



PERÚ

Ministerio
de Agricultura y Riego



AUTORIDAD ADMINISTRATIVA DEL AGUA XI PAMPAS APURÍMAC

ESTUDIO HIDROLÓGICO DE MÁXIMAS AVENIDAS



DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL DE LAS QUEBRADAS AFLUENTES AL RIO MARIÑO, EN EL ÁMBITO DEL DISTRITO DE ABANCAY

Mayo del 2017

PERSONAL DIRECTIVO

<i>Ing. Abelardo de la Torre Villanueva</i>	<i>Jefe de la Autoridad Nacional del Agua</i>
<i>Ing. Omar Velásquez Figueroa</i>	<i>Director de la Autoridad Administrativa XI Pampas Apurímac</i>
<i>Ing. Carlos Moreano Huayhua</i>	<i>Director Encargado de la SDCPRH AAA-XI-PA</i>
<i>Sr. José Manuel Campos Céspedes</i>	<i>Alcalde de la Municipalidad Provincial de Abancay</i>
<i>Glgo. Héctor Huaisara Enciso</i>	<i>Sub Gerente de Gestión y Riesgo M.P.A.</i>

EQUIPO EJECUTOR

<i>Ing. Carlos Alberto Contreras Flores</i>	<i>Responsable del estudio</i>
<i>Arq. Yodna Dueñas Guevara</i>	<i>Topografía</i>
<i>Ing. Jhon Segundo Marceliano</i>	<i>Sistema de información Geográfica (SIG)</i>

PRESENTACIÓN Y RESUMEN

Que de acuerdo a las coordinaciones interinstitucionales hechas entre la Autoridad Administrativa del Agua XI Pampas Apurímac (AAA XI-Pampas Apurímac) y la municipalidad provincial de Abancay se realizó el presente estudio, denominado “ESTUDIO HIDROLOGICO DE MÁXIMAS AVENIDAS”, el cual tiene como finalidad, estimar los caudales máximos ordinarios para un periodo de retorno de 100 años para las quebradas Puruchaca, Marcahuasi, Colcaqui, Sahuanay, Ullpuhuaycco y Ñacchero afluentes del río Mariño; cuyo objetivo es delimitar el ancho de la faja marginal de dichas quebradas en todo el sector urbano de la ciudad de Abancay.

Para estimar los caudales de crecidas máximas de los eventos hidrológicos y su frecuencia, se utilizaron técnicas estadísticas, siendo confrontados los resultados con el modelo de simulación de hidrológica Hec HMS y el modelo de simulación Hidráulica (IBER). Finalmente con la estimación de estos caudales de estas quebradas afluentes del río Mariño, se busca conservar y preservar los recursos hídricos y sus bienes asociados; así mismo prevenir los desastres por eventos hidrológicos de máximas avenidas, el cual trae como consecuencia los desbordamientos de los cauces de los ríos y quebradas afectando a muchas viviendas construidas en los espacios públicos hidráulicos de libre tránsito.

INDICE

1.	ASPECTO GENERAL	7
1.1	INTRODUCCIÓN	7
1.2	JUSTIFICACIÓN	8
1.3	OBJETIVOS	8
1.3.1	Objetivo General	8
1.3.2	Objetivo Especifico	8
1.4	METODOLOGÍA DE TRABAJO	9
1.4.1	Actividades preliminares	9
1.4.2	Trabajos de Campo	9
1.4.3	Trabajo de Gabinete	9
1.5	INFORMACIÓN BÁSICAS	9
1.5.1	Recopilación de Información Básica	9
1.5.2	Información Cartográfica	10
2.	DESCRIPCION GENERAL Y DIAGNOSTICO DE LAS CUENCAS	11
2.1	UBICACIÓN	11
2.1.1	Ubicación Política	11
2.1.2	Ubicación Hidrográfica	13
2.2	VÍA DE COMUNICACIÓN	13
2.3	CARACTERIZACIÓN FISIOGRAFICA Y MORFOLÓGICA DEL ÁREA DE ESTUDIO	14
2.3.1	Parámetros de Forma	14
2.3.1.1	Área de la Cuenca	14
2.3.1.2	Perímetro de la Cuenca	15
2.3.1.3	Parámetros Asociados a la Longitud	15
2.3.1.4	Coeficiente de Compacidad o Índice de Gravelius (Kc)	16
2.3.1.5	Factor de Forma	16
2.3.1.6	Rectángulo Equivalente	17
2.3.1.7	Radio de Elongación (Re)	18
2.3.1.8	Radio de Circularidad (Rc)	18
2.3.2	Parámetros de relieve	18
2.3.2.1	Curva Hipsométrica	19

2.3.2.2	Polígono de Frecuencias	20
2.3.2.3	Altitudes Representativas	20
2.3.2.4	Pendiente Media de la Cuenca (Sp)	20
2.3.2.5	Perfil Longitudinal y Pendiente Media del Cauce (Sc)	20
2.3.3	Descripción Morfológica de las unidades hidrográficas	21
2.3.3.1	Parámetros geomorfológicos de la unidad hidrográfica Puruchaca	23
2.3.3.2	Parámetros geomorfológicos de la unidad hidrográfica Marcahuasi	24
2.3.3.3	Parámetros geomorfológicos de la unidad hidrográfica Colcaqui	26
2.3.3.4	Parámetros geomorfológicos de la unidad hidrográfica Sahuanay	27
2.3.3.5	Parámetros geomorfológicos de la unidad hidrográfica Ullpuhuaycco	29
2.3.3.6	Parámetros geomorfológicos de la unidad hidrográfica Ñacchero	30
2.4	CLIMATOLOGÍA	31
2.4.1	Variables Climáticas.	31
2.5	ECOLOGÍA	35
2.6	GEOLOGÍA	36
2.6.1	El grupo Copacabana Subdividido en:	36
2.6.2	Grupo Mitu de Edad del Pérmico Medio Superior.	37
2.7	CARACTERIZACIÓN SOCIO – ECONÓMICA	38
3.	ANÁLISIS DE MÁXIMAS AVENIDAS	40
3.1	GENERALIDADES	40
3.2	METODOLOGÍA	40
3.2.1	Curvas IDF (Método IILA).	42
3.2.2	Tormenta del Proyecto a partir de la IDF	42
3.3	SIMULACIÓN HIDROLÓGICA - MODELO HIDROLÓGICO HEC-HMS	44
3.3.1	Modelo hidrológico Hec HMS para la unidad hidrográfica de la Quebrada Puruchaca.	46
3.3.1.1	Área de influencia	46
3.3.1.2	Especificaciones de control	46
3.3.1.3	Resultados de modelo hidrológico para TR=100 años	47
3.3.2	Modelo hidrológico Hec HMS para la unidad hidrográfica de la Quebrada Marcahuasi.	49
3.3.2.1	Área de influencia	49
3.3.2.2	Especificaciones de control	49
3.3.2.3	Resultados de modelo hidrológico para TR=100 años	50

3.3.3	Modelo hidrológico Hec HMS para la unidad hidrográfica de la Quebrada Colcaqui.	52
3.3.3.1	Área de influencia	52
3.3.3.2	Especificaciones de control	52
3.3.3.3	Resultados de modelo hidrológico para TR=100 años	53
3.3.4	Modelo hidrológico Hec HMS para la unidad hidrográfica de la Quebrada Sahuanay.	55
3.3.4.1	Área de influencia	55
3.3.4.2	Especificaciones de control	55
3.3.4.3	Resultados de modelo hidrológico para TR=100 años	56
3.3.5	Modelo hidrológico Hec HMS para la unidad hidrográfica de la Quebrada Ullpuhuaycco.	58
3.3.5.1	Área de influencia	58
3.3.5.2	Especificaciones de control	58
3.3.5.3	Resultados de modelo hidrológico para TR=100 años	59
3.3.6	Modelo hidrológico Hec HMS para la unidad hidrográfica de la Quebrada Ñacchero.	61
3.3.6.1	Área de influencia	61
3.3.6.2	Especificaciones de control	61
3.3.6.3	Resultados de modelo hidrológico para TR=100 años	62
4.	SIMULACIÓN HIDRÁULICA	64
4.1	GENERALIDADES	64
4.2	METODOLOGÍA	64
4.2.1	Modelamiento hidráulico con IBER	65
4.2.2	Sistematización de la información en IBER	65
4.2.3	Obtención de la topografía de partida	65
4.2.4	Generación de la malla de cálculo	66
4.2.5	Asignación de coeficientes de Manning	67
4.2.6	Régimen permanente	68
4.2.7	Condición de contorno de salida	69
4.2.8	Condición inicial	69
4.3	RESULTADOS DEL MODELO	69
5.	CONCLUSIONES	87

ESTUDIO HIDROLÓGICO DE MÁXIMAS AVENIDAS PARA LA DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL DE LAS QUEBRADAS AFLUENTES DEL RIO MARIÑO.

