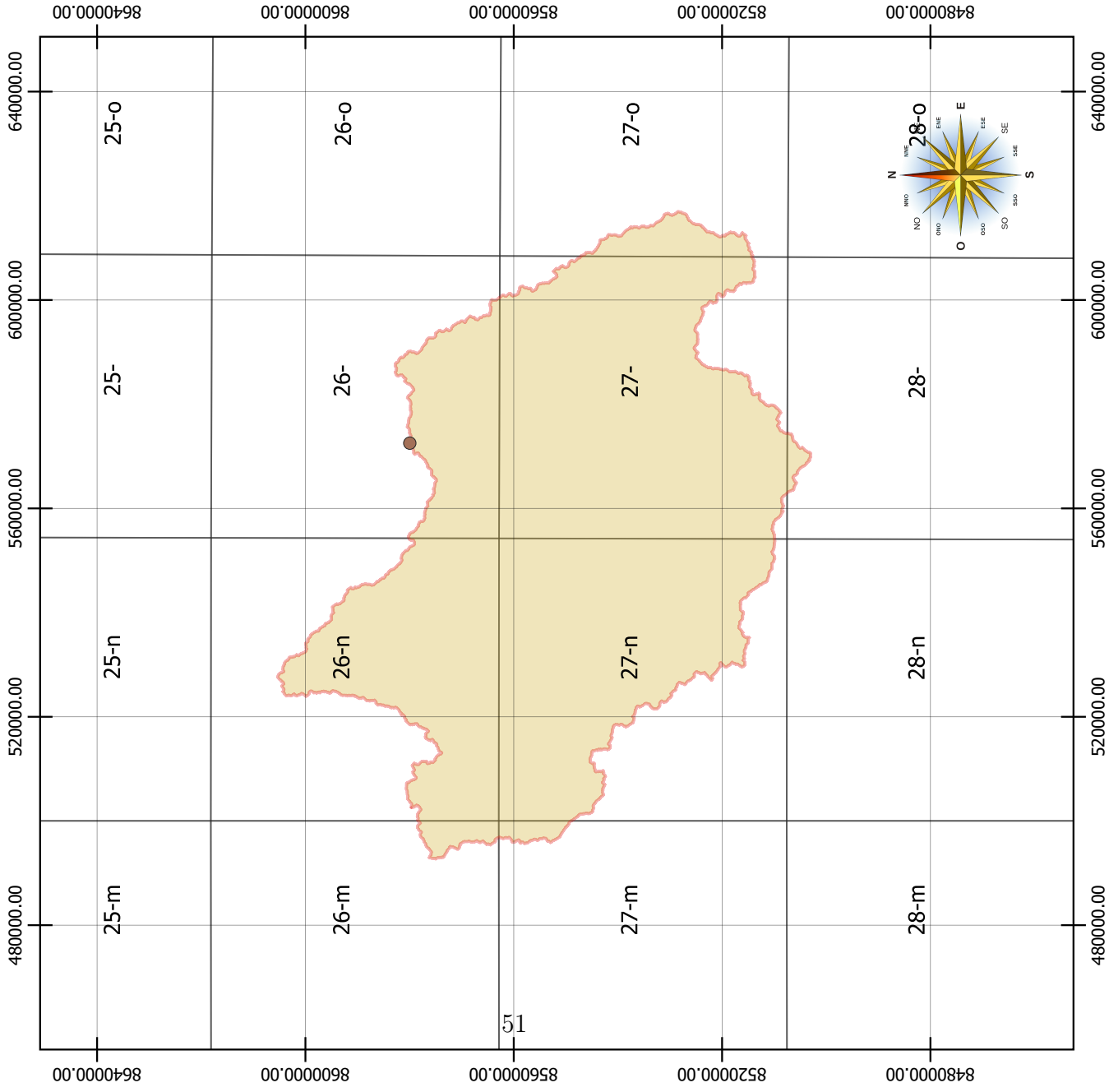
Institución:  
 Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

Tesis:  
 Influencia de las Estructuras Hidráulicas en el Proceso de Reajuste Dinámico de los Ríos

Autor:  
 Jhon Freddy PILLACA MENESES.

Plano: P1  
 Plano de Ubicación.





**Leyenda:**

- Punto de drenaje
- Cuenca del río Huarpa
- Cuadro de empalmes de la carta geográfica nacional

Escala: 1/1,200,000.00

Sistema de referencia: UTM, DATUM WGS84, Huso 18, Zona L.

**Institución:**

UNiversidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

**Tesis:**

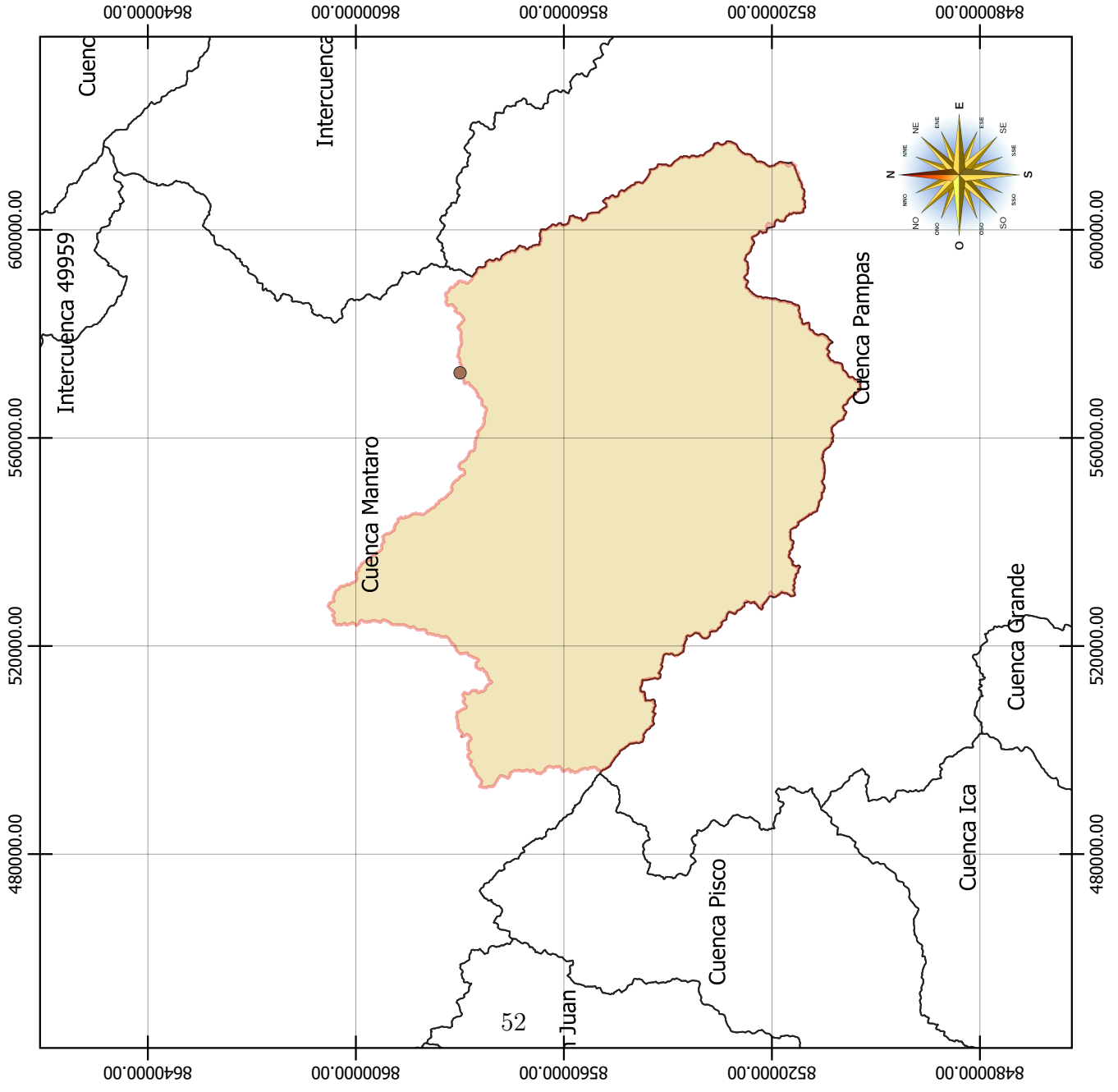
Influencia de las Estructuras Hidráulicas en el Proceso de Reajuste Dinámico de los Ríos

**Autor:**

Jhon Fredy PILLACA MENESES.

**Plano: P2**

Plano cuadro de empalmes de la carta nacional.



**Leyenda:**

- Punto de drenaje
- Cuenca del río Huarpa
- Unidades hidrográficas

Escala: 1/1,200,000.00

Sistema de referencia: UTM, DATUM WGS84, Huso 18, Zona L.

Institución:

UNiversidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

Tesis:

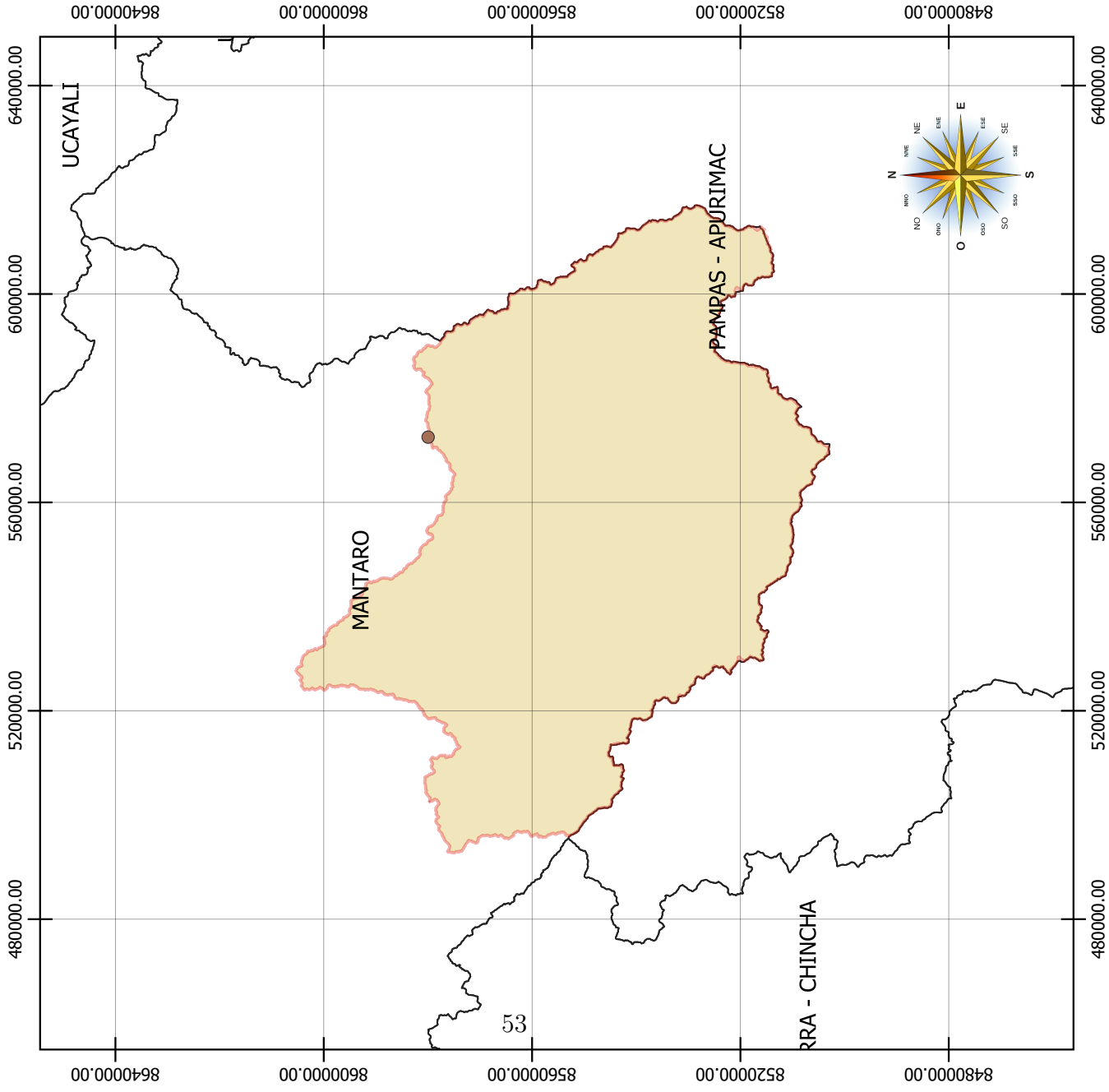
Influencia de las Estructuras Hidráulicas en el Proceso de Reajuste Dinámico de los Ríos

Autor:

Jhon Fredy PILLACA MENESES.

Plano: P3

Unidades hidrográficas.



**Leyenda:**

- Punto de drenaje
- Cuenca del río Huarpa
- Autoridad Administrativa del Agua

Escala: 1/1,200,000.00

Sistema de referencia: UTM, DATUM WGS84, Huso 18, Zona L.