1. ASPECTO GENERAL

1.1 INTRODUCCIÓN

El presente estudio tiene por finalidad estimar los caudales máximos ordinarios para un periodo de retorno de 100 años de las quebradas afluentes del río Mariño, cuyo objetivo es delimitar el ancho de la faja marginal en el sector urbano de la ciudad de Abancay.

En hidrología, numerosos fenómenos extremos no pueden pronosticarse en base a una información determinística, con la suficiente certeza y tiempo de antelación, por consiguiente se tendrá que tomar las decisiones pertinentes a su ocurrencia. Para estos casos, se requiere un enfoque probabilístico con el fin de incorporar los efectos de esos fenómenos en las decisiones. Si se puede suponer que las ocurrencias son temporalmente independientes al tiempo y la magnitud de un evento no tiene relación con los eventos anteriores, entonces se puede usar el análisis de frecuencias para describir la probabilidad de cualquier evento o de una combinación de ellos, durante el intervalo de tiempo necesario para una decisión. Los fenómenos hidrológicos que se describen en general mediante el análisis de frecuencias son las precipitaciones y las crecidas anuales máximas.

Asimismo, frente a la escasa información de registros históricos de caudales, el referido estudio se sustenta en el modelo hidrológico IILA, metodología suscrita bajo la cooperación técnica del Instituto Ítalo – Latinoamericano (IILA), el Servicio Nacional de Meteorología (SENSMHI) y la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI); aspecto que conlleva a realizar una evaluación de análisis de la información de la zona pluviométrica.

Habiéndose considerado como ámbito de evaluación las unidades hidrográficas de las quebradas Puruchaca, Marcahuasi, Colcaqui, Sahuanay, Ullpuhuaycco y Ñacchero todas ellas afluentes del río Mariño; cuyas nacientes se inicia en las lagunas de Runtuccocha y el nevado Ampay a una altitud comprendido entre los 5,191.00 msnm y 2,500.00 msnm, con una longitud total de cauce principal de 16.967 km.

Desde el punto de vista hidrológico, la zona se caracteriza por la irregular disponibilidad hídrica durante el año, siendo el origen de la escorrentía las precipitaciones estacionales que dan origen a las áreas de manantiales, bofedales y acuíferos andinos que regulan la escorrentía superficial, observándose como consecuencia, que gran parte de las unidades hidrográficas afluentes al río Mariño, tienen aportes muy importantes durante los meses de lluvia (enero-abril), y el resto en los meses (mayo-diciembre) con aportes muy pequeños. Desde el punto de vista fisiográfico sus cauces a traviesan diversas pendientes, también a lo largo de dicho recorrido se observa la

presencia de zonas de planicie en donde se han consolidado pequeños bofedales que regulan en forma natural la disponibilidad hídrica de dichas unidades hidrográficas. Desde el punto de vista hidrográfico, estas unidades hidrográficas, son principales tributarios del río Mariño, afluente del río Pachachaca, el cual a su vez fluye hacia el río Apurímac y esta al río Ucayali para luego desembocar en el Océano Atlántico .

Como resultado de la evaluación de máximas avenidas para un tiempo de retorno de 100 años, se concluye que las unidades hidrográficas afluentes del río Mariño, presentan caudales considerables, las cuales podrían afectar considerablemente las viviendas construidas en el espacio público hidráulico de libre tránsito (faja Marginal).

1.2 JUSTIFICACIÓN

Las inundaciones producidas en los últimos años, ha provocado el desbordamiento de las quebradas Puruchaca, Marcahuasi, Colcaqui, Sahuanay, Ullpuhuaycco y Ñacchero , afectando áreas de cultivo, centros poblados, infraestructuras hidráulicas y vías de comunicación ocasionando cuantiosas pérdidas económicas.

Así mismo permitirá conocer el espacio público hidráulico de libre tránsito (faja Marginal), el cual viene siendo invadido por las construcciones de vivienda y depósitos de desmote, poniendo en riesgo la vida de muchas personas ante un posible desbordamiento de las quebradas antes mencionadas, producto de las fuertes precipitaciones.

En ese sentido, es fundamental conocer el área delimitada de la faja marginal en base a la magnitud de las máximas avenidas que originan estas inundaciones, el cual justifica la realización del presente estudio.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Describir, evaluar y cuantificar los procesos hidrológicos para los períodos de avenidas.

1.3.2 Objetivo Especifico

- Describir los parámetros geomorfológicos de las unidades hidrográficas en estudio.
- Determinar los parámetros hidrológicos y meteorológicos regionales.
- Evaluar del comportamiento de las precipitaciones y transformación Lluvia-caudal en las unidades hidrográficas afluentes del río Mariño.
- Determinar los caudales máximos para los diferentes períodos de retorno.
- Realizar el modelamiento hidráulico de tránsito de avenidas.
- Delimitar la faja marginal de las quebradas afluentes del río Mariño para el sector urbano de la ciudad de Abancay.

1.4 METODOLOGÍA DE TRABAJO

1.4.1 Actividades preliminares

Comprende la revisión de la información existente y acopio de información meteorológica, hidrológica y cartográfica.

1.4.2 Trabajos de Campo

En esta etapa se realizó los trabajos del levantamiento topográfico en las quebradas Puruchaca, Marcahuasi, Colcaqui, Sahuanay, Ullpuhuaycco y Ñacchero, correspondiente al sector urbano de la ciudad de Abancay.

Así mismo las visitas de campo son importantes para efectuar el reconocimiento de la naturaleza del cauce principal, así como las huellas dejadas por las máximas avenidas.

1.4.3 Trabajo de Gabinete

Consiste en el procedimiento para estimar la crecida de los caudales en las quebradas Puruchaca, Marcahuasi, Colcaqui, Sahuanay, Ullpuhuaycco y Ñacchero afluentes del río Mariño:

- Primero, procesamiento de la información topográfica.
- Segundo, caracterización de las unidades hidrográficas, lo que incluye los parámetros geomorfológicos, características físicas (pendiente, longitud y otros), tipo de suelo que permita estimar la característica de la infiltración, cobertura del suelo o uso de suelo para determinar la impermeabilidad de la cuenca.
- Tercero, Identificación de la zona pluviométrica, según la metodología IILA.
- Cuarto, Análisis de tormentas máximas, el patrón típico y su variabilidad espacial y cálculo de tormentas extremas para un periodo de retorno de 100 años.
- Quinto, Cálculo de los caudales de máxima avenida para las quebradas Puruchaca, Marcahuasi, Colcaqui, Sahuanay, Ullpuhuaycco y Ñacchero afluentes del río Mariño, aplicando el programa Hec HMS.
- Sexto, modelamiento hidráulico con el programa IBER, cuyo fin tiene estimar el comportamiento de los caudales de crecidas máximas aplicando las tormentas calculadas para un periodo de retorno de 100 años.
- Séptimo, delimitación de la faja marginal según el comportamiento hidráulico de las quebradas para un caudal de un periodo de retorno de 100 años.

1.5 INFORMACIÓN BÁSICAS

1.5.1 Recopilación de Información Básica

Se recolectaron datos de:

- Información climática de estaciones más cercanas al área de estudio.
- Información sobre la metodología del modelo IILA.

- Información sobre el programa hidráulico IBER.

1.5.2 Información Cartográfica

Se cuenta con Información Cartográfica:

- Carta Nacional a escala 1/100,000; con curvas de nivel a 50 m; elaboradas por el Instituto Geográfico Nacional.
- Modelo digital de elevación.
- Para un mejor manejo de esta información cartográfica, ha sido digitalizada como un Sistema de Información Geográfico (SIG), con asistencia de los programas de cómputo ARCGIS y CAD.

2. DESCRIPCION GENERAL Y DIAGNOSTICO DE LAS CUENCAS

2.1 UBICACIÓN

2.1.1 Ubicación Política

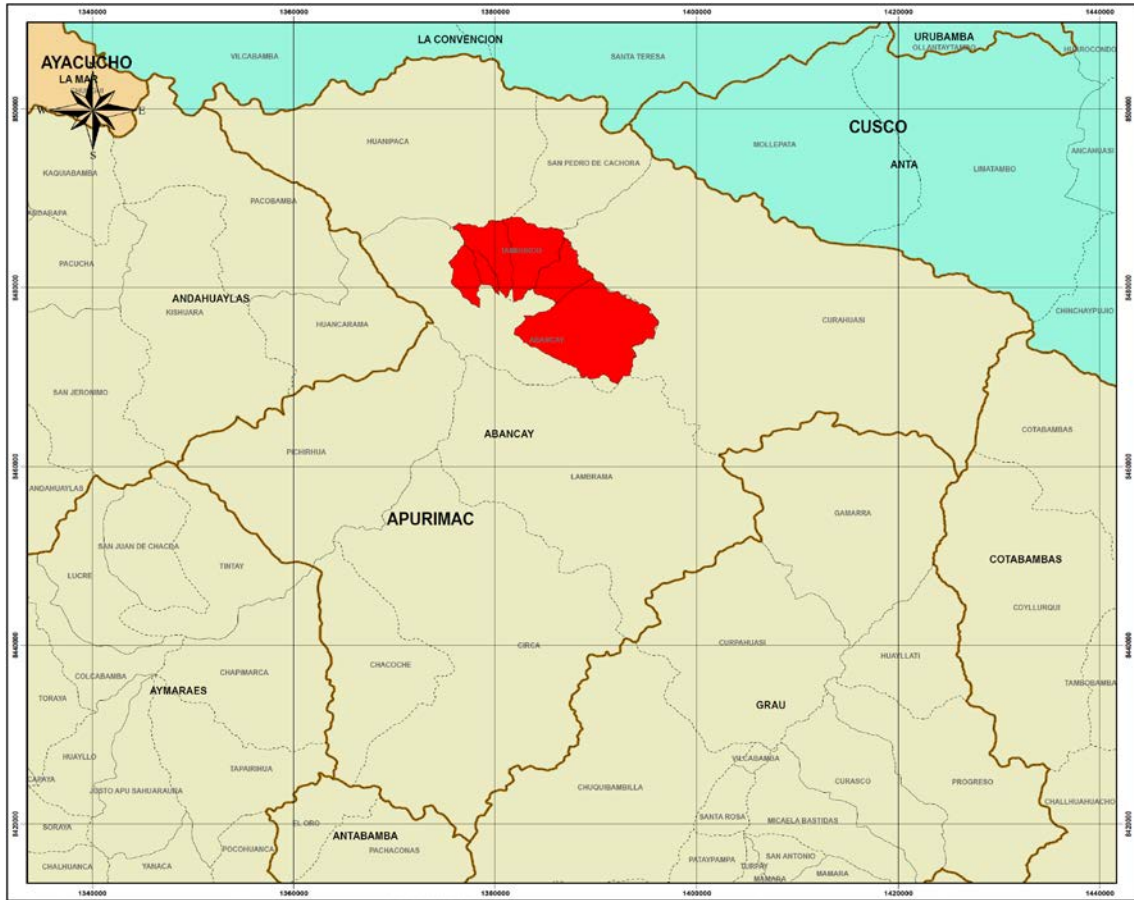
Las unidades hidrográficas afluentes al río Mariño políticamente se encuentra ubicada en:

- Región: Apurímac.
- Provincia: Abancay
- Distrito: Abancay – Tamburco

Figura N° 2.1 Ubicación Política
Ubicación Departamental



Ubicación Distrital



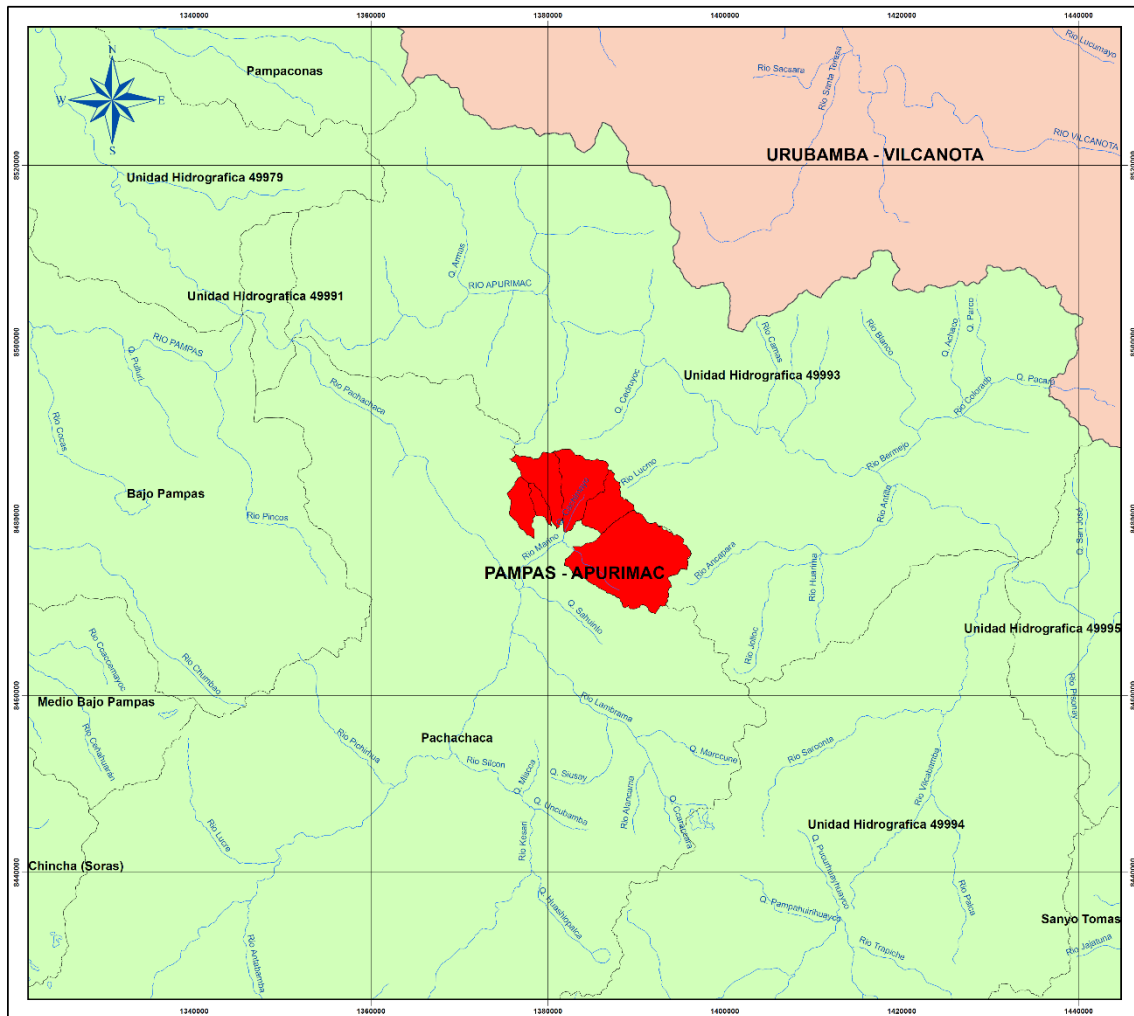
Área de estudio hidráulico



2.1.2 Ubicación Hidrográfica

hidrográficamente, las unidades hidrográficas de las quebradas Puruchaca, Marcahuasi, Colcaqui, Sahuanay, Ullpuhuaycco y Ñacchero son principales tributarios del río Marino, afluente del río Pachachaca, el cual a su vez fluye hacia el río Apurímac y esta al río Ucayali para luego desembocar en el Océano Atlántico.