**Institución:**

UNiversidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

**Tesis:**

Influencia de las Estructuras Hidráulicas en el Proceso de Reajuste Dinámico de los Ríos

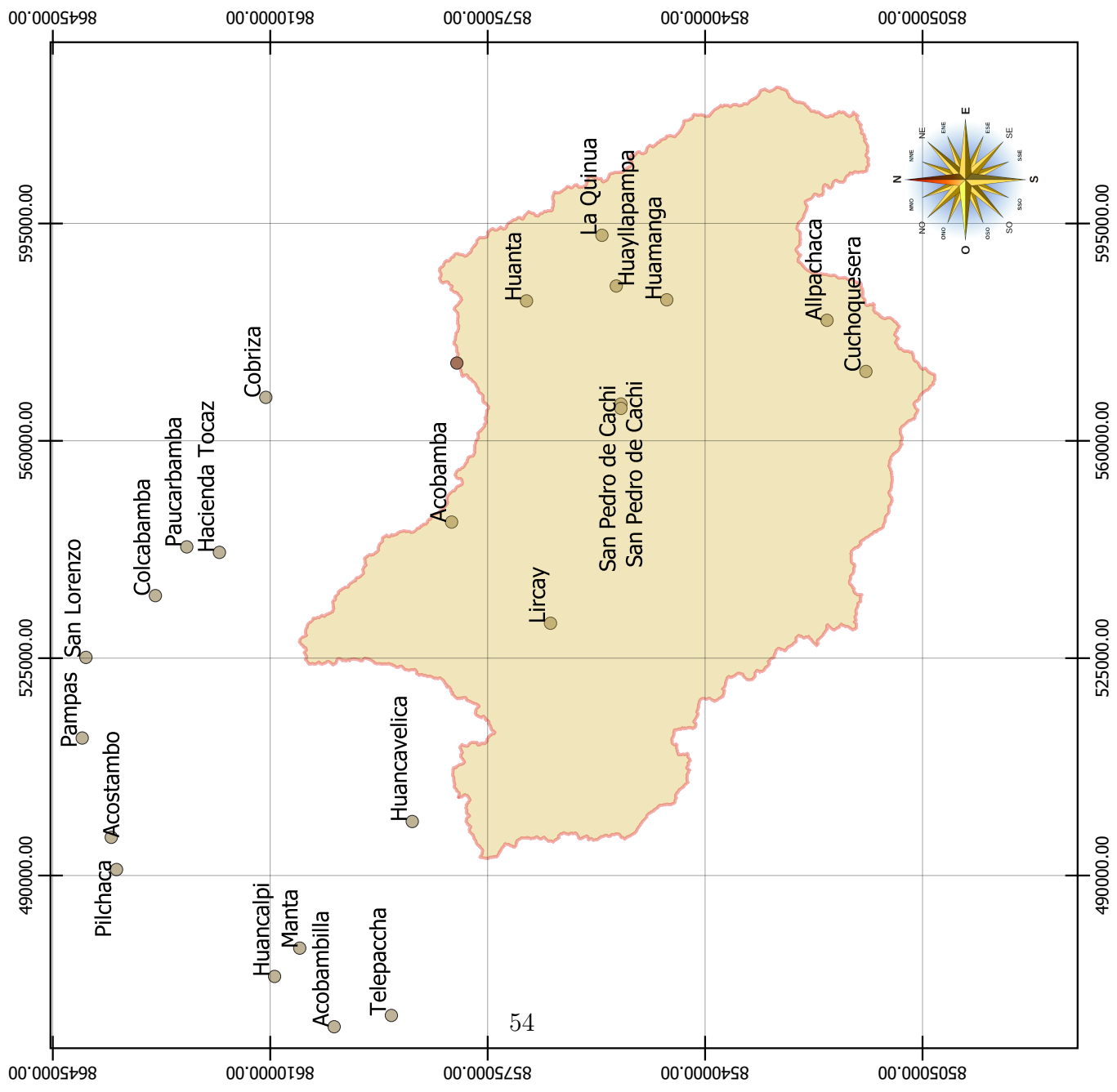
**Autor:**

Jhon Fredy PILLACA MENESES.

**Plano: P4**

Autoridad Administrativa del Agua.





**Leyenda:**

- Punto de drenaje
- Cuenca del río Huarpa
- Estaciones climatológicas

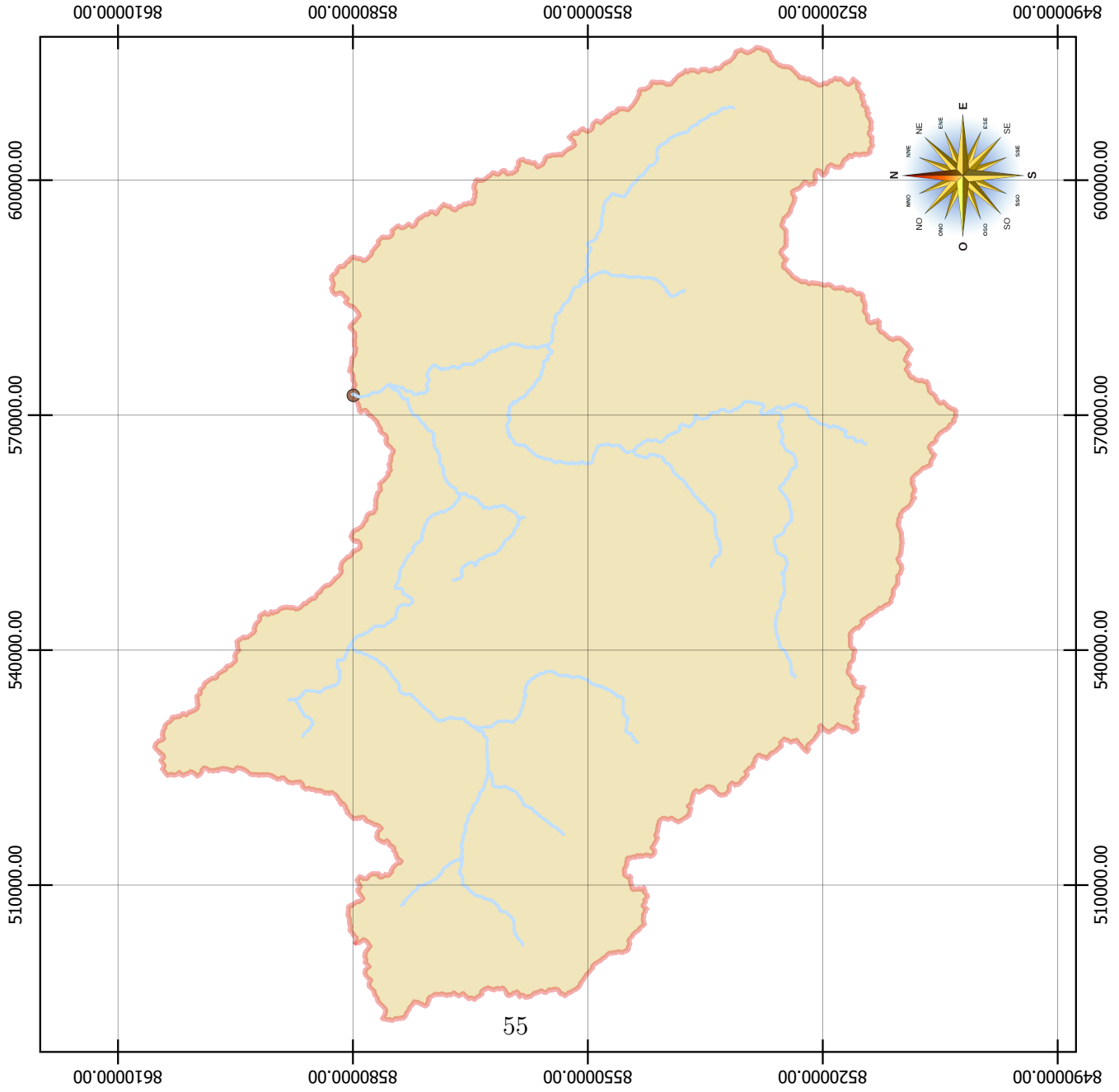
Escala: 1/1,000,000.00  
 Sistema de referencia: UTM, DATUM WGS84, Huso 18, Zona L.

**Institución:**  
 Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

**Tesis:**  
 Influencia de las Estructuras Hidráulicas en el Proceso de Reajuste Dinámico de los Ríos

**Autor:**  
 Jhon Fredy PILLACA MENESES.

**Plano:** P5  
 Estaciones climatológicas.



**Leyenda:**

- Red hídrica
- Punto de drenaje
- Cuenca del río Huarpa

Escala: 1/800,000.00

Sistema de referencia: UTM, DATUM WGS84, Huso 18, Zona L.

**Institución:**

UNiversidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

**Tesis:**

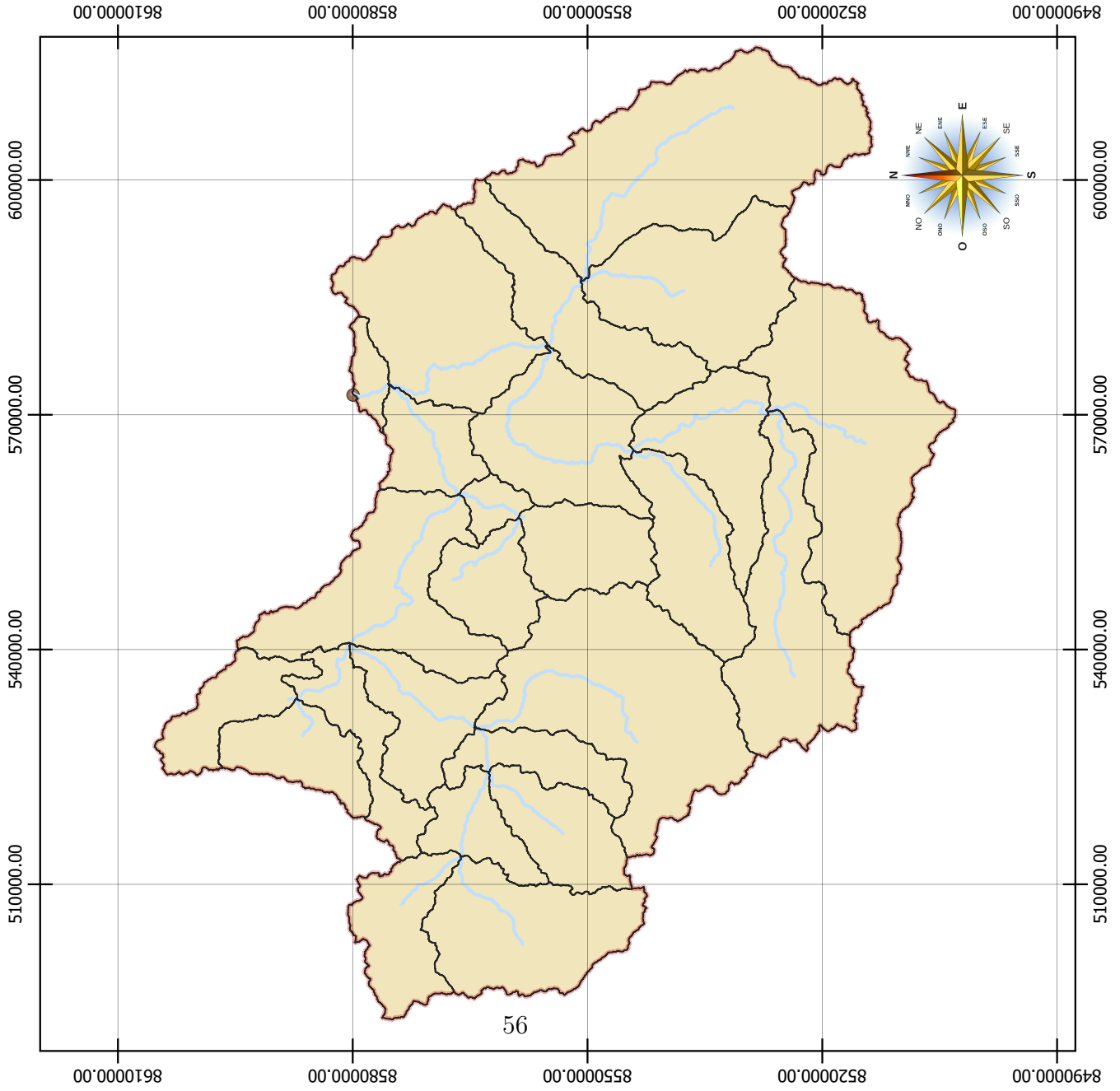
Influencia de las Estructuras Hidráulicas en el Proceso de Reajuste Dinámico de los Ríos

**Autor:**





Jhon Fredy PILLACA MENESES.

**Plano: P6**

Cuenca hidrográfica.



**Leyenda:**

-  Sub cuencas
-  Red hídrica
-  Punto de drenaje
-  Cuenca del río Huarpa

Escala: 1/800,000.00

Sistema de referencia: UTM, DATUM WGS84, Huso 18, Zona L.

**Institución:**

UNiversidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

**Tesis:**

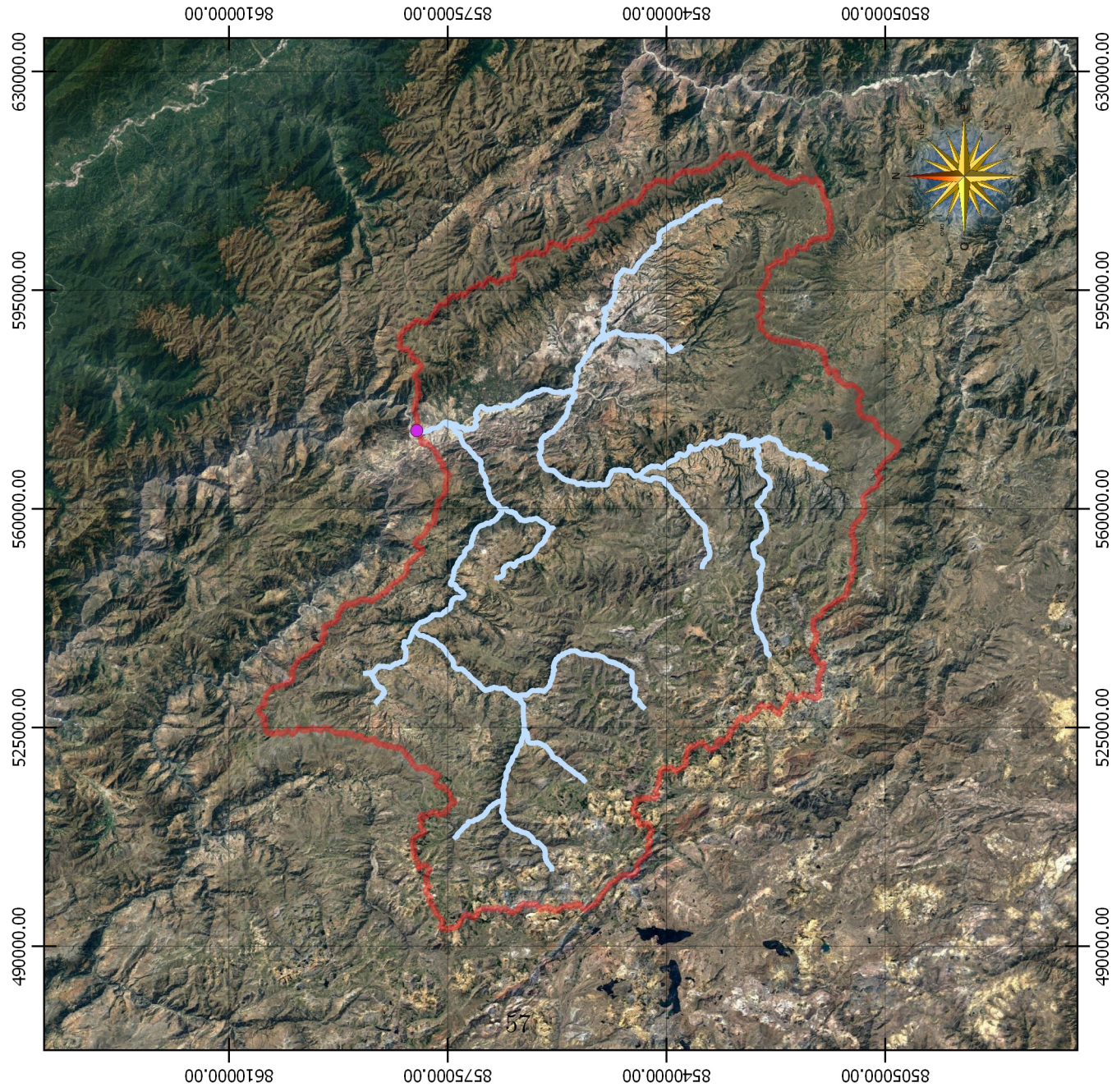
Influencia de las Estructuras Hidráulicas en el Proceso de Reajuste Dinámico de los Ríos

**Autor:**

Jhon Fredy PILLACA MENESES.