Figura N° 2.2 Ubicación Política



2.2 VÍA DE COMUNICACIÓN

A la zona del proyecto, se accede desde la ciudad de Lima por la carretera asfaltada panamericana sur con una distancia es de **911 Km** y una duración aproximada de viaje de **14h 31 min**; así mismo se accede de la ciudad de cusco por la carretera asfaltada panamericana sur con una distancia aproximada de 185.16 km con una duración de viaje de 4 horas.

Cuadro N° 2.1. Acceso a la zona de estudio

Ruta	Distancia (km)	Tipo de Vía	Tiempo
Lima - Abancay	911.00	Carretera asfaltada	14:31 horas
Cusco - Abancay	185.16	Carretera asfaltada	4:00 horas

2.3 CARACTERIZACIÓN FISIAGRÁFICA Y MORFOLÓGICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

Las características físicas de una cuenca desempeñan un papel esencial en el estudio y comportamiento de parte de los componentes del ciclo hidrológico, tales como la evaporación, infiltración, flujo superficial, entre otros. Las principales características físicas que se consideran en investigaciones hidrológicas son las concernientes a la cuenca, a la red de drenaje y al cauce o río principal.

Para el concepto de cuenca hidrográfica se tienen varias definiciones. Según Heras (1972), se entiende por cuenca vertiente, o cuenca de drenaje de un río, considerado en un punto dado de su curso, al área limitada por el contorno en el interior del cual el agua precipitada corre por su superficie, se encuentra y pasa por un punto determinado del cauce.

Otra definición es la de Llamas (1993), según la cual una cuenca es un espacio geográfico cuyos aportes son alimentados exclusivamente por las precipitaciones y cuyos excedentes en agua o en materias sólidas transportadas por el agua forman, en un punto espacial único, una desembocadura, una estación de aforo, o un punto arbitrario.

Se define como línea divisoria a una línea imaginaria que delimita la cuenca. Generalmente se considera que la línea divisoria es la línea de cresta que separa dos vertientes teniendo en cuenta el drenaje superficial, pero en algunos casos se debe considerar la línea definida por las elevaciones más altas de la napa freática (almacenamiento de agua gravitacional en el suelo – agua libre en el suelo). Sin embargo, dado que dicho límite generalmente no difiere mucho del que está determinado por el drenaje superficial y cuando difiere un poco es muy difícil de detectar, se suele considerar como cuenca la determinada por el límite de las aguas superficiales.

A continuación se desarrolla la teoría y se presentan los resultados de los principales parámetros que determinan la morfología y fisiografía del área de estudio.

2.3.1 Parámetros de Forma

La forma de la cuenca interviene de manera importante en las características del hidrograma de descarga de un río, particularmente en los eventos de avenidas máximas. En general, cuencas de igual área pero de diferente forma generan hidrogramas diferentes.

Para determinar la forma de una cuenca se utilizan los coeficientes que a continuación se describen.

2.3.1.1 Área de la Cuenca

Se refiere al área proyectada sobre un plano horizontal, medida dentro de los límites de la cuenca siguiendo la línea de divortium acuarium.

Desde el punto de vista hidrológico es más importante esta proyección horizontal que la superficie real de la cuenca. Las gotas de lluvia caen verticalmente y no ortogonales a la ladera.

2.3.1.2 Perímetro de la Cuenca

Es el contorno que delimita el área de la cuenca, igual a la longitud de la línea de divortium acuarium.

2.3.1.3 Parámetros Asociados a la Longitud

a. Longitud del Cauce Principal (L_c)

El desarrollo longitudinal del colector principal es una magnitud característica útil y de efecto importante en la respuesta hidrológica de la cuenca, ya que en un río corto los efectos de la precipitación se reflejan más rápidamente que en un río largo. La longitud del cauce principal es la distancia medida a lo largo del curso fluvial de mayor orden, desde las nacientes hasta el final del mismo.

b. Longitud Máxima de la Cuenca (L_m)

Es la longitud medida entre los puntos extremos de la cuenca a través de una línea recta paralela al cauce principal que no necesariamente coincide uno de ellos con el desagüe.

c. Longitud Máxima entre el Extremo de la Cuenca y el Desagüe (L)

Es la distancia medida desde el desagüe hasta el límite más extremo de la cuenca a través de una línea recta paralela al cauce principal.

d. Ancho Máximo de la Cuenca (A_m)

Es la longitud medida a partir de los extremos transversales de la cuenca perpendiculares al curso principal.

e. Ancho Promedio de la Cuenca (A_p)

Es un parámetro promedio que se obtiene a partir del cociente entre el área de la cuenca y la longitud máxima (L_m) de la misma.

$$A_p = \frac{A}{L_m}$$

Donde:

- A_p : Ancho promedio de la cuenca (km)
- A : Área de la cuenca (km²)
- L_m : Longitud máxima de la cuenca (km)

2.3.1.4 Coeficiente de Compacidad o Índice de Gravelius (Kc)

Definido por Gravelius como la relación entre el perímetro de la cuenca y la circunferencia del círculo que tenga la misma superficie de la cuenca.

La peligrosidad de una cuenca aumenta si el coeficiente K se acerca a la unidad o a una forma redonda, ya que indica que las distancias relativas de los puntos de la divisoria en relación a uno central, no tienen diferencias mayores y es menor el tiempo de concentración y aumenta la posibilidad de que las ondas de crecidas sean continuas.

Este coeficiente es igual a uno cuando la cuenca es perfectamente circular. Este coeficiente puede alcanzar el valor de tres en el caso de cuencas muy alargadas. En general Kc es mayor a 1.

$$K_c = 0.2821 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

- Kc : Coeficiente de Compacidad o Índice de Gravelius
- P : Perímetro de la cuenca (km)
- A : Área de la cuenca (km²)

Se dice que las cuencas grandes tienen forma de pera y las menores tienen forma de abanico, pero la forma se distingue basándose en lo siguiente.

Cuadro N° 2.2. Valores del coeficiente de compacidad

Kc	Forma de la cuenca	Tendencia Crecida
1.00 – 1.25	De casi redonda a oval redonda	Alta
1.25 – 1.50	De oval redonda a oval oblonga	Media
1.50 – 1.75	De oval oblonga a rectangular	Baja

2.3.1.5 Factor de Forma

Este factor, como los otros que se utilizan en este trabajo, es un referente para establecer la dinámica esperada de la escorrentía superficial en una cuenca, teniendo en cuenta que aquellas cuencas con formas alargadas, tienden a presentar un flujo de agua más veloz, a comparación de las cuencas redondeadas, logrando una evacuación de la cuenca más rápida, mayor desarrollo de energía cinética en el arrastre de sedimentos hacia el nivel de base, principalmente.

Una cuenca tiende a ser alargada si el factor de forma tiende a cero, mientras que su forma es redonda, en la medida que el factor de forma tiende a uno. Este coeficiente definido por Horton afecta los hidrogramas de escorrentía y las tasas de flujo máximo.

El factor de forma está definido por la siguiente expresión:

$$f_f = \frac{A}{L_c^2}$$

Donde:

- f_f : Factor de forma
- A : Área de la cuenca (km²)
- L_c : Longitud del cauce principal (km)

2.3.1.6 Rectángulo Equivalente

Para poder comparar el comportamiento hidrológico de dos cuencas, se utiliza la noción de rectángulo equivalente o rectángulo de Gravelius. Se trata de una transformación puramente geométrica en virtud de la cual se asimila la cuenca a un rectángulo que tenga el mismo perímetro y superficie, y, por tanto, igual al índice de Gravelius (coeficiente de compacidad, K_c). Así, las curvas de nivel se transforman en rectas paralelas al lado menor del rectángulo, y el desagüe de la cuenca, que es un punto, queda convertido en el lado menor del rectángulo.

Se definen los lados del rectángulo equivalente con las siguientes expresiones:

$$A = L * l$$

$$P = 2 * (L + l)$$

$$L = \frac{K_c * \sqrt{\pi * A}}{2} * \left(1 + \sqrt{1 - \frac{4}{\pi * K_c^2}} \right)$$

$$l = \frac{K_c * \sqrt{\pi * A}}{2} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4}{\pi * K_c^2}} \right)$$

Donde:

- L : Longitud del lado mayor del rectángulo equivalente (km)
- l : Longitud del lado menor del rectángulo equivalente (km)
- A : Área de la cuenca (km²)
- K_c : Coeficiente de compacidad

Para que esta representación sea posible es necesario que se cumpla la condición:

$$K_c \geq 1.12$$

2.3.1.7 Radio de Elongación (Re)

Definido por S. A. Schumm como la relación entre el diámetro (D) de un círculo que tenga la misma superficie de la cuenca y la longitud máxima de la cuenca (Lm).

$$R_e = 1.128 \frac{\sqrt{A}}{L_m}$$

Donde:

Re : Radio de elongación

- A : Área de la cuenca (km²)
- Lm : Longitud máxima de la cuenca (km)

El valor de Re se acerca a la unidad cuando la cuenca es plana; para cuencas con relieve pronunciado, el valor resultante se encuentra entre 0.6 y 0.8.

2.3.1.8 Radio de Circularidad (Rc)

Este coeficiente es el cociente entre el área de la cuenca y la del círculo cuya circunferencia es equivalente al perímetro de la cuenca.

Se calcula con la siguiente expresión:

$$R_c = \frac{4\pi A}{P^2}$$

Donde:

- Re : Radio de circularidad
- A : Área de la cuenca (km²)
- P : Perímetro de la cuenca (km)

Su valor es unitario para una cuenca circular, para el caso de una cuenca cuadrada, corresponde a un valor de 0.785. Si los resultados obtenidos indican que la cuenca en estudio está cercana a una simetría en sus dimensiones cartesianas, hidrológicamente implicaría hidrogramas casi simétricos en su desembocadura.

2.3.2 Parámetros de relieve

La influencia del relieve sobre la respuesta hidrológica de la cuenca es importante, puesto que a mayores pendientes corresponden mayores velocidades del agua en las corrientes y menor será el tiempo de concentración de la cuenca.

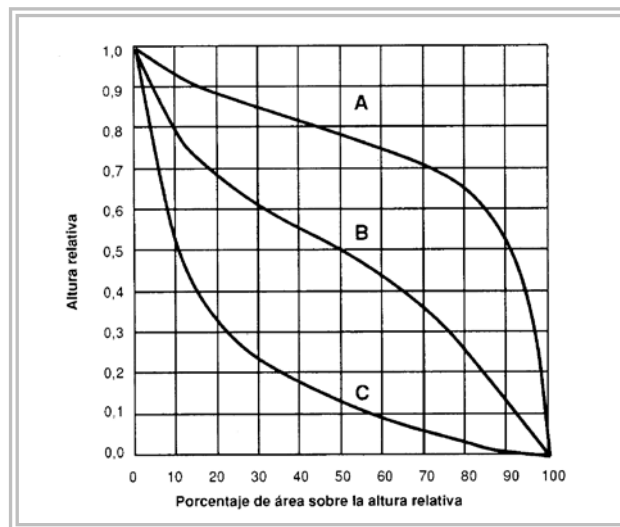
Para describir el relieve de una cuenca existen numerosos parámetros que han sido desarrollados por varios autores, entre los más utilizados destacan los siguientes:

2.3.2.1 Curva Hipsométrica

La curva hipsométrica sugerida por Langbein et al. (1947), proporciona una información sintetizada sobre la altitud de la cuenca, que representa gráficamente la distribución de la cuenca vertiente por tramos de altura. Dicha curva presenta, en ordenadas, las distintas cotas de altura de la cuenca, y en abscisas la superficie de la cuenca que se halla por encima de dichas cotas, bien en km² o en tanto por cien de la superficie total de la cuenca.

La siguiente ilustración muestra tres curvas hipsométricas correspondientes a otras tantas cuencas que tienen potenciales evolutivos distintos.

Gráfico N° 2.1. Curvas hipsométricas características del ciclo de erosión (según Strahler)



Fuente: Llamas, J., Hidrología general

La curva superior (curva A) refleja una cuenca con un gran potencial erosivo; la curva intermedia (curva B) es característica de una cuenca en equilibrio; y la curva inferior (curva C) es típica de una cuenca sedimentaria.

Quedarían, así, representadas distintas fases de la vida de los ríos:

- Curva A: fase de juventud;
- Curva B: fase de madurez;
- Curva C: fase de vejez.

Scheidegger (1987) rechaza esta clasificación aduciendo que el levantamiento (uplifting) tectónico es un proceso continuo y que, a lo largo de la historia de la cuenca, hay una tendencia a equilibrar las fuerzas antagónicas de construcción tectónica y degradación por erosión u otros mecanismos. Si un paisaje muestra un carácter permanente, estos dos procesos opuestos están en equilibrio dinámico. Scheidegger entonces atribuye las diversas formas de la curva hipsométrica a los niveles de actividad de los ya citados procesos. Así, la curva A se corresponde con una alta

actividad, la curva B con una actividad media y la curva C con una actividad baja. El nivel de actividad no tiene por qué estar relacionado con la edad de la cuenca.

2.3.2.2 Polígono de Frecuencias

El polígono de frecuencias o diagrama de frecuencias altimétricas es un gráfico de barras que indica las superficies expresadas en porcentaje del total comprendidas en intervalos constantes de altura (msnm).

Sirve para encontrar el área parcial más frecuente para el posible desarrollo de proyectos agrícolas y/o habilitaciones poblacionales.

2.3.2.3 Altitudes Representativas

a. Altitud Media de la Cuenca (Hm)

La altitud media de una cuenca es aquella para la cual el 50% del área de la misma está situado por encima de dicha altitud y el 50% se encuentra por debajo, se determina a partir de la curva hipsométrica.

b. Altitud de Frecuencia Media de la Cuenca

Se determina a partir del polígono de frecuencias y representa la altitud media del mismo.

c. Altitud más Frecuente

Como su nombre lo indica es el rango de altitudes que más se presentan en el polígono de frecuencias.

2.3.2.4 Pendiente Media de la Cuenca (Sp)

La pendiente de la cuenca tiene una relación importante con los fenómenos de infiltración, escurrimiento superficial, humedad del suelo y con la contribución del agua subterránea de los cauces. Para el cálculo de la pendiente media de las cuencas en estudio se utilizó un Modelo Digital del Terreno.

2.3.2.5 Perfil Longitudinal y Pendiente Media del Cauce (Sc)

El perfil longitudinal es un gráfico que representa las distintas elevaciones del fondo del río desde su nacimiento hasta la desembocadura de la cuenca. La forma del perfil puede variar entre lineal, exponencial o logarítmica.

La pendiente media del cauce establece la inclinación promedio que tienen los drenajes desde el nacimiento hasta su desembocadura. Se convierte en una base para determinar aspectos importantes como la capacidad de arrastre de sedimentos de distintos tamaños, área de posible inundación en crecidas, tiempo de concentración, etc.

Para el cálculo de la pendiente media del cauce se utilizó un Modelo Digital del Terreno.

2.3.3 Descripción Morfológica de las unidades hidrográficas

Las características físicas de las unidades hidrográficas de las quebradas Puruchaca, Marcahuasi, Colcaqui, Sahuanay, Ullpuhuaycco y Ñacchero, influyen directamente en los componentes del ciclo hidrológico, tales como la evaporación, infiltración, flujo superficial, entre otros. Las principales características físicas que se consideran en investigaciones hidrológicas son las concernientes a la cuenca, a la red de drenaje y al cauce o río principal.