**Plano: P7**

Sub cuencas.



**Leyenda:**

- Punto de drenaje
- Red hídrica
- ▭ Cuenca del río Huarpa
- Vista satelital

Escala: 1/1,000,000.00

Sistema de referencia: UTM, DATUM WGS84, Huso 18, Zona L.

**Institución:**

UNiversidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

**Tesis:**

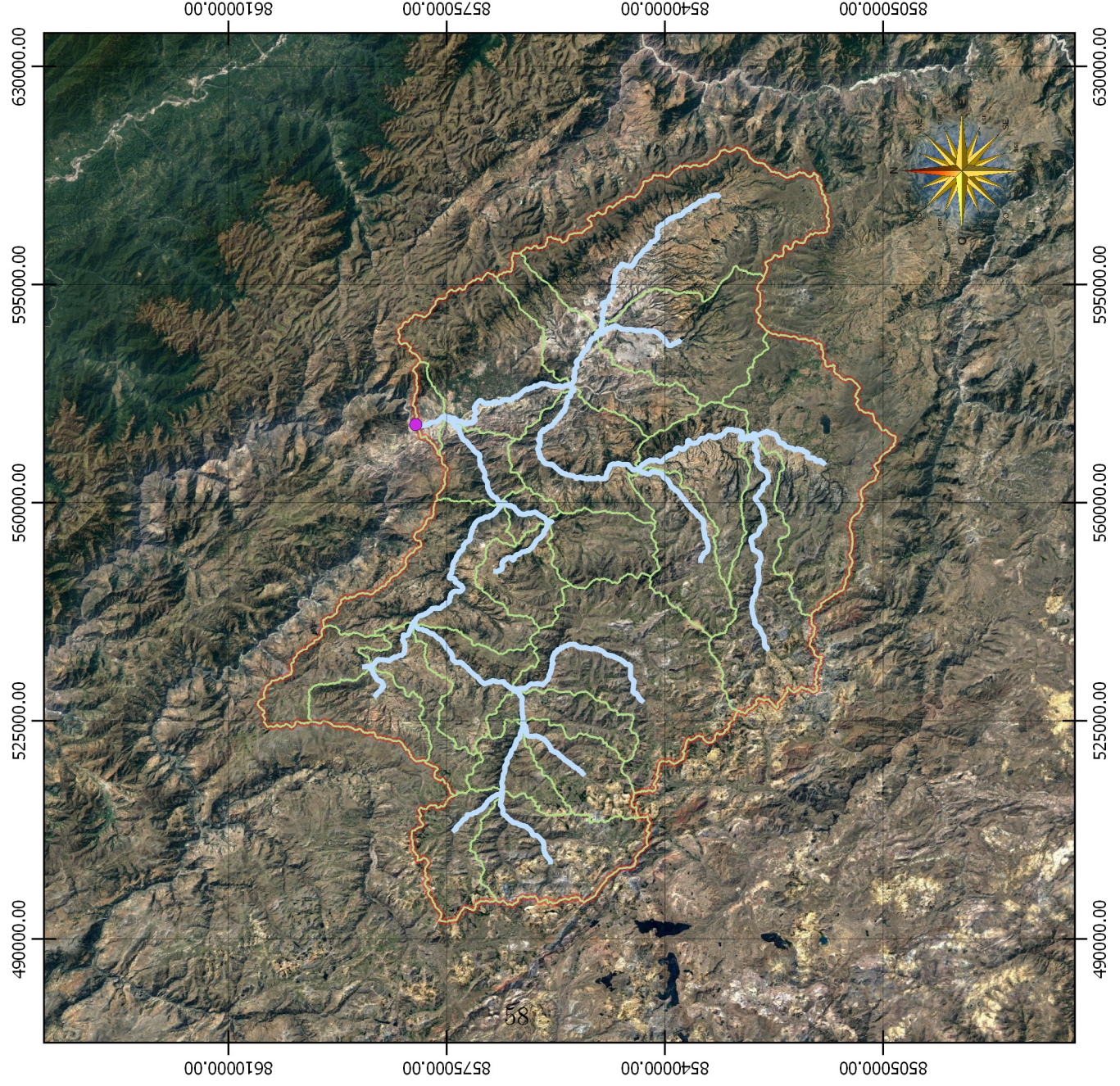
Influencia de las Estructuras Hidráulicas en el Proceso de Reajuste Dinámico de los Ríos

**Autor:**

Jhon Fredy PILLACA MENESES.

**Plano: P8**

Vista satelital.



**Leyenda:**

- Punto de drenaje
- Red hídrica
- ▭ Sub Cuencas
- ▭ Cuenca del río Huarpa
- Vista satelital

Escala: 1/1,000,000.00

Sistema de referencia: UTM, DATUM WGS84, Huso 18, Zona L.

**Institución:**

UNiversidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

**Tesis:**

Influencia de las Estructuras Hidráulicas en el Proceso de Reajuste Dinámico de los Ríos

**Autor:**

Jhon Fredy PILLACA MENESES.

**Plano: P9**

Vista satelital sub cuencas.

## Anexo B

# Propiedades morfométricas de la cuenca hidrográfica

Se presenta las propiedades morfométricas de la cuenca hidrográfica y la red hídrica, con el siguiente detalle:

1. Propiedades relacionadas con la red hídrica: longitud, pendiente, clasificación.
2. Propiedades relacionadas con la cuenca: superficie, perímetro, pendiente, tiempo de concentración, etc.

### Longitud de la red hídrica

SEGMENTO	NUDO A	NUDO B	CUENCA	ORDEN	LONGITUD (m)
1	1	3	1	1	17229.5
2	2	3	1	1	45031.0
3	3	8	1	2	25459.0
4	4	9	1	1	37753.7
5	5	8	1	1	23932.4
6	6	9	1	1	16941.8
7	7	16	1	1	34436.6
8	8	11	1	2	39265.3
9	9	11	1	2	11400.3
10	10	15	1	1	14680.2
11	11	21	1	3	28856.0
12	12	14	1	1	780.4
13	13	17	1	1	16951.3
14	14	18	1	2	10537.1
15	15	16	1	2	7225.6
16	16	23	1	2	22634.9
17	17	15	1	2	12720.3
18	18	21	1	3	19969.5
19	19	14	1	1	14635.1
20	20	17	1	1	11252.0
21	21	22	1	4	5531.1
22	23	18	1	3	32149.4
23	24	25	1	1	6807.7
24	25	23	1	2	13118.9
25	26	25	1	1	1210.3

Propiedades morfométricas de la cuenca hidrográfica

CUENCA	PUNTO DE DRENAJE		Perímetro (m)	Area (m <sup>2</sup> )	COORDENADAS DEL CENTROIDE		Elevación media (m)	Rango de elevación (m)	Distancia promedio de flujo (m)	Distancia máxima de flujo (m)	Tiempo de Concentración (h)
	X (m)	Y (m)			X (m)	Y(m)					
1	513557.7	8566073.3	121277.4	340224853.1	504039.8	8558026.7	4576.4	1570.7	19741.8	36654.9	3.6
2	513557.7	8566103.6	99618.6	181536500.9	504038.7	8573728.1	4496.1	1658.6	17735.0	30951.3	2.9
3	533730.2	8587095.1	87120.7	159654544.5	526669.2	8586741.6	3972.6	956.6	12675.6	24979.8	2.8
4	533760.5	8587095.1	99072.5	144147617.4	532456.4	8595741.0	4090.2	1077.7	17314.3	32586.4	3.6
5	524356.8	8562584.8	86210.7	177113180.3	516846.4	8553311.3	4408.9	1712.9	16668.8	29396.9	2.7
6	524356.8	8562615.2	83116.6	116691191.3	516961.8	8564052.0	4183.1	1618.9	12372.9	24612.8	2.2
7	570253.0	8526941.8	172482.1	396799556.1	544042.9	8524160.0	4365.5	1855.9	37827.0	58579.3	5.8
8	570283.3	8526941.8	186618.0	610607801.8	566884.8	8516380.1	3974.5	1631.9	25136.9	53408.5	5.4
9	530150.7	8564404.9	98951.2	133563670.3	525496.1	8555504.7	4181.6	1786.0	14723.2	28235.1	2.5
10	530181.0	8564404.9	186678.6	630565655.0	533344.2	8544862.4	4384.9	1872.4	33057.0	54723.3	5.3
11	556845.1	8558793.0	79051.8	173791318.9	552877.6	8550197.1	4121.9	1778.9	13367.4	26368.8	2.3
12	556814.8	8558793.0	78627.1	150609143.8	548047.9	8562580.3	3946.7	1548.9	17149.3	31947.5	3.1
13	540737.5	8580239.5	109022.3	197059991.3	531390.0	8571100.2	3885.4	1611.9	18927.9	31631.0	3.0
14	540737.5	8580269.9	135838.0	152131126.8	528073.8	8578527.9	3963.5	1623.9	20338.2	41341.1	4.1
15	565429.8	8544080.8	119639.4	242238225.6	565298.9	8533020.1	3721.1	1634.9	21813.2	50332.0	5.1
16	565399.4	8544080.8	110903.0	240420863.8	552160.7	8536721.3	4207.1	1926.9	22900.2	39920.1	3.6
17	587058.3	8550815.0	128861.0	367209225.2	586514.2	8535630.7	3458.5	1830.7	21667.8	37994.5	3.5
18	587118.9	8550815.0	198023.8	736379360.8	602844.9	8537254.3	3571.3	1962.7	33216.8	65791.7	6.4
19	559848.2	8566376.7	43135.7	45742306.5	558440.8	8562038.4	3257.5	1456.7	7312.9	13103.3	1.1
20	559848.2	8566407.0	165080.5	388673418.4	547038.8	8575383.0	3554.9	2150.8	24902.2	49855.9	4.5
21	578807.3	8555183.2	146515.7	279028990.0	583000.0	8551343.6	3158.3	2029.9	15299.4	30417.9	2.6
22	578777.0	8555213.5	117515.9	310169829.6	567005.5	8553289.3	3245.9	2044.9	23461.2	46594.4	4.3
23	573802.1	8575355.7	74198.2	132744707.2	565944.3	8570191.0	2914.8	1902.6	14495.1	26309.4	2.3
24	573832.4	8575355.7	127041.0	424503511.5	583013.1	8568816.9	3207.6	2658.6	24919.1	47326.7	3.9
25	572649.4	8580027.2	48049.9	43877095.2	575245.7	8577907.1	2710.7	2155.1	7602.3	16991.2	1.3

Sistema de coordenadas: UTM 18 SUR, DATUM WGS 84



## Anexo C

# Registro de precipitaciones

Se adjunta el registro de precipitaciones utilizadas para la determinación de caudales de máxima avenida y caudales medios mensuales, de las estaciones identificadas para el desarrollo de la tesis. Los registros son oficiales, provenientes de SENAMHI.



**OFICINA GENERAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA**

ESTACION : HUAMANGA / 000661 / DRE-11

LAT. : 13° 9' "S" DPTO. : AYACUCHO

PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS ( mm)

LONG. : 74° 13' "W" PROV. : HUAMANGA

ALT. : 2761 msnm DIST. : JESUS NAZARENO

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1970	S/D	S/D	S/D	19.8	6.5	1.0	9.2	0.0	15.0	5.5	13.6	29.0
1971	28.0	46.6	19.2	13.5	0.6	5.3	0.7	9.8	9.2	8.0	16.0	16.0
1972	20.2	7.6	13.0	12.2	0.0	0.0	15.0	5.0	10.3	10.0	7.5	11.2
1973	20.3	16.5	32.0	26.0	0.0	2.2	3.8	13.0	9.8	9.5	21.0	25.0
1974	15.5	26.0	21.0	6.2	1.0	9.7	0.0	10.0	7.0	7.0	2.6	4.0
1975	23.0	15.5	15.2	7.0	6.0	2.0	0.8	2.0	7.2	13.0	15.0	12.0
1976	24.0	24.0	30.5	18.5	8.0	8.0	2.3	1.0	9.5	8.5	4.0	8.0
1977	11.5	20.0	7.2	9.8	6.0	0.0	4.5	2.5	4.2	1.5	26.0	7.5
1978	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	S/D	S/D	S/D
1979	S/D	S/D	16.0	S/D	3.0	0.0	7.8	11.2	5.7	8.0	6.5	6.5

Ing. Oswaldo Nique Asmat  
Director de la Oficina de Servicio al Cliente  
SENAMHI

**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN  
TOTAL O PARCIAL**

S/D= Sin Dato  
T = Traza

INFORMACION PREPARADA PARA : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAMANGA  
LIMA , 18 DE NOVIEMBRE DEL 2014

**INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ**  
**Oficina General de Estadística e Informática**



**OFICINA GENERAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA**

ESTACION : HUAMANGA / 000661 / DRE-11

PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS ( mm )

LAT. : 13° 9' "S" DPTO. : AYACUCHO

LONG. : 74° 13' "W" PROV. : HUAMANGA

ALT. : 2761 msnm DIST. : JESUS NAZARENO

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1982	S/D	44.5	12.6	11.0	1.3	11.6	0.0	8.0	7.0	14.5	26.0	10.4
1983	16.4	10.2	18.7	9.9	1.4	4.4	5.2	6.4	14.2	24.4	6.4	11.7
1984	48.0	16.8	S/D	S/D	S/D	11.4	2.4	2.5	1.4	8.9	20.2	16.4
1985	18.0	8.5	8.8	10.5	0.0	1.5	1.6	0.0	6.9	3.2	7.8	25.8
1986	11.5	14.6	30.0	16.5	4.5	0.0	2.5	6.0	6.0	7.2	15.7	13.5
1987	24.2	6.4	11.1	6.7	8.2	7.6	8.7	3.0	6.0	14.1	8.4	9.8
1988	19.3	22.4	15.3	23.0	4.0	2.5	0.0	0.0	11.0	5.0	17.0	17.7
1989	16.1	15.3	18.0	1.6	11.0	1.0	0.0	1.5	26.0	11.0	9.6	19.5

  
**Ing. Oswaldo Nique Asmat**  
 Director de la Oficina de Servicio al Cliente  
 SENAMHI

**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN**  
**TOTAL O PARCIAL**

S/D= Sin Dato  
 T = Traza

INFORMACION PREPARADA PARA : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAMANGA  
 LIMA , 18 DE NOVIEMBRE DEL 2014



OFICINA GENERAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA

ESTACION : ALLPACHACA / 000662 / DRE-11

PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS ( mm)