Para determinar la geomorfología de las unidades hidrográficas en estudio, se utilizó la información cartográfica del IGN, cuyos resultados se presenta en los siguientes cuadros.

2.3.3.1 Parámetros geomorfológicos de la unidad hidrográfica Puruchaca

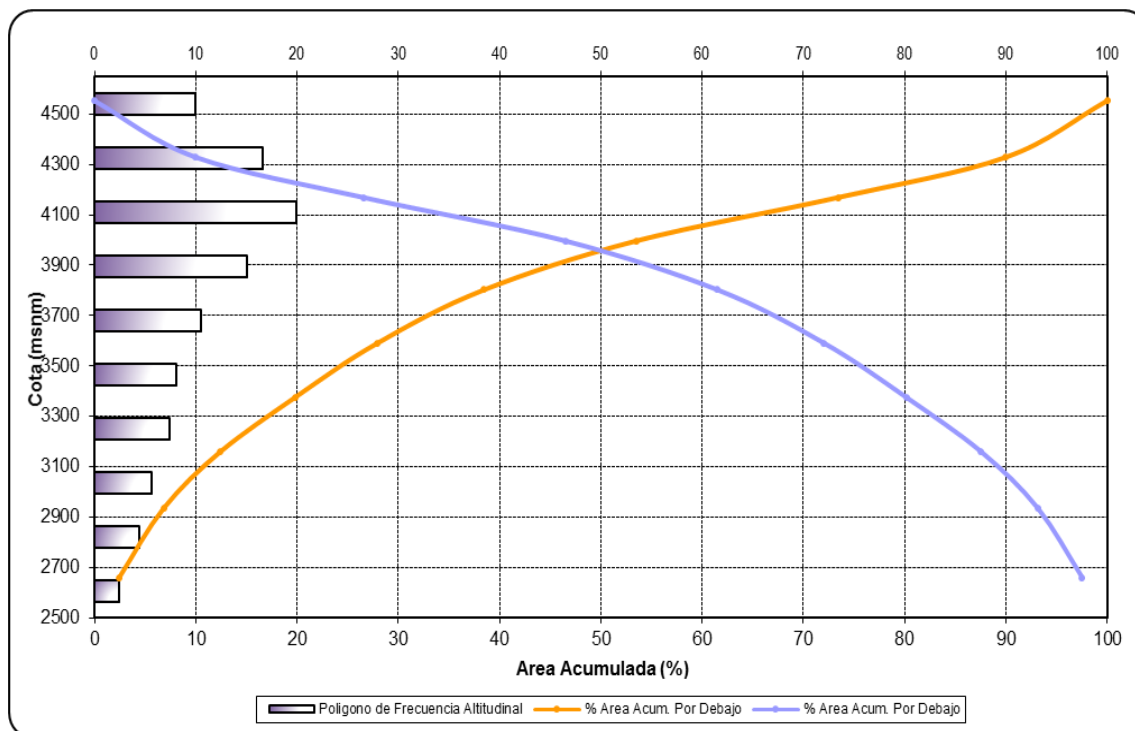
Cuadro N° 2.3. Parámetros geomorfológicos

Características	Und.	Cant.
Área de la Cuenca	Km ² .	93.06
Perímetro de la Cuenca	Km.	45.41
Longitud del cauce principal	Km.	15.38
Longitud total del cauce	Km.	197.83
Cota máxima	msnm.	4700.00
Cota mínima	msnm.	2500.00
Desnivel máxima	m.	2200.00
Ancho más largo de la cuenca	Km.	11.11
Longitud más larga de la cuenca	Km.	13.10
Parámetros	Und.	Cant.
Coefficiente de compacidad		1.32
Factor de forma		0.39
Elevación mediana de la cuenca	msnm.	3916.44
Altitud mas Frecuente	msnm.	4169.41
Altitud de Frecuencia 1/2	msnm.	3785.46
Pendiente media de la cuenca	%	38.59
Pendiente media del cauce principal	%	2.97
Densidad de drenaje		2.13

Cuadro N° 2.4. Características de la Red Hidrográfica

Orden de la Red Hidrica	Longitud (Km)
1	105.63
2	44.19
3	25.85
4	21.42
5	0.73

Gráfico N° 2.2. Curva hipsométrica y polígono de frecuencia Altitudinal



2.3.3.2 Parámetros geomorfológicos de la unidad hidrográfica Marcahuasi

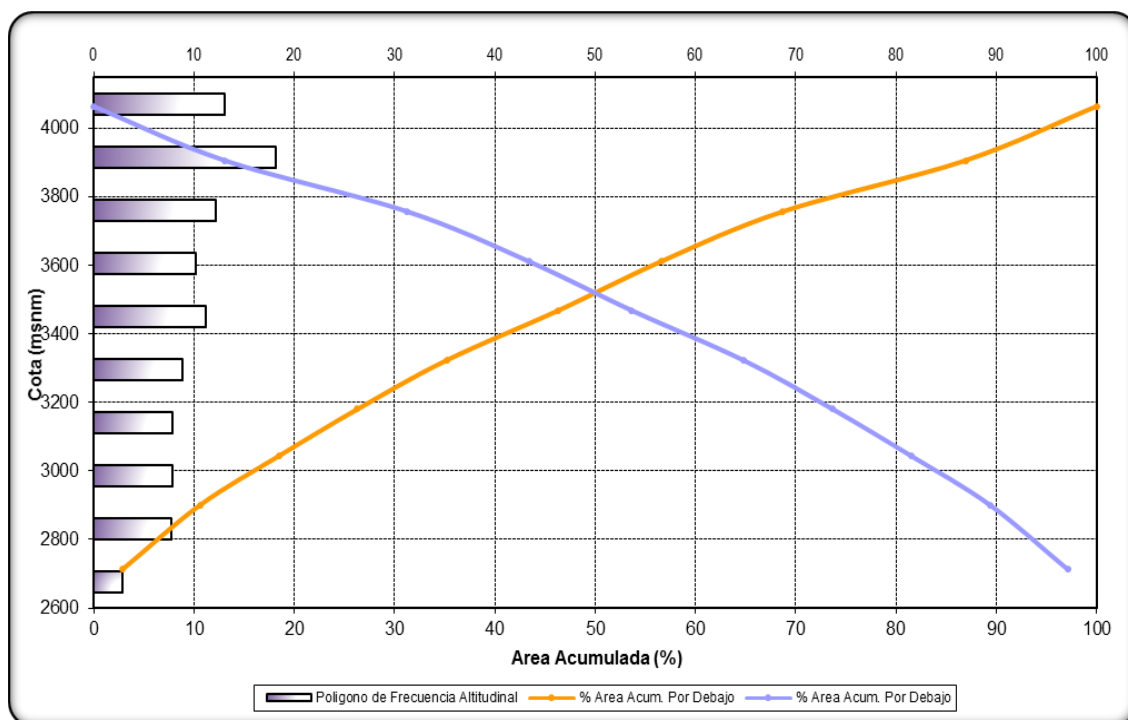
Cuadro N° 2.5. Parámetros geomorfológicos

Características	Und.	Cant.
Área de la Cuenca	Km ² .	20.01
Perímetro de la Cuenca	Km.	22.35
Longitud del cauce principal	Km.	7.74
Longitud total del cauce	Km.	65.01
Cota máxima	msnm.	4150.00
Cota mínima	msnm.	2600.00
Desnivel máxima	m.	1550.00
Ancho más largo de la cuenca	Km.	3.77
Longitud más larga de la cuenca	Km.	6.35
Parámetros	Und.	Cant.
Coefficiente de compacidad		1.40
Factor de forma		0.33
Elevación mediana de la cuenca	msnm.	3541.67
Altitud mas Frecuente	msnm.	3757.94
Altitud de Frecuencia 1/2	msnm.	3461.84
Pendiente media de la cuenca	%	36.66
Pendiente media del cauce principal	%	3.63
Densidad de drenaje		3.25