LAT. : 13 ° 23' "S" DPTO. : AYACUCHO  
 LONG. : 74 ° 16' "W" PROV. : HUAMANGA  
 ALT. : 3600 msnm DIST. : CHIARA

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1967	16.3	36.2	49.0	13.2	8.0	0.0	11.0	6.0	0.5	9.0	7.0	7.0
1968	9.5	7.5	26.0	4.0	8.0	20.4	5.4	22.0	10.7	11.8	S/D	18.6

.....  
 Ing. Oswaldo Nique Asmat  
 Director de la Oficina de Servicio al Cliente  
 SENAMHI

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN  
 TOTAL O PARCIAL

INFORMACION PREPARADA PARA : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAMANGA  
 LIMA , 18 DE NOVIEMBRE DEL 2014



**OFICINA GENERAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA**

ESTACION : ALLPACHACA / 000662 / DRE-11

DPTO. : AYACUCHO

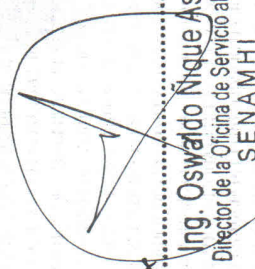
PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS ( mm)

PROV. : HUAMANGA

ALT. : 3600 msnm

DIST. : CHIARA

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1971	27.9	21.4	20.2	5.1	2.8	0.0	0.0	3.4	4.0	5.9	13.1	17.6
1972	35.4	20.7	26.4	11.2	6.8	0.5	4.6	0.0	11.3	17.5	17.2	16.6
1973	19.5	40.5	48.3	20.2	S/D	0.0	0.0	7.7	19.2	S/D	S/D	29.0
1974	40.1	36.2	26.4	11.0	0.0	0.0	0.0	10.1	13.5	23.0	10.0	13.0
1975	14.0	20.0	16.0	10.0	19.0	0.0	0.0	0.0	7.3	9.5	10.2	15.0
1976	20.4	21.0	26.4	S/D	24.0	8.0	S/D	6.0	24.2	0.1	9.0	25.6
1977	12.8	27.4	17.7	12.9	13.4	0.0	5.2	0.0	4.9	10.8	20.6	14.3

  
 Ing. Oswaldo Nique Asmat  
 Director de la Oficina de Servicio al Cliente  
 SENAMHI

**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN  
 TOTAL O PARCIAL**

S/D= Sin Data  
 T = Traza

INFORMACION PREPARADA PARA : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAMANGA  
 LIMA , 18 DE NOVIEMBRE DEL 2014



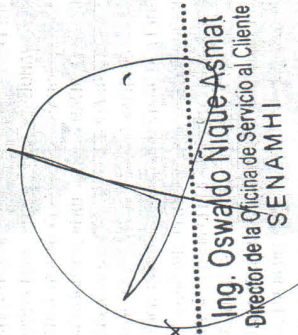
**OFICINA GENERAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA**

ESTACION : ALLPACHACA / 000662 / DRE-11

PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS ( mm)

LAT. : 13 ° 23 ' "S" DPTO. : AYACUCHO  
 LONG. : 74 ° 16 ' "W" PROV. : HUAMANGA  
 ALT. : 3600 msnm DIST. : CHIARA

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1980	14.6	6.2	S/D	0.5	18.6	0.0	1.9	0.0	12.2	26.0	15.0	15.0

  
 Ing. Oswaldo Nique-Asmat  
 Director de la Oficina de Servicio al Cliente  
 SENAMHI

**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN  
 TOTAL O PARCIAL**

S/D= Sin Dato  
 T = Traza

INFORMACION PREPARADA PARA : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAMANGA  
 LIMA , 18 DE NOVIEMBRE DEL 2014



**OFICINA GENERAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA**

ESTACION : LA QUINUA / 000663 / DRE-11

PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS ( mm)

LAT. : 13° 2 ' "S" DPTO. : AYACUCHO

LONG. : 74° 8 ' "W" PROV. : HUAMANGA

ALT. : 3316 msnm DIST. : QUINUA

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1965	16.0	11.0	25.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0	16.4	19.0	20.0
1966	15.0	26.6	31.0	4.0	18.0	0.0	6.5	4.0	5.0	34.0	14.0	26.0
1967	16.0	40.0	31.2	36.6	36.0	0.0	12.4	15.4	12.4	22.0	19.4	25.1
1968	17.6	19.8	27.9	15.5	5.3	15.8	9.8	5.1	9.2	18.3	16.6	19.8
1969	13.8	13.4	17.4	6.5	10.8	6.2	13.7	8.7	10.6	20.2	15.6	17.0
1970	33.1	24.8	23.8	25.0	19.0	8.7	6.5	0.0	13.5	10.4	15.2	19.2
1971	29.7	21.0	18.0	29.0	0.0	0.0	8.6	8.4	0.0	17.9	4.2	55.8
1972	25.7	10.4	26.6	14.0	0.0	0.0	22.1	0.0	3.2	14.0	14.5	15.6
1973	41.0	29.9	32.1	25.4	13.6	0.0	12.5	23.0	28.7	10.6	10.6	34.0
1974	24.8	41.2	34.2	7.5	13.5	16.8	0.0	12.5	13.4	16.5	13.2	16.8
1975	25.9	14.6	12.9	4.2	15.9	0.0	1.2	3.8	8.8	10.6	12.3	18.7
1976	21.7	31.1	21.7	12.6	9.6	9.6	4.4	3.7	20.7	8.2	3.3	9.7
1977	9.9	36.9	17.5	12.4	4.9	0.0	6.4	9.3	13.1	24.1	20.6	18.5
1978	40.9	28.5	12.9	13.2	6.0	8.9	4.1	1.4	10.6	13.1	25.9	18.5
1979	14.4	32.1	17.3	13.2	6.4	0.0	4.9	11.0	6.1	8.0	8.3	13.3

S/D= Sin Data  
T = Traza

INFORMACION PREPARADA PARA : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAMANGA  
LIMA , 18 DE NOVIEMBRE DEL 2014

.....  
**Ing. Oswaldo Nique Asmat**  
 Director de la Oficina de Servicio al Cliente  
**SENAMHI**

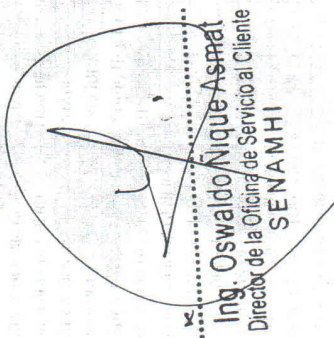
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN**  
**TOTAL O PARCIAL**



**OFICINA GENERAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA**

ESTACION : LA QUINUA / 000663 / DRE-11 LAT. : 13° 2 ' "S" DPTO. : AYACUCHO  
 PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS ( mm) LONG. : 74° 8 ' "W" PROV. : HUAMANGA  
 ALT. : 3316 msnm DIST. : QUINUA

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1982	23.5	38.0	19.1	32.5	4.0	1.8	0.0	10.6	11.0	15.2	26.7	8.5

  
 Ing. Oswaldo Nique Asmat  
 Director de la Oficina de Servicio al Cliente  
 SENAMHI

**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN  
 TOTAL O PARCIAL**

S/D= Sin Datos  
 T = Traza

INFORMACION PREPARADA PARA : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAMANGA  
 LIMA , 18 DE NOVIEMBRE DEL 2014





**OFICINA GENERAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA**

ESTACION : LA QUINUA / 000663 / DRE-11 DPTO. : AYACUCHO  
 PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS ( mm) PROV. : HUAMANGA  
 LAT. : 13° 2 ' "S" ALT. : 3316 msnm  
 LONG. : 74° 8 ' "W" DIST. : QUINUA

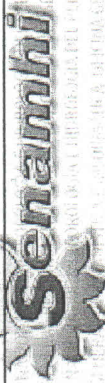
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1988	19.6	31.5	22.0	16.5	9.0	0.0	0.0	0.0	8.3	3.9	14.6	19.3
1989	29.9	11.7	19.9	8.4	11.6	6.8	2.7	7.2	17.6	9.0	10.8	25.3
1990	26.2	12.6	10.6	23.6	4.6	20.4	1.4	16.3	10.0	14.3	18.7	13.8
1991	21.9	8.0	11.9	4.5	4.3	20.4	3.5	0.0	20.2	11.0	9.1	12.7
1992	14.9	12.0	15.8	13.7	0.0	6.6	8.2	14.6	4.9	15.5	15.1	16.2
1993	17.0	37.3	14.7	10.5	6.8	7.2	9.2	9.1	17.6	19.5	10.7	18.2
1994	13.5	16.7	20.0	27.2	2.9	5.8	0.0	12.6	8.9	9.3	12.5	36.7
1995	35.2	14.0	27.9	5.8	18.8	1.3	1.2	1.0	6.5	18.6	28.6	21.8
1996	27.4	15.9	29.7	17.0	1.6	0.0	0.5	8.7	8.2	9.0	12.6	16.1
1997	29.2	24.5	37.8	12.7	3.9	0.0	4.0	10.0	16.1	4.0	12.3	26.1
1998	22.3	38.3	43.6	5.5	6.2	2.7	0.0	2.5	4.5	41.3	15.5	9.6
1999	22.6	24.0	23.7	6.2	0.5	3.5	6.4	0.0	28.4	11.2	24.2	22.4
2000	26.7	26.5	23.5	7.4	17.0	7.0	13.4	2.5	5.5	8.3	3.6	18.7
2001	19.5	21.2	28.5	12.0	16.0	1.8	18.0	6.7	21.3	28.7	19.9	18.5
2002	18.3	20.8	22.0	7.3	13.4	1.4	21.9	8.8	20.1	17.6	14.7	27.0

S/D= Sin Dato  
 T = Taza

.....  
 Ing. Oswaldo Nique Asmat  
 Director de la Oficina de Servicio al Cliente  
 SENAMHI

INFORMACION PREPARADA PARA : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAMANGA  
 LIMA , 18 DE NOVIEMBRE DEL 2014

**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN**  
**TOTAL O PARCIAL**



**OFICINA GENERAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA**

ESTACION : LA QUINUA / 000663 / DRE-11 DPTO. : AYACUCHO  
 PROV. : HUAMANGA  
 PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS ( mm) ALT. : 3316 msnm  
 LAT. : 13° 2 ' "S" LONG. : 74° 8 ' "W" DIST. : QUINUA

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2003	7.0	32.4	25.8	31.5	9.5	2.6	0.3	14.3	10.8	1.0	10.8	27.4
2004	10.8	23.0	17.9	3.6	5.9	5.2	11.7	8.7	14.3	9.0	12.8	20.3
2005	9.7	28.2	32.7	21.7	10.7	0.6	6.4	0.6	9.0	12.1	21.8	31.0
2006	20.7	17.9	21.1	14.5	1.2	2.4	0.0	5.3	3.1	20.5	14.0	12.8
2007	17.8	23.4	33.2	28.2	5.5	0.0	7.7	1.3	13.0	16.2	14.5	21.0
2008	23.0	24.6	16.8	11.0	16.4	6.4	4.8	0.7	20.0	17.8	18.1	20.0
2009	27.6	46.8	7.8	14.9	9.0	0.4	2.0	4.4	9.2	8.4	21.4	14.2
2010	18.1	25.3	18.7	8.1	3.9	0.0	6.6	7.4	7.5	21.8	10.0	28.5
2011	19.3	18.6	32.1	23.0	9.9	4.2	3.1	2.1	23.6	13.4	16.6	14.0
2012	21.2	28.7	22.0	8.7	8.9	9.6	17.1	10.6	18.7	18.5	15.5	3.1
2013	23.0	20.0	17.0	7.1	11.4	4.4	3.7	25.2	14.3	37.9	33.9	24.3

Ing. **Oswaldo Nique Asmat**  
 Director de la Oficina de Servicio al Cliente  
 SENAMHI

**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN  
 TOTAL O PARCIAL**

INFORMACION PREPARADA PARA : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAMANGA  
 LIMA , 18 DE NOVIEMBRE DEL 2014

S/D= Sin Dato  
 T = Traza



**OFICINA GENERAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA**

DPTO. : AYACUCHO  
 PROV. : LA MAR  
 DIST. : SAN MIGUEL

LAT. : 13° 1' "S"  
 LONG. : 73° 59' "W"  
 ALT. : 2720 msnm

ESTACION : SAN MIGUEL / 000666 / DRE-11  
 PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS ( mm)

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1964	10.1	19.5	17.0	9.5	14.0	0.6	0.0	0.5	9.5	9.5	18.2	10.0
1965	14.2	17.4	9.9	3.8	4.1	0.0	5.0	2.7	12.7	24.0	12.0	16.5
1966	20.0	38.0	15.7	3.5	23.8	0.0	4.0	0.0	1.3	34.7	14.7	11.0
1967	20.8	20.5	21.3	21.0	S/D	6.0	4.0	3.0	4.8	8.6	6.0	10.5
1968	20.3	15.5	14.5	5.9	2.2	1.0	13.3	7.0	3.8	12.0	18.5	29.0
1969	10.0	13.6	18.0	9.6	S/D	0.5	4.8	2.0	4.9	11.7	12.0	8.2
1970	33.8	13.2	16.0	15.0	0.0	6.5	0.0	0.0	11.8	9.0	16.4	15.6
1971	23.6	14.2	14.3	0.0	2.0	7.2	0.0	0.0	2.0	8.0	12.4	28.6
1972	19.0	14.2	16.4	0.0	6.2	2.8	11.6	5.2	6.8	9.4	12.7	11.0
1973	27.0	19.4	7.6	10.8	3.0	0.0	3.4	11.6	4.6	7.0	11.4	24.0
1974	17.6	16.0	31.7	4.2	0.0	0.0	0.0	6.0	0.0	0.0	10.0	9.5
1975	26.5	14.5	17.5	6.0	5.8	1.0	0.5	2.8	7.5	8.5	18.1	23.5
1976	13.5	25.2	22.5	8.6	5.6	11.0	0.0	1.0	7.0	2.5	4.5	4.0
1977	6.0	8.5	9.0	4.0	5.0	1.5	2.0	1.5	6.5	10.0	15.0	9.6
1978	9.2	9.8	8.2	5.8	3.4	6.8	4.8	4.8	5.0	20.8	9.1	5.8

S/D= Sin Datos  
 T = Traza

Ing. Oswaldo Nique Asmat  
 Director de la Oficina de Servicio al Cliente  
 SENAMHI

INFORMACION PREPARADA PARA : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAMANGA  
 LIMA , 18 DE NOVIEMBRE DEL 2014

**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN  
 TOTAL O PARCIAL**



**OFICINA GENERAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA**

ESTACION : SAN MIGUEL / 000666 / DRE-11

PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS ( mm)