Cuadro N° 2.6. Características de la Red Hidrográfica

Orden de la Red Hidrica	Longitud (Km)
1	34.48
2	16.99
3	6.18
4	4.80
5	2.55

Gráfico N° 2.3. Curva hipsométrica y polígono de frecuencia Altitudinal



2.3.3.3 Parámetros geomorfológicos de la unidad hidrográfica Colcaqui

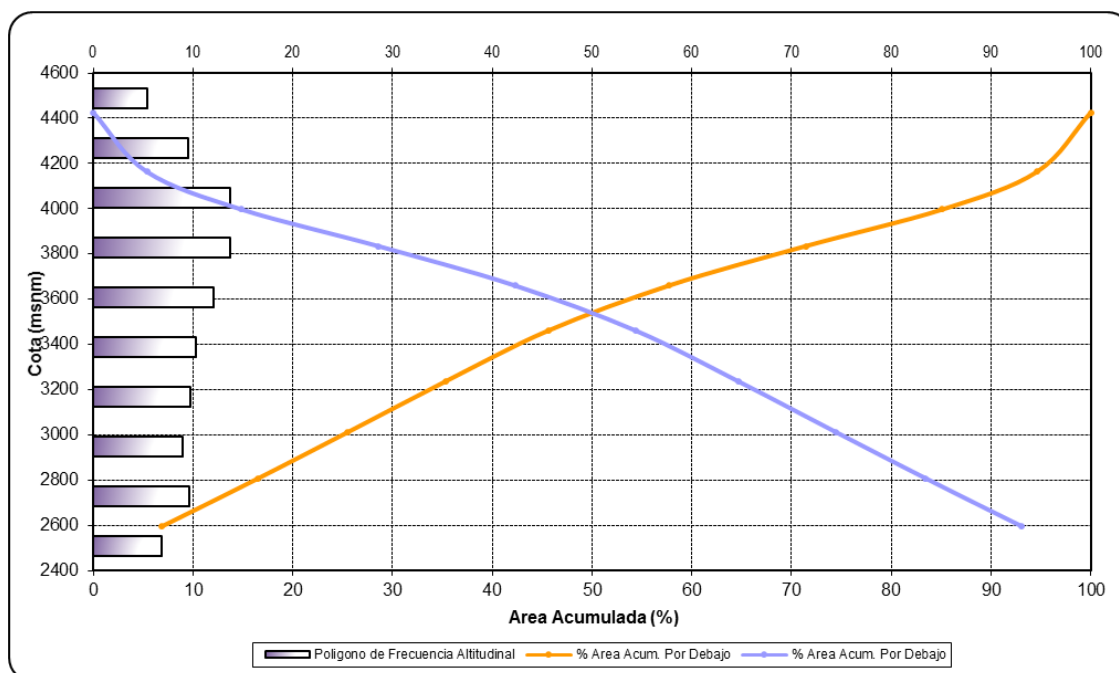
Cuadro Nº 2.7. Parámetros geomorfológicos

Características	Und.	Cant.
Área de la Cuenca	Km ² .	31.50
Perímetro de la Cuenca	Km.	28.38
Longitud del cauce principal	Km.	11.75
Longitud total del cauce	Km.	93.52
Cota máxima	msnm.	4600.00
Cota mínima	msnm.	2479.36
Desnivel máxima	m.	2120.64
Ancho más largo de la cuenca	Km.	5.59
Longitud más larga de la cuenca	Km.	8.75
Parámetros	Und.	Cant.
Coefficiente de compacidad		1.42
Factor de forma		0.23
Elevación mediana de la cuenca	msnm.	3543.18
Altitud mas Frecuente	msnm.	3997.07
Altitud de Frecuencia 1/2	msnm.	3449.05
Pendiente media de la cuenca	%	39.32
Pendiente media del cauce principal	%	3.34
Densidad de drenaje		2.97

Cuadro Nº 2.8. Características de la Red Hidrográfica

Orden de la Red Hidrica	Longitud (Km)
1	47.93
2	22.58
3	13.66
4	3.30
5	6.05

Gráfico N° 2.4. Curva hipsométrica y polígono de frecuencia Altitudinal



2.3.3.4 Parámetros geomorfológicos de la unidad hidrográfica Sahuanay

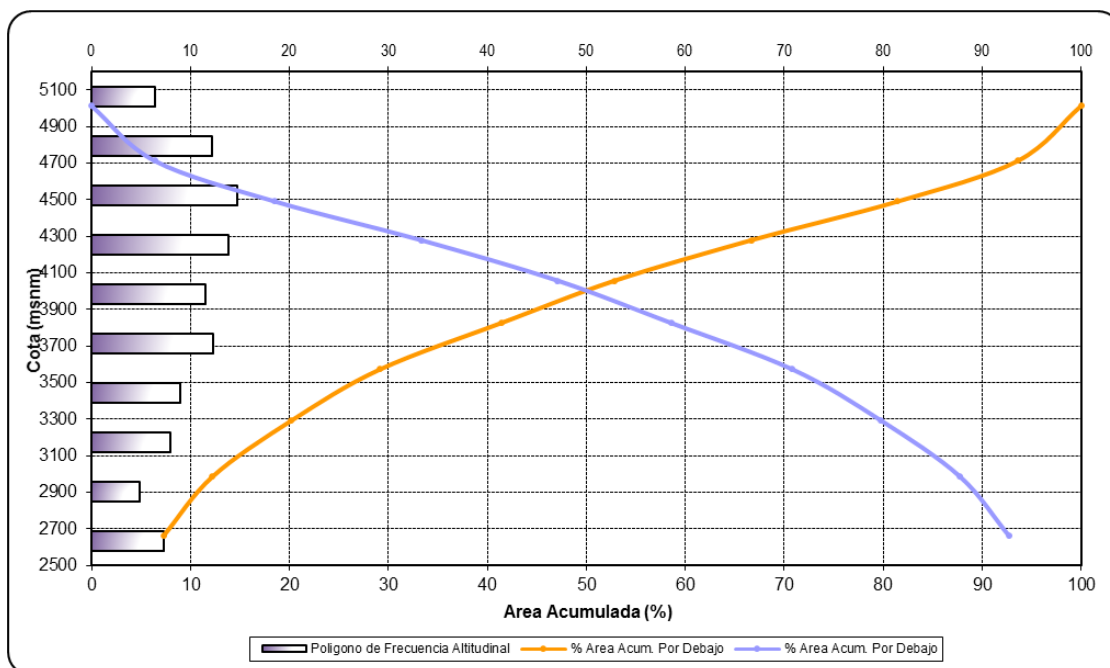
Cuadro N° 2.9. Parámetros geomorfológicos

Características	Und.	Cant.
Área de la Cuenca	Km ² .	22.97
Perímetro de la Cuenca	Km.	26.43
Longitud del cauce principal	Km.	11.60
Longitud total del cauce	Km.	75.70
Cota máxima	msnm.	5191.31
Cota mínima	msnm.	2500.00
Desnivel máxima	m.	2691.31
Ancho más largo de la cuenca	Km.	4.84
Longitud más larga de la cuenca	Km.	8.61
Parámetros		
	Und.	Cant.
Coefficiente de compacidad		1.54
Factor de forma		0.17
Elevación mediana de la cuenca	msnm.	4004.40
Altitud mas Frecuente	msnm.	4489.46
Altitud de Frecuencia 1/2	msnm.	3877.47
Pendiente media de la cuenca	%	40.52
Pendiente media del cauce principal	%	3.41
Densidad de drenaje		3.30