LAT. : 13° 1' "S" DPTO. : AYACUCHO  
 LONG. : 73° 59' "W" PROV. : LA MAR  
 ALT. : 2720 msnm DIST. : SAN MIGUEL

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1979	8.2	5.4	8.4	1.8	0.0	0.0	0.0	16.0	2.5	2.9	20.0	2.8
1980	S/D	3.0	S/D	6.5	0.0	9.8	3.8	2.5	5.4	6.4	3.7	0.0
1981	25.6	26.6	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	9.1	0.0	S/D	S/D

*(Signature)*  
**Ing. Oswaldo Nique Asmat**  
 Director de la Oficina de Servicio al Cliente  
 SENAMHI

**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN  
 TOTAL O PARCIAL**

S/D= Sin Dato  
 T = Traza

INFORMACION PREPARADA PARA : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAMANGA  
 LIMA , 18 DE NOVIEMBRE DEL 2014



**OFICINA GENERAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA**

ESTACION : SAN PEDRO DE CACHI / 006205 / DRE-11

PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS ( mm)

LAT. : 13° 3' "S" DPTO. : AYACUCHO  
 LONG. : 74° 21' "W" PROV. : HUAMANGA  
 ALT. : 2990 msnm DIST. : SANTIAGO DE PISCHA

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2005	16.4	33.2	16.0	3.8	3.2	0.0	6.5	5.0	8.3	17.2	10.4	26.4
2006	18.5	29.2	15.6	15.6	2.5	5.4	0.0	6.0	13.2	25.4	10.2	29.3
2007	21.2	18.8	47.5	13.6	3.8	0.0	4.0	0.0	5.8	14.3	8.2	S/D
2008	15.4	17.6	13.5	3.6	11.8	4.5	0.0	0.9	9.2	6.8	5.6	27.8
2009	27.8	35.5	23.4	22.5	6.0	0.0	11.8	1.5	4.8	7.8	17.2	23.3
2010	31.2	22.4	14.8	14.5	4.9	0.5	3.2	7.3	12.4	8.6	15.0	31.1
2011	24.0	28.6	26.5	45.0	3.0	0.0	7.0	0.5	6.0	17.0	13.3	14.8
2012	15.6	29.6	23.6	8.0	15.0	13.0	9.5	3.4	20.6	18.5	12.2	23.6
2013	30.8	18.0	S/D	6.1	32.4	1.6	6.3	17.0	8.7	14.7	16.5	23.7

**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN  
TOTAL O PARCIAL**

Ing. Oswaldo Nique-Asmat  
 Director de la Oficina de Servicio al Cliente  
 SENAMHI

S/D= Sin Dato  
 T = Traza

INFORMACION PREPARADA PARA : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAMANGA  
 LIMA , 18 DE NOVIEMBRE DEL 2014

**MINISTERIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ**  
**Oficina General de Estadística e Informática**



**OFICINA GENERAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA**

ESTACION : **WAYLLAPAMPA / 000664 / DRE-11**

PARAMETRO : **PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS ( mm )**

DPTO. : **AYACUCHO**  
 PROV. : **HUAMANGA**  
 DIST. : **PACAYCASA**

ALT. : **2470 msnm**

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2003	10.4	50.8	22.6	31.4	3.7	1.9	0.0	6.2	5.4	0.0	11.0	17.9
2004	40.8	14.8	9.4	3.5	3.9	3.2	8.4	5.7	6.4	13.5	7.8	17.3
2005	21.8	19.0	9.1	4.2	17.6	0.0	3.1	4.9	2.3	16.0	11.4	11.4
2006	32.3	15.8	16.8	7.6	7.4	2.3	2.3	6.5	12.8	18.5	13.7	16.0
2007	13.9	18.5	19.6	14.4	14.5	9.6	3.2	4.4	3.9	17.9	S/D	13.1
2008	15.0	23.6	13.0	6.0	13.3	2.7	0.3	3.6	7.3	5.6	10.2	17.0
2009	27.3	25.7	10.7	11.9	9.3	0.4	2.2	4.9	3.2	18.7	14.5	29.7
2010	18.7	17.1	12.7	7.3	3.3	0.0	2.1	7.8	5.9	7.4	5.7	18.0
2011	22.4	32.3	26.8	14.4	8.8	0.1	4.7	0.5	13.3	11.4	26.0	17.0
2012	15.1	19.7	15.6	20.3	27.6	7.2	9.5	1.3	16.8	13.2	19.3	24.8
2013	18.9	S/D	30.4	8.1	3.7	1.2	3.1	24.3	19.4	37.7	18.9	14.8

**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN  
 TOTAL O PARCIAL**

**Ing. Oswaldo Inque Asmat**  
 Director de la Oficina de Servicio al Cliente

INFORMACION PREPARADA PARA : **MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAMANGA**  
 LIMA , 18 DE NOVIEMBRE DEL 2014

S/D= Sin Datos  
 T = Traza

**PRECIPITACIÓN ACUMULADA MENSUAL (mm)**

-12.94583

Nombre de Estación: HUANTA      Río:      Región: AYACUCHO      Latitud Sur:

-74.23917

Codigo de Estación: 000660      Cuenca: Cuenca Mantaro      Provincia: HUANTA      Longitud Oeste:

Tipo de Estación: CLIMÁTICA      Pfafstetter: 4996      Distrito: HUANTA      Altitud: 2,521.00

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1967						0.00	8.00	15.50	38.50	32.00	14.50	107.30
1968	111.60	122.00	115.00	8.00	5.00	2.00	5.00	59.80	8.40	83.80	65.00	116.10
1969	38.40	47.40							19.00			90.50
1970	127.10	27.40	51.60	17.60	1.00	0.40	14.30	0.00	8.20	27.10	30.30	93.20
1971	188.10	117.70	70.70	3.80	0.40	0.50	1.00	11.50	0.00	4.90	9.30	
1972		8.90	141.20	29.40	4.20	2.00	7.30	7.10	18.50	11.80	13.00	26.70
1973	94.70	157.10	67.70	53.50	0.00	22.20	13.90	5.80	7.20	43.30	45.90	69.20
1974	110.60	89.00	45.30	11.10								
1999											43.20	70.90
2000	120.70	148.20	89.70	28.20	31.90	4.20	18.80	9.90	5.30	54.70	19.40	77.80
2001	150.90	81.00	109.90	14.30	37.30	2.40	34.90	19.40	3.50	48.90	63.60	83.50
2002	47.60	115.00	111.70	41.70	20.70	1.60	23.00	8.70	22.30	23.20		77.10
2003	61.20	135.00	163.30		12.60	1.50	0.00	16.30	23.90	12.50	15.00	
2004	58.50	92.50	54.10	4.00	8.20	7.90	18.10	11.10	22.00	19.90	34.60	97.70
2005	42.50	98.20	119.80	14.70	8.20	0.00	5.00	0.00	3.60	30.60	34.70	82.10
2006	91.40	69.20	68.90	29.50	0.00	7.80	0.00	4.50	11.40		54.30	67.30
2007	97.70	43.40	111.60	21.70	4.30	0.00	4.30	3.00	6.00	41.00	44.80	
2008	73.70	90.70	23.70	3.60	12.00	5.70	0.00	0.00	4.70	18.00	23.00	35.80
2009	86.00	115.10		46.20	28.80	1.00	8.90	5.80	9.70	13.40	27.30	
2010	151.40	59.60										
N° Registros	17	18	15	15	15	16	16	16	17	15	16	14
<b>Promedio</b>	<b>97.18</b>	<b>89.86</b>	<b>89.61</b>	<b>21.82</b>	<b>11.64</b>	<b>3.70</b>	<b>10.16</b>	<b>11.15</b>	<b>12.48</b>	<b>31.01</b>	<b>33.62</b>	<b>78.23</b>
Máximo	188.10	157.10	163.30	53.50	37.30	22.20	34.90	59.80	38.50	83.80	65.00	116.10
Mínimo	38.40	8.90	23.70	3.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.90	9.30	26.70

**PRECIPITACIÓN ACUMULADA MENSUAL (mm)**

Nombre de Estación: HUANTA      Río:      Región: AYACUCHO      Latitud Sur: -12.94583  
 Código de Estación: 000660      Cuenca: Cuenca Mantaro      Provincia: HUANTA      Longitud Oeste: -74.23917  
 Tipo de Estación: CLIMÁTICA      Pfaftetter: 4996      Distrito: HUANTA      Altitud: 2,521.00

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total (mm)
1999	82.69	97.02	20.09	20.09333333	16.40	3.21	11.30	9.11	12.25	31.63	43.20	70.90	417.90
2000	120.70	148.20	89.70	28.20	31.90	4.20	18.80	9.90	5.30	54.70	19.40	77.80	608.80
2001	150.90	81.00	109.90	14.30	37.30	2.40	34.90	19.40	3.50	48.90	63.60	83.50	649.60
2002	47.60	115.00	111.70	41.70	20.70	1.60	23.00	8.70	22.30	23.20	38.28	77.10	530.88
2003	61.20	135.00	163.30	23.14	12.60	1.50	0.00	16.30	23.90	12.50	15.00	77.33	541.77
2004	58.50	92.50	54.10	4.00	8.20	7.90	18.10	11.10	22.00	19.90	34.60	97.70	428.60
2005	42.50	98.20	119.80	14.70	8.20	0.00	5.00	0.00	3.60	30.60	34.70	82.10	439.40
2006	91.40	69.20	68.90	29.50	0.00	7.80	0.00	4.50	11.40	27.02	54.30	67.30	431.32
2007	97.70	43.40	111.60	21.70	4.30	0.00	4.30	3.00	6.00	41.00	44.80	82.37	460.17
2008	73.70	90.70	23.70	3.60	12.00	5.70	0.00	0.00	4.70	18.00	23.00	35.80	290.90
2009	86.00	115.10	90.23	46.20	28.80	1.00	8.90	5.80	9.70	13.40	27.30	66.89	499.33
2010	151.40	59.60	87.55	22.47	16.40	3.21	11.30	7.98	11.33	29.17	36.20	74.43	511.04
N° Registros	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Promedio	88.69	95.41	87.55	16.40	16.40	3.21	11.30	7.98	11.33	29.17	36.20	74.43	484.14



PRECIPITACIÓN ACUMULADA MENSUAL (mm)

-13.05528

Nombre de Estación: LA QUINUA Río: Región: AYACUCHO Latitud Sur:

-74.14139

Codigo de Estación: 000663 Cuenca: Cuenca Mantaro Provincia: HUAMANGA Longitud Oeste:

Tipo de Estación: CLIMÁTICA Pfaftetter: 4996 Distrito: QUINUA Altitud: 3,260.00

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1964										29.60	19.50	59.80
1965	92.00	57.10	122.00	13.10	0.00	0.00	0.00	0.00	35.20	40.90	48.50	129.80
1966	140.00	115.30	94.00	4.00	52.00	0.00	7.00	7.00	5.00		61.00	69.00
1967	56.50	326.50	445.60	46.00	48.80	0.00	31.70	15.90	61.60	112.60	114.70	189.20
1968	216.70	193.20	127.70	62.80	14.10	42.10	12.60	5.10	32.30	95.40	118.50	146.80
1969	95.30	90.80	123.10	19.40	27.30	11.60	13.70	16.30	26.90	70.50	89.80	131.30
1970	354.70	100.70	110.20	78.50	34.60	12.30	8.00	0.00	48.60	19.90	35.50	91.00
1971	120.50	188.40	153.70	57.40	0.00	0.00	24.00	19.00	0.00	41.20	4.20	153.00
1972	244.90	21.60	255.60	37.20		0.00	28.20	0.00	3.20	68.80	27.50	74.30
1973	280.10	187.40	297.60	76.80			17.80	37.20	50.00		26.20	172.70
1974	264.00	369.50	240.70	18.20	23.90	41.60	0.00	43.60	46.60	23.90	17.30	63.60
1975	179.40	123.00	115.90	6.40		0.00	1.20	9.70	29.90	38.50	45.40	123.60
1976	176.30	178.80	149.20	25.30	33.80	17.00	5.80	11.20	75.20	11.40	15.20	75.00
1977	78.20	148.40	73.90	43.40	18.50	0.00	16.30	10.40	31.80	54.50	100.10	97.00
1978	222.60	132.00	87.20	50.60	11.50	15.00	4.90	1.40	42.90	72.70	89.90	98.80
1979	89.20	126.90	159.50	35.00	22.90	0.00	6.20	17.70	11.20	35.50	70.50	64.60
1980	106.70	97.10	124.20									
1981							0.60	20.20	74.80	161.40	122.20	104.50
1982	147.60	191.20	78.00	69.10	4.00	6.10	0.00	29.00	46.50	47.90	159.00	63.20
1983	129.70	42.70	77.60									
1988	147.00	153.10	104.50	39.50	29.70	0.00	0.00	0.00	16.50	15.50	52.70	133.70
1989	129.70	82.20	116.10	33.20	19.30	10.60	4.10	12.60	47.00	35.50	34.90	81.60
1990	132.50	31.60	39.60	36.90	11.40	55.40	2.40	30.90	26.60	87.40	125.20	125.80
1991	110.90	57.50	88.90	19.30	8.50	35.10	5.90	0.00	61.70	48.20	30.90	45.20
1992	97.10	99.00	73.00	35.90	0.00	21.70	8.80	33.10	8.10	61.80	52.40	50.60
1993	128.70	176.50	78.60	54.50	16.90	11.60	19.70	23.10	84.70	55.30	72.20	149.30
1994	119.30	138.00	100.30	82.20	4.00	7.30	0.00	17.00	32.40	32.50	54.30	146.80
1995	188.50	142.00	146.60	26.00	34.10	1.30	2.30	1.00	20.60	54.20	86.70	58.60
1996	91.30	110.60	128.30	47.80	2.30	0.00	0.50	17.00	30.30	35.70	49.40	82.60
1997	185.70	146.00	128.80	59.90	10.60	0.00	4.00	33.70	58.20	13.10	81.50	105.20
1998	105.50	173.20	141.40	20.20	6.20	4.70	0.00	6.40	5.80	79.50	57.00	71.20
1999	114.40	159.60	139.10	25.70	1.20	4.00	9.40	0.00	78.50	27.20	71.40	125.70
2000	146.10	205.20	126.50	19.60	41.50	11.20	43.70	5.80	16.80	64.10	14.50	111.60
2001	218.30	114.00	155.40	30.30	48.20	5.30	43.50	21.10	33.70	63.00	102.70	106.90
2002	91.50	173.20	111.30	33.80	31.40	1.40	46.90	15.70	73.20	51.60		170.40
2003	65.10	191.40	202.40	86.60	26.40	2.60	0.30	30.20	39.80	1.60	32.20	113.20
2004	73.80	106.50	92.50	8.60	16.10	15.60	21.60	14.40	34.80	47.60	64.80	173.50
2005	67.80	121.00		48.10	17.50	0.60	6.40	0.60	20.70	52.30	52.80	146.70
2006	115.20	125.30	152.60	55.50	1.20	2.40	0.00	14.30	6.90		93.50	82.60
2007	136.30	89.70	197.90	66.20	15.20	0.00	13.40	1.30	30.90	72.40	78.50	117.10
2008	106.70	154.60	95.60	29.90		10.00	7.10	1.40	27.10	59.40	41.60	75.20
2009	150.50	174.80		55.90	26.70		6.10	8.70	36.70	50.60	113.70	109.90
2010	138.70	120.20										
N° Registros	41	41	38	38	34	36	39	39	39	37	39	40
Promedio	142.80	139.90	138.29	41.02	19.41	9.63	10.87	13.64	36.22	52.25	64.82	107.27
Máximo	354.70	369.50	445.60	86.60	52.00	55.40	46.90	43.60	84.70	161.40	159.00	189.20
Mínimo	56.50	21.60	39.60	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.60	4.20	45.20

**PRECIPITACIÓN ACUMULADA MENSUAL (mm)**  
**(Completada y Extendida)**

Nombre de estación : La Quinua      Río :      Región : Ayacucho      Latitud : -13.05527778  
 Código de estación : 000663      Cuenca : Cuenca Mantaro      Provincia : Huamanga      Longitud : -74.14138889  
 Tipo de estación : Climática      Pfafstetter : 4996      Distrito : Quinua      Altitud : 3260

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total (mm)
1964	186.5	165.1	197.0	41.3	25.4	12.4	14.3	14.4	30.9	29.6	19.5	59.8	796.2
1965	92.0	57.1	122.0	13.1	0.0	0.0	0.0	0.0	35.2	40.9	48.5	129.8	538.6
1966	140.0	115.3	94.0	4.0	52.0	0.0	7.0	7.0	5.0	42.8	61.0	69.0	597.1
1967	56.5	326.5	445.6	46.0	48.8	0.0	31.7	15.9	61.6	112.6	114.7	189.2	1449.1
1968	216.7	193.2	127.7	62.8	14.1	42.1	12.6	5.1	32.3	95.4	118.5	146.8	1067.3
1969	95.3	90.8	123.1	19.4	27.3	11.6	13.7	16.3	26.9	70.5	89.8	131.3	716.0
1970	354.7	100.7	110.2	78.5	34.6	12.3	8.0	0.0	48.6	19.9	35.5	91.0	894.0
1971	120.5	188.4	153.7	57.4	0.0	0.0	24.0	19.0	0.0	41.2	4.2	153.0	761.4
1972	244.9	21.6	255.6	37.2	31.2	0.0	28.2	0.0	3.2	68.8	27.5	74.3	792.5
1973	280.1	187.4	297.6	76.8	21.7	16.5	17.8	37.2	50.0	67.9	26.2	172.7	1251.9
1974	264.0	369.5	240.7	18.2	23.9	41.6	0.0	43.6	46.6	23.9	17.3	63.6	1152.9
1975	179.4	123.0	115.9	6.4	38.3	0.0	1.2	9.7	29.9	38.5	45.4	123.6	711.3
1976	176.3	178.8	149.2	25.3	33.8	17.0	5.8	11.2	75.2	11.4	15.2	75.0	774.2
1977	78.2	148.4	73.9	43.4	18.5	0.0	16.3	10.4	31.8	54.5	100.1	97.0	672.5
1978	222.6	132.0	87.2	50.6	11.5	15.0	4.9	1.4	42.9	72.7	89.9	98.8	829.5
1979	89.2	126.9	159.5	35.0	22.9	0.0	6.2	17.7	11.2	35.5	70.5	64.6	639.2
1980	106.7	97.1	124.2	40.7	24.0	10.4	11.5	15.1	33.3	45.9	47.4	104.1	660.4
1981	192.4	152.2	160.7	42.7	23.7	10.3	0.6	20.2	74.8	161.4	122.2	104.5	1065.6
1982	147.6	191.2	78.0	69.1	4.0	6.1	0.0	29.0	46.5	47.9	159.0	63.2	841.6
1983	129.7	42.7	77.6	39.8	13.1	12.4	6.2	14.7	39.2	46.0	63.8	98.9	584.1
1984	130.6	129.2	109.5	38.6	14.7	12.4	8.4	14.1	37.9	47.0	60.5	99.7	702.7
1985	136.2	128.1	112.4	38.1	16.8	12.0	10.5	14.5	37.5	48.0	63.2	99.9	717.1
1986	133.8	130.8	111.9	37.7	17.7	11.3	12.7	14.5	39.6	48.3	63.1	104.3	725.7
1987	128.3	133.3	118.4	40.8	17.5	11.5	12.8	16.5	41.2	47.4	61.7	103.0	732.3
1988	147.0	153.1	104.5	39.5	29.7	0.0	0.0	0.0	16.5	15.5	52.7	133.7	692.2
1989	129.7	82.2	116.1	33.2	19.3	10.6	4.1	12.6	47.0	35.5	34.9	81.6	606.8
1990	132.5	31.6	39.6	36.9	11.4	55.4	2.4	30.9	26.6	87.4	125.2	125.8	705.7
1991	110.9	57.5	88.9	19.3	8.5	35.1	5.9	0.0	61.7	48.2	30.9	45.2	512.1
1992	97.1	99.0	73.0	35.9	0.0	21.7	8.8	33.1	8.1	61.8	52.4	50.6	541.5
1993	128.7	176.5	78.6	54.5	16.9	11.6	19.7	23.1	84.7	55.3	72.2	149.3	871.1
1994	119.3	138.0	100.3	82.2	4.0	7.3	0.0	17.0	32.4	32.5	54.3	146.8	734.1
1995	188.5	142.0	146.6	26.0	34.1	1.3	2.3	1.0	20.6	54.2	86.7	58.6	761.9
1996	91.3	110.6	128.3	47.8	2.3	0.0	0.5	17.0	30.3	35.7	49.4	82.6	595.8
1997	185.7	146.0	128.8	59.9	10.6	0.0	4.0	33.7	58.2	13.1	81.5	105.2	826.7
1998	105.5	173.2	141.4	20.2	6.2	4.7	0.0	6.4	5.8	79.5	57.0	71.2	671.1
1999	114.4	159.6	139.1	25.7	1.2	4.0	9.4	0.0	78.5	27.2	71.4	125.7	756.2
2000	146.1	205.2	126.5	19.6	41.5	11.2	43.7	5.8	16.8	64.1	14.5	111.6	806.6
2001	218.3	114.0	155.4	30.3	48.2	5.3	43.5	21.1	33.7	63.0	102.7	106.9	942.4
2002	91.5	173.2	111.3	33.8	31.4	1.4	46.9	15.7	73.2	51.6	60.2	170.4	860.6
2003	65.1	191.4	202.4	86.6	26.4	2.6	0.3	30.2	39.8	1.6	32.2	113.2	791.8
2004	73.8	106.5	92.5	8.6	16.1	15.6	21.6	14.4	34.8	47.6	64.8	173.5	669.8
2005	67.8	121.0	124.7	48.1	17.5	0.6	6.4	0.6	20.7	52.3	52.8	146.7	659.2
2006	115.2	125.3	152.6	55.5	1.2	2.4	0.0	14.3	6.9	45.2	93.5	82.6	694.7
2007	136.3	89.7	197.9	66.2	15.2	0.0	13.4	1.3	30.9	72.4	78.5	117.1	818.9
2008	106.7	154.6	95.6	29.9	18.5	10.0	7.1	1.4	27.1	59.4	41.6	75.2	627.1
2009	150.5	174.8	142.1	55.9	26.7	3.8	6.1	8.7	36.7	50.6	113.7	109.9	879.5
2010	138.7	120.2	129.8	43.7	17.7	5.7	13.0	13.6	35.5	48.2	65.5	111.0	742.6
Nro Reg.	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
Promedio	143.9	139.9	137.5	40.9	20.0	9.9	10.9	13.8	36.3	51.5	64.1	106.6	775.3
Máximo	354.7	369.5	445.6	86.6	52.0	55.4	46.9	43.6	84.7	161.4	159.0	189.2	1449.1
Mínimo	56.5	21.6	39.6	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	4.2	45.2	512.1

## Anexo D

### Caudal promedio mensual

Se determina en base al modelo Lutz Scholz, este modelo hidrológico es combinado porque cuenta con una estructura determinística para el cálculo de los caudales mensuales para el año promedio (Balance Hídrico - Modelo determinístico); y una estructura estocástica para la generación de series extendidas de caudal (Proceso markoviano - Modelo Estocástico). Fué desarrollado por el experto Lutz Scholz para cuencas de la sierra peruana, entre los años 1979-1980, en el marco de Cooperación Técnica de la República de Alemania a través del Plan Meris II.

# I) DATOS

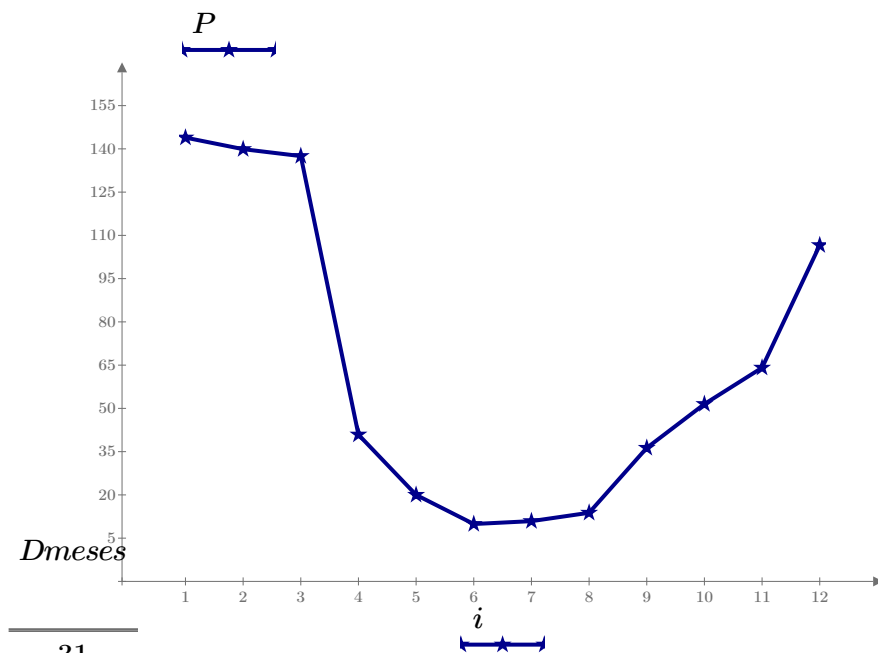
Temperatura media anual ( T en grados centígrados)  $T := 14.23$

Precipitación promedio anual (Po en mm/año)  $Po := 775.3$

Superficie de la cuenca (A en km2)  $A := 6775.483685$

Precipitación promedio mensual ( P en mm/mes),  $i = \{\text{enero, febrero, marzo, abril, ..., noviembre, diciembre}\}$

<i>P</i>	<i>i</i>
143.9	1
139.9	2
137.5	3
40.9	4
20.0	5
9.9	6
10.9	7
13.8	8
36.3	9
51.5	10
64.1	11
106.6	12



Número de días del mes

31				
28				
31	$Dmeses =$	$P =$		
30			$\begin{bmatrix} 31 \\ 28 \\ 31 \\ 30 \\ 31 \\ 30 \\ 31 \\ 31 \\ 31 \\ 30 \\ 31 \\ 30 \\ 31 \\ 30 \\ 31 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 143.9 \\ 139.9 \\ 137.5 \\ 40.9 \\ 20 \\ 9.9 \\ 10.9 \\ 13.8 \\ 36.3 \\ 51.5 \\ 64.1 \\ 106.6 \end{bmatrix}$
31				
30				
31				
30				
31				
31				
30				
31				
30				
31				
30				
31				

## 2) PROCESO DE ANÁLISIS

Cálculos requeridos para la obtención de los parámetros del Modelo LUTZ SCHOLTZ en cuencas específicas, en este caso, la cuenca Indicada.

### 2.1) COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO

Aplicando el modelo empírico de L. Turing, porque en la cuenca no se dispone de registros hidrométricos que permitan un cálculo del coeficiente de escurrimiento de manera directa.

La función de la temperatura está dado por:

$$L := 300 + 25 \cdot T + 0.05 \cdot T^2 \qquad L = 665.875$$

El déficit de escurrimiento D en mm/año

$$D := \frac{P_o}{\left(0.9 + \frac{P_o^2}{L^2}\right)^2} \qquad D = 152.376$$

Luego, el coeficiente de escurrimiento (C) está dado por:

$$C := \frac{P_o - D}{P_o} \qquad C = 0.803$$

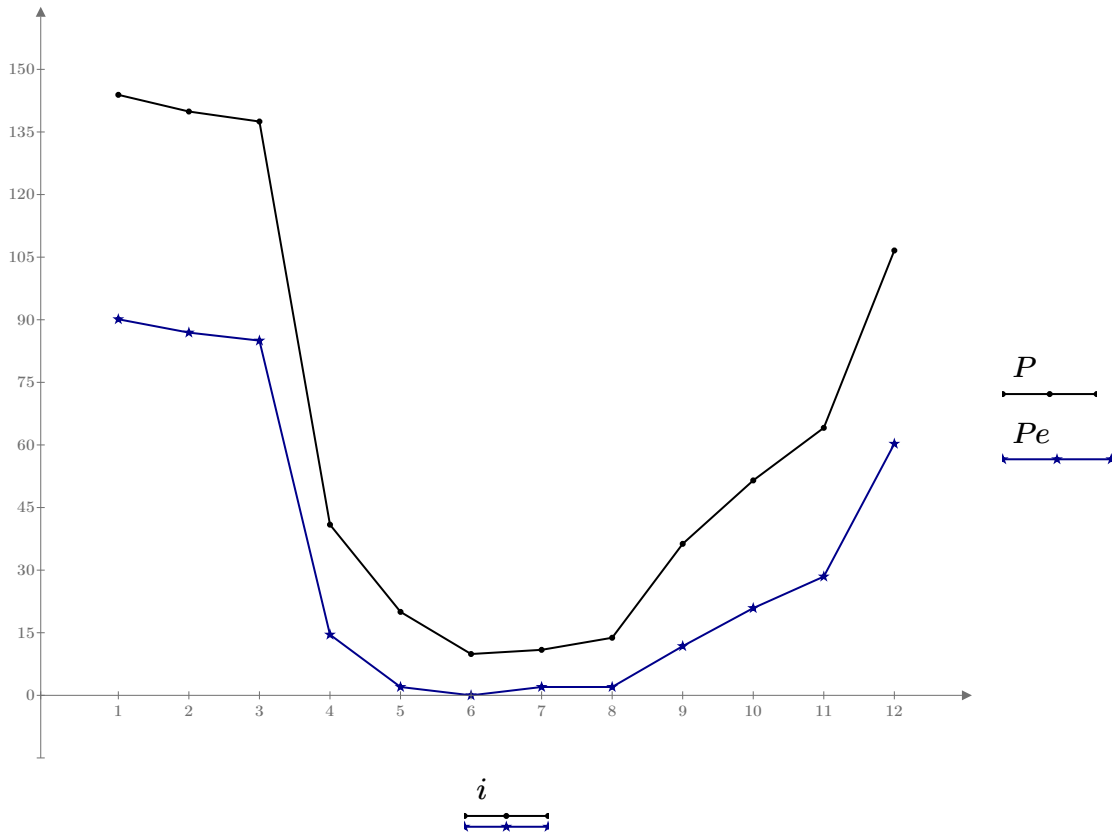
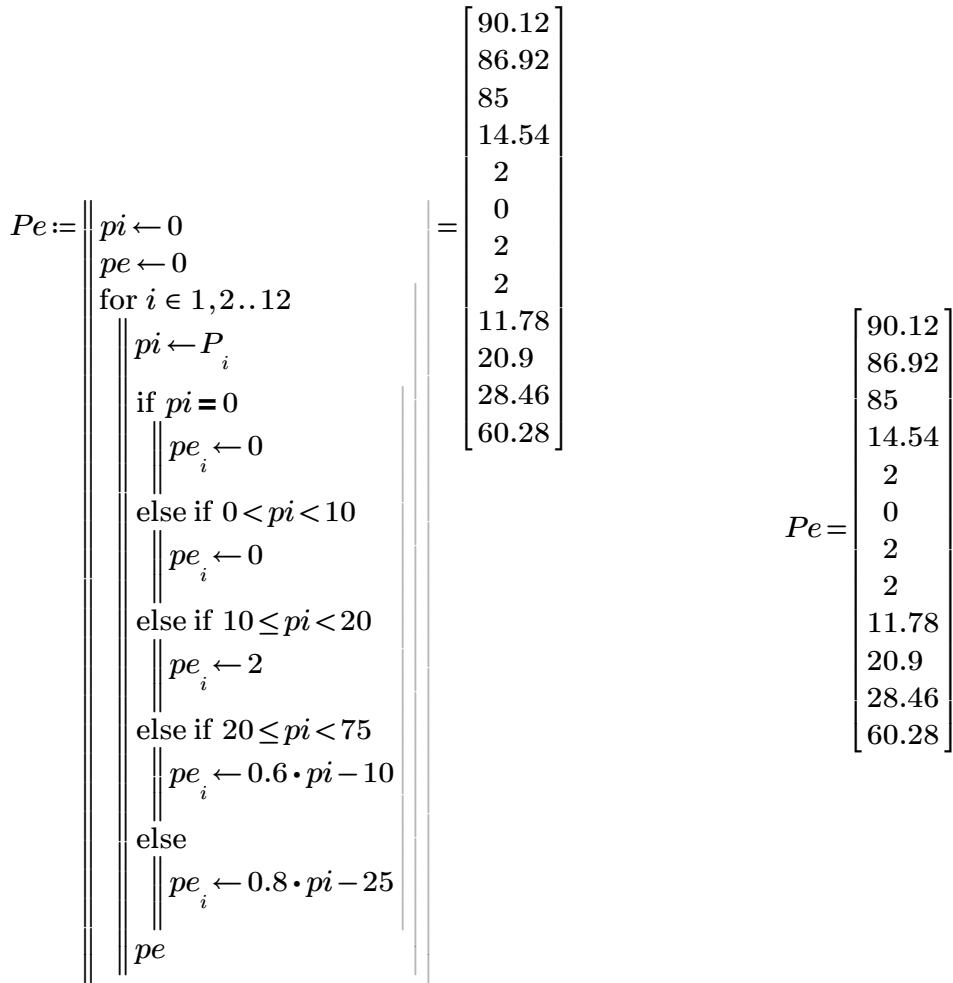
### 2.2) COEFICIENTE DE AGOTAMIENTO (A)

El coeficiente de agotamiento "a" se obtiene mediante el método empírico de Moss, mediante

$$a := -0.00252 \cdot \ln(A) + 0.030 \qquad a = 0.008$$

### 2.3) PRECIPITACIÓN EFECTIVA (PE)

El cálculo de la precipitación efectiva se obtiene con los registros de la precipitación promedio mensual (P), mediante el método FAO



## 2.4) RETENCIÓN HÍDRICA (RI)

Se considera la retención hídrica en las lagunas, los pantanos y la napa freática en la cuenca analizada. En caso de las cuencas de la sierra varía de 43 a 188(mm/año) ["Estudio Hidrológico de la Cuenca del Río Lurín" -Informe Final Agosto 2004, Autor SENAMHI]

Se tomará:

$$R := 98.54 \quad \text{mm/año}$$

## 2.5) GASTO DE RETENCIÓN (GI)

La obtención del gasto de retención  $G_i$  desde el mes de abril hasta el mes de octubre, el procedimiento es el siguiente.

### 2.5.1- RELACIÓN DE DESCARGAS INICIAL ( $G_0$ )

Se considera que la relación de entre la descarga (caudales) del presente mes y el mes anterior, se obtiene mediante:

a: coeficiente de agotamiento

t: número de días de un mes (se considera igual a 30 días)

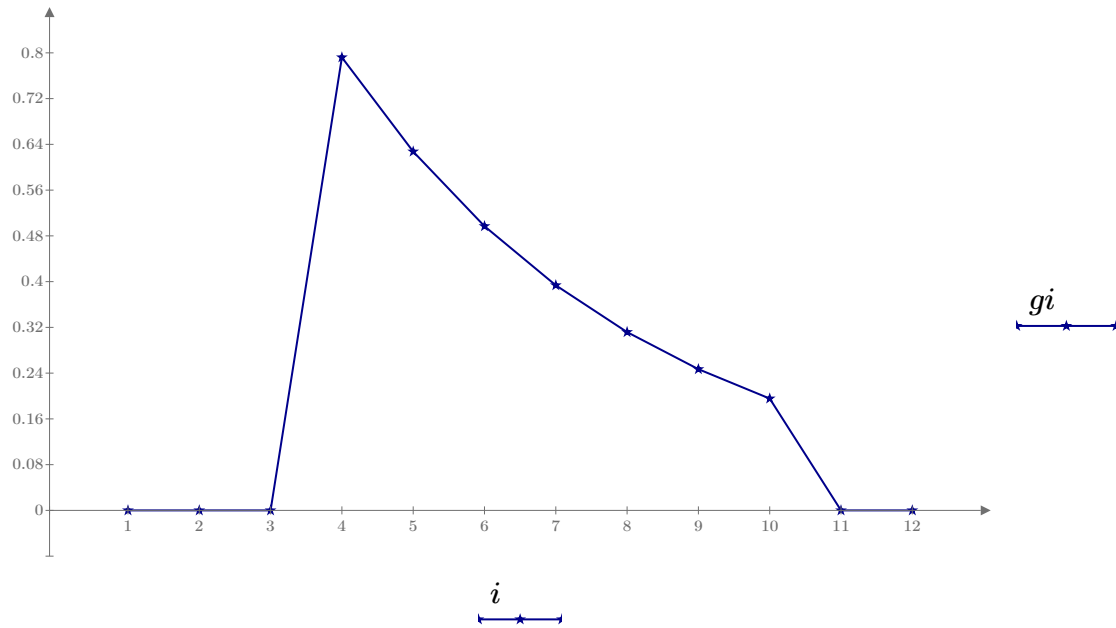
$$t := 30$$

$$g_0 := e^{-a \cdot t} \quad g_0 = 0.792$$

### 2.5.2- RELACIÓN DE DESCARGA PARA LA ESTACIÓN SECA ( $G_i$ )

La relación de descargas del presente mes y el mes anterior para la estación seca (la estación seca para la cuenca en estudio se considera desde el mes de abril hasta el mes de octubre), se obtiene mediante:

$$g_i := \left\| \begin{array}{l} w(x, y) \leftarrow 0 \\ g_i \leftarrow \text{matrix}(12, 1, w) \\ \text{for } i \in 4, 5..10 \\ \left\| \begin{array}{l} g_i \leftarrow (g_0)^{i-3} \\ g_i \end{array} \right. \end{array} \right\| \quad g_i = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0.792 \\ 0.627 \\ 0.497 \\ 0.394 \\ 0.312 \\ 0.247 \\ 0.196 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$



### 2.5.3- GASTO DE LA RETENCIÓN EN LA ESTACIÓN SECA (Gi) MM/MES

Y el gasto de la retención en la estación seca (abril a octubre), está dado por:

Sumatoria de la relación de descargas para la estación seca (sgi)

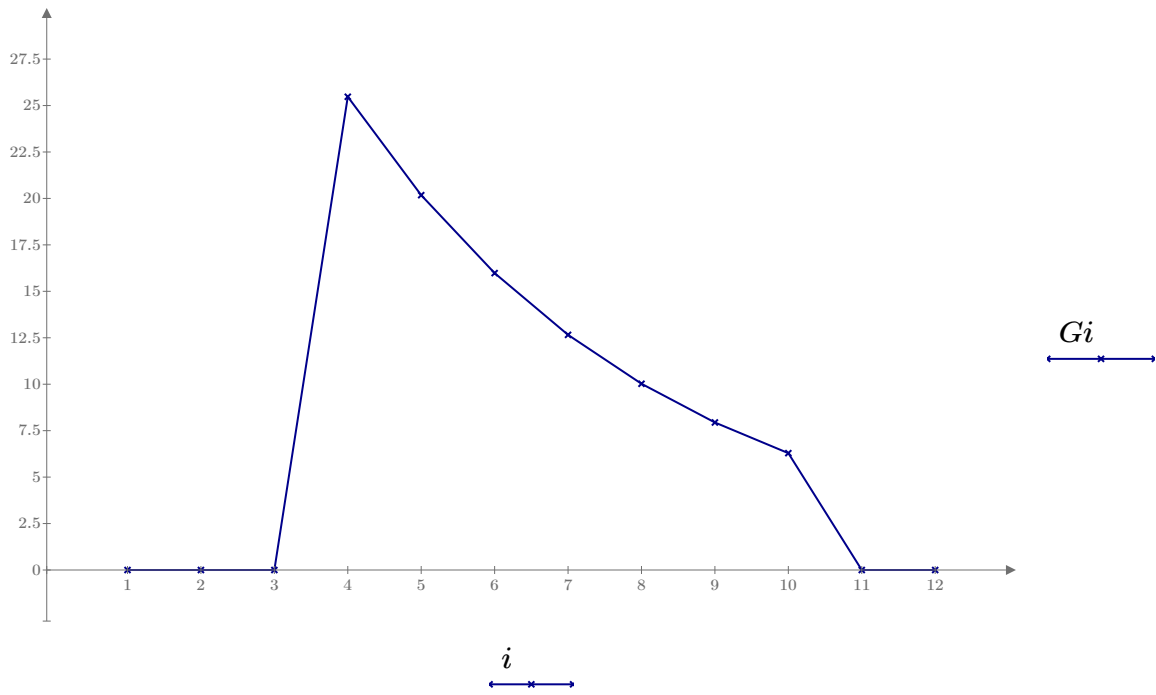
$$sgi := \sum_{i=4}^{10} gi_i$$

$$sgi = 3.064$$

$$Gi := \left\| \begin{array}{l} g_{ii} \leftarrow 0 \\ r_{ii} \leftarrow R \\ w(x, y) \leftarrow 0 \\ G_{ii} \leftarrow \text{matrix}(12, 1, w) \\ \text{for } i \in 4, 5 \dots 10 \\ \left\| \begin{array}{l} g_{ii} \leftarrow gi_i \\ G_{ii} \leftarrow \frac{g_{ii} \cdot r_{ii}}{sgi} \end{array} \right. \\ G_{ii} \end{array} \right.$$

$$Gi = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 25.473 \\ 20.176 \\ 15.98 \\ 12.657 \\ 10.025 \\ 7.94 \\ 6.289 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

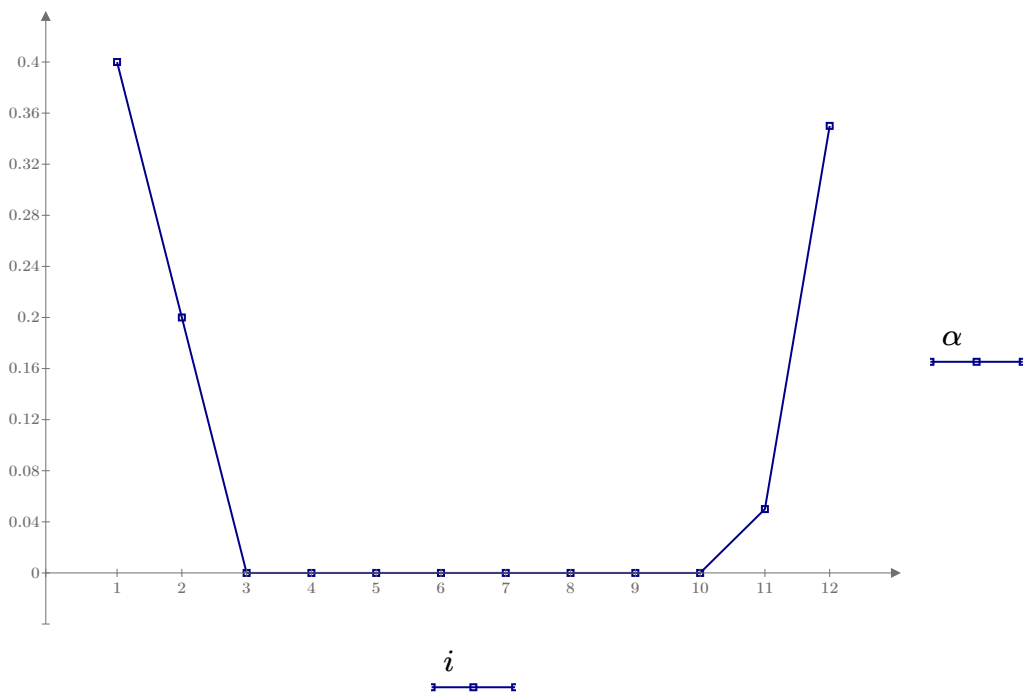




## 2.6) ABASTECIMIENTO DE LA RETENCIÓN (Ai), EN MM/MES

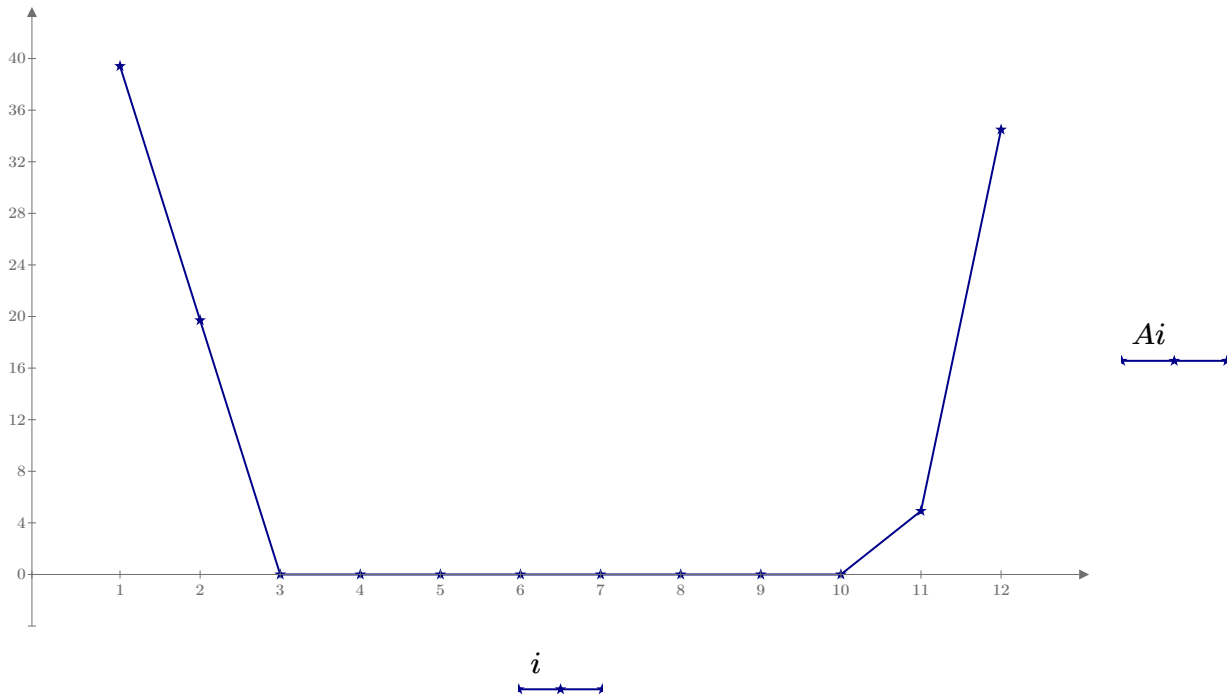
El coeficiente de abastecimiento, para los meses lluviosos está definido mediante:

$$\alpha := \begin{bmatrix} 0.4 \\ 0.2 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0.05 \\ 0.35 \end{bmatrix}$$



El cálculo del abastecimiento de la retención  $A_i$ , que se presenta en la estación lluviosa (meses: noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo), se encuentra mediante:

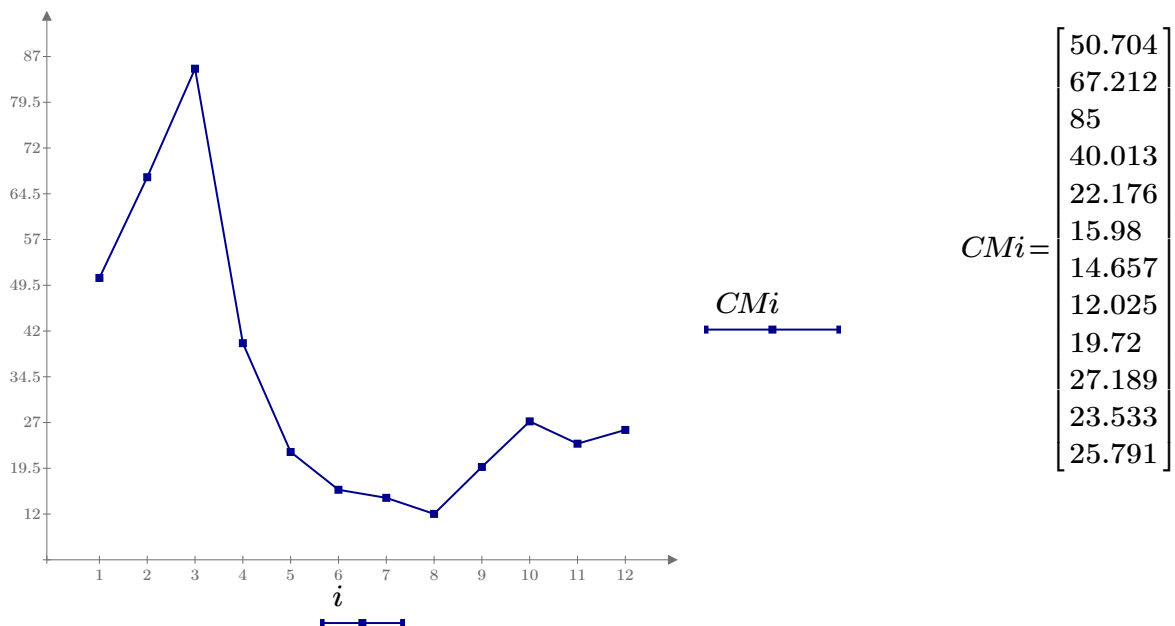
$$A_i := \alpha \cdot R$$



## 2.7) GENERACIÓN DE CAUDALES MENSUALES (CMI) PARA EL AÑO PROMEDIO

Los caudales para el año promedio ( $CM_i$ , en mm/mes), se obtienen mediante:

$$CM_i := Pe + G_i - A_i$$

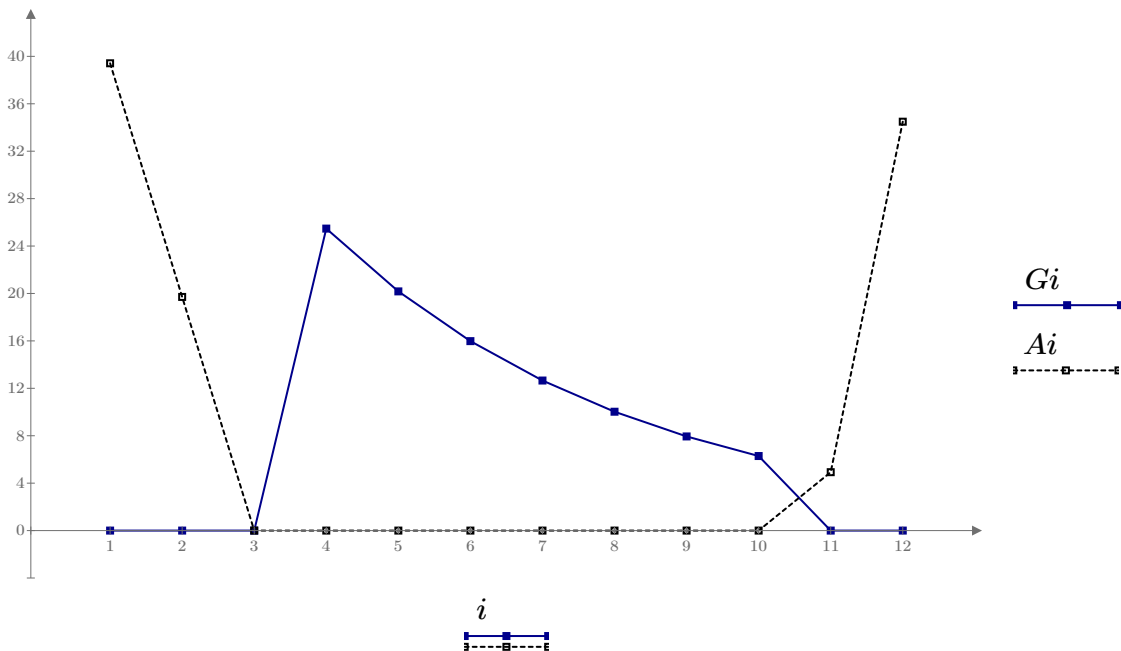


$$\begin{array}{l}
 Pe = \begin{bmatrix} 90.12 \\ 86.92 \\ 85 \\ 14.54 \\ 2 \\ 0 \\ 2 \\ 2 \\ 11.78 \\ 20.9 \\ 28.46 \\ 60.28 \end{bmatrix} \\
 Gi = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 25.473 \\ 20.176 \\ 15.98 \\ 12.657 \\ 10.025 \\ 7.94 \\ 6.289 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \\
 Ai = \begin{bmatrix} 39.416 \\ 19.708 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 4.927 \\ 34.489 \end{bmatrix} \\
 CMi = \begin{bmatrix} 50.704 \\ 67.212 \\ 85 \\ 40.013 \\ 22.176 \\ 15.98 \\ 14.657 \\ 12.025 \\ 19.72 \\ 27.189 \\ 23.533 \\ 25.791 \end{bmatrix}
 \end{array}$$

Creando una matriz formada por Pe, Gi, Ai, CMi

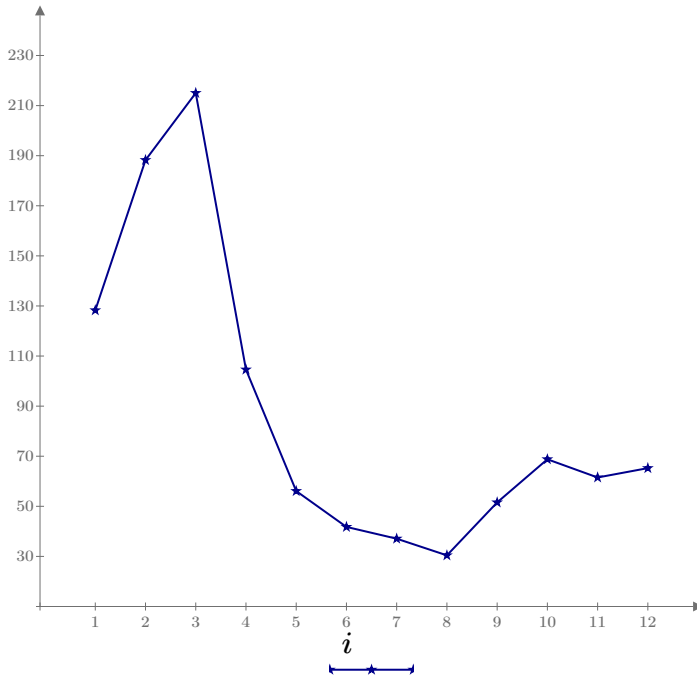
$$PGACM := \text{augment}(Pe, Gi, Ai, CMi)$$

$$PGACM = \begin{bmatrix} 90.12 & 0 & 39.416 & 50.704 \\ 86.92 & 0 & 19.708 & 67.212 \\ 85 & 0 & 0 & 85 \\ 14.54 & 25.473 & 0 & 40.013 \\ 2 & 20.176 & 0 & 22.176 \\ 0 & 15.98 & 0 & 15.98 \\ 2 & 12.657 & 0 & 14.657 \\ 2 & 10.025 & 0 & 12.025 \\ 11.78 & 7.94 & 0 & 19.72 \\ 20.9 & 6.289 & 0 & 27.189 \\ 28.46 & 0 & 4.927 & 23.533 \\ 60.28 & 0 & 34.489 & 25.791 \end{bmatrix}$$



Expresando los CMI (mm/mes) a m3/s, se obtiene los caudales mensuales para el año promedio  $Q_o$

$$Q_o := \frac{1000}{D_{meses} \cdot 24 \cdot 3600} \cdot A \cdot CMI$$



$$Q_o = \begin{bmatrix} 128.265 \\ 188.241 \\ 215.022 \\ 104.593 \\ 56.097 \\ 41.772 \\ 37.078 \\ 30.42 \\ 51.549 \\ 68.78 \\ 61.515 \\ 65.243 \end{bmatrix}$$

$$Q_{lam} := 1000 \cdot Q_o$$

$$Q_{lam} = \begin{bmatrix} 1.283 \cdot 10^5 \\ 1.882 \cdot 10^5 \\ 2.15 \cdot 10^5 \\ 1.046 \cdot 10^5 \\ 5.61 \cdot 10^4 \\ 4.177 \cdot 10^4 \\ 3.708 \cdot 10^4 \\ 3.042 \cdot 10^4 \\ 5.155 \cdot 10^4 \\ 6.878 \cdot 10^4 \\ 6.152 \cdot 10^4 \\ 6.524 \cdot 10^4 \end{bmatrix}$$

## 2.8) GENERACIÓN DE CAUDALES SINTÉTICAS

$Qt := CMi$	$Qt1$	
	78.823	
	106.827	
$Qt =$	$\begin{bmatrix} 50.704 \\ 67.212 \\ 85 \\ 40.013 \\ 22.176 \\ 15.98 \\ 14.657 \\ 12.025 \\ 19.72 \\ 27.189 \\ 23.533 \\ 25.791 \end{bmatrix}$	$Pe =$
	59.943	$\begin{bmatrix} 90.12 \\ 86.92 \\ 85 \\ 14.54 \\ 2 \\ 0 \\ 2 \\ 2 \\ 11.78 \\ 20.9 \\ 28.46 \\ 60.28 \end{bmatrix}$
	30.589	
	19.227	
	15.647	
	11.159	
	17.454	
	31.458	
	22.794	
	39.81	
	48.095	

$pc := \text{polyfitc}(Qt, \text{augment}(Qt1, Pe), 2, 95\%)$

$pc =$	“Term”	“Coefficient”	“Std Error”	“95% CI Low”	“95% CI High”	“VIF”	“T”	“P”
	“Intercept”	-30.417	20.139	-75.975	15.142	<i>NaN</i>	-1.51	0.083
	“A”	2.878	1.12	0.345	5.412	24.227	2.57	0.015
	“AA”	-0.018	0.012	-0.045	0.008	24.227	-1.559	0.077

$Qt(Q1, Pe, a, b, c) := a + b \cdot Q1 + c \cdot Pe$

$Qt(78.823, 96.319, -18.338, 2.028, -0.01) = 140.552$

$$\text{Normal}(26) = \begin{bmatrix} -0.674 \\ -0.132 \\ 1.018 \\ 0.181 \\ 0.513 \\ 0.74 \\ -0.016 \\ 0.279 \\ 0.162 \\ 0.428 \\ -0.475 \\ -0.696 \\ \vdots \end{bmatrix} \quad \text{rnorm}(26, 0, 1) = \begin{bmatrix} 1.411 \\ 0.972 \\ -1.156 \\ 0.144 \\ 1.697 \\ -0.32 \\ -2.031 \\ -1.411 \\ -1.325 \\ -0.517 \\ 0.062 \\ -0.596 \\ \vdots \end{bmatrix}$$

$$R := Q_0 + 2.1 = \begin{bmatrix} 130.365 \\ 190.341 \\ 217.122 \\ 106.693 \\ 58.197 \\ 43.872 \\ 39.178 \\ 32.52 \\ 53.649 \\ 70.88 \\ 63.615 \\ 67.343 \end{bmatrix}$$

*result* := WRITEEXCEL("result.xlsx", *R*)