Cuadro N° 2.10. Características de la Red Hidrográfica

Orden de la Red Hidrica	Longitud (Km)
1	39.74
2	20.81
3	6.23
4	8.92

Gráfico N° 2.5. Curva hipsométrica y polígono de frecuencia Altitudinal



2.3.3.5 Parámetros geomorfológicos de la unidad hidrográfica Ullpuhuaycco

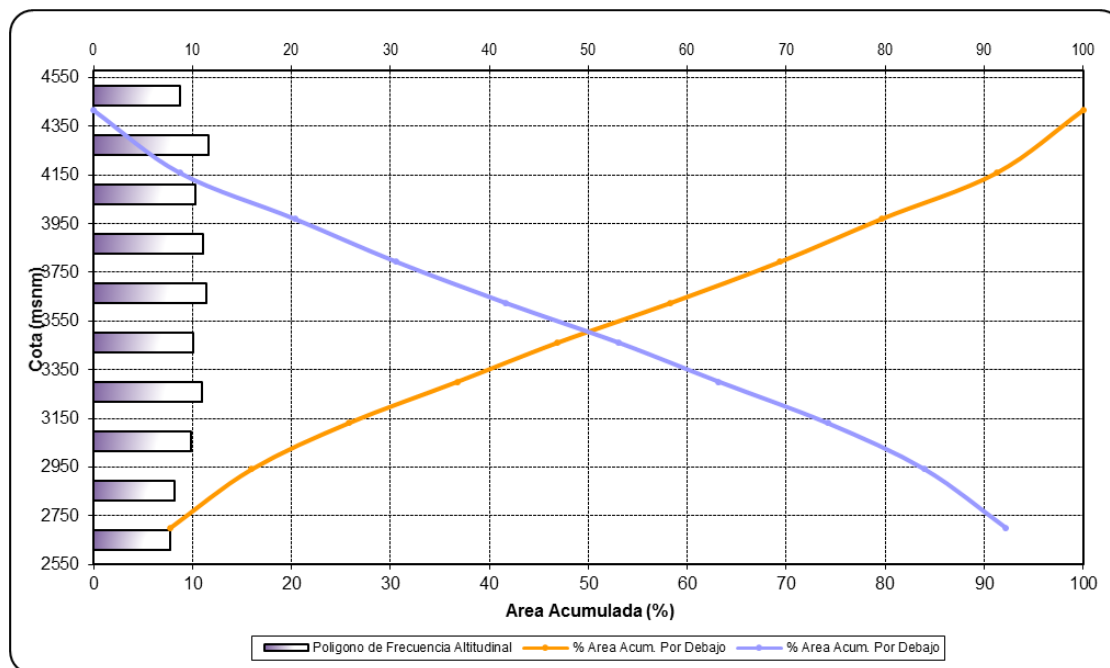
Cuadro Nº 2.11. Parámetros geomorfológicos

Características	Und.	Cant.
Área de la Cuenca	Km ² .	5.46
Perímetro de la Cuenca	Km.	12.70
Longitud del cauce principal	Km.	5.32
Longitud total del cauce	Km.	9.04
Cota máxima	msnm.	4575.32
Cota mínima	msnm.	2559.63
Desnivel máxima	m.	2015.68
Ancho más largo de la cuenca	Km.	1.81
Longitud más larga de la cuenca	Km.	5.39
Parámetros	Und.	Cant.
Coefficiente de compacidad		1.52
Factor de forma		0.19
Elevación mediana de la cuenca	msnm.	3581.19
Altitud mas Frecuente	msnm.	4158.79
Altitud de Frecuencia 1/2	msnm.	3494.91
Pendiente media de la cuenca	%	47.61
Pendiente media del cauce principal	%	3.89
Densidad de drenaje		1.65

Cuadro Nº 2.12. Características de la Red Hidrográfica

Orden de la Red Hidrica	Longitud (Km)
1	3.75
2	1.90
3	3.38

Gráfico N° 2.6. Curva hipsométrica y polígono de frecuencia Altitudinal

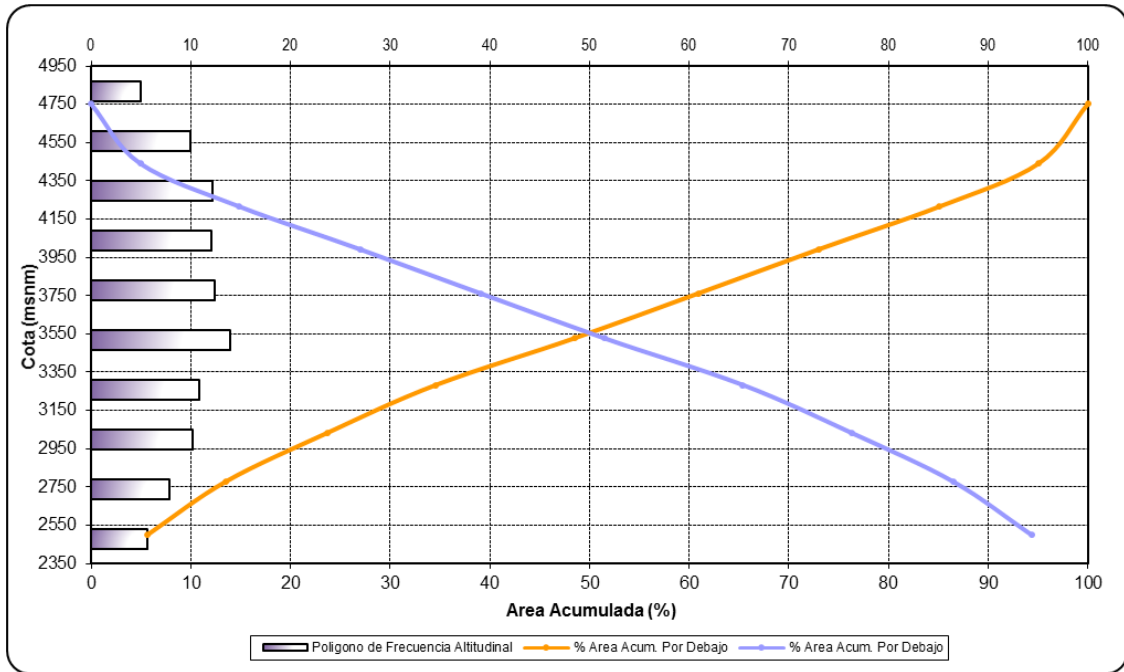


2.3.3.6 Parámetros geomorfológicos de la unidad hidrográfica Ñacchero

Cuadro N° 2.13. Parámetros geomorfológicos

Características	Und.	Cant.
Área de la Cuenca	Km ² .	13.01
Perímetro de la Cuenca	Km.	17.59
Longitud del cauce principal	Km.	7.26
Longitud total del cauce	Km.	19.81
Cota máxima	msnm.	4950.00
Cota mínima	msnm.	2350.00
Desnivel máxima	m.	2600.00
Ancho más largo de la cuenca	Km.	2.80
Longitud más larga de la cuenca	Km.	7.10
Parámetros	Und.	Cant.
Coefficiente de compacidad		1.37
Factor de forma		0.25
Elevación mediana de la cuenca	msnm.	3653.35
Altitud mas Frecuente	msnm.	4215.87
Altitud de Frecuencia 1/2	msnm.	3542.02
Pendiente media de la cuenca	%	45.51
Pendiente media del cauce principal	%	3.69
Densidad de drenaje		1.52

Gráfico N° 2.7. Curva hipsométrica y polígono de frecuencia Altitudinal



2.4 CLIMATOLOGÍA

El área de influencia hídrica presenta un clima con tres estaciones climáticas bien diferenciadas, una estación húmeda o lluviosa que va desde el mes de enero hasta el mes de abril caracterizada por la presencia de abundante precipitación; otra estación seca, caracterizada por la escasa a nula precipitación que va desde el mes de mayo hasta el mes de agosto y la otra estación de transición (setiembre - diciembre) antes del periodo lluvioso caracterizada por la mediana a escasa precipitación.

Para conocer el comportamiento de las variables meteorológicas del ámbito de influencia directa e indirecta del área de estudio, se realizó en base a la información básica proporcionada por el New-LocClim (an abbreviation for "Local Climate) software que proporciona una base de datos, estimaciones de las condiciones climáticas medias en los lugares para los que no hay observaciones disponibles de las variables climáticas.

2.4.1 Variables Climáticas.

Las principales variables climáticas analizadas en el área de estudio son:

- Temperatura del aire
- Precipitación
- Humedad relativa
- Evaporación

2.4.1.1 Temperatura

En el área de estudio, el régimen de temperaturas sigue el típico patrón anual de variación que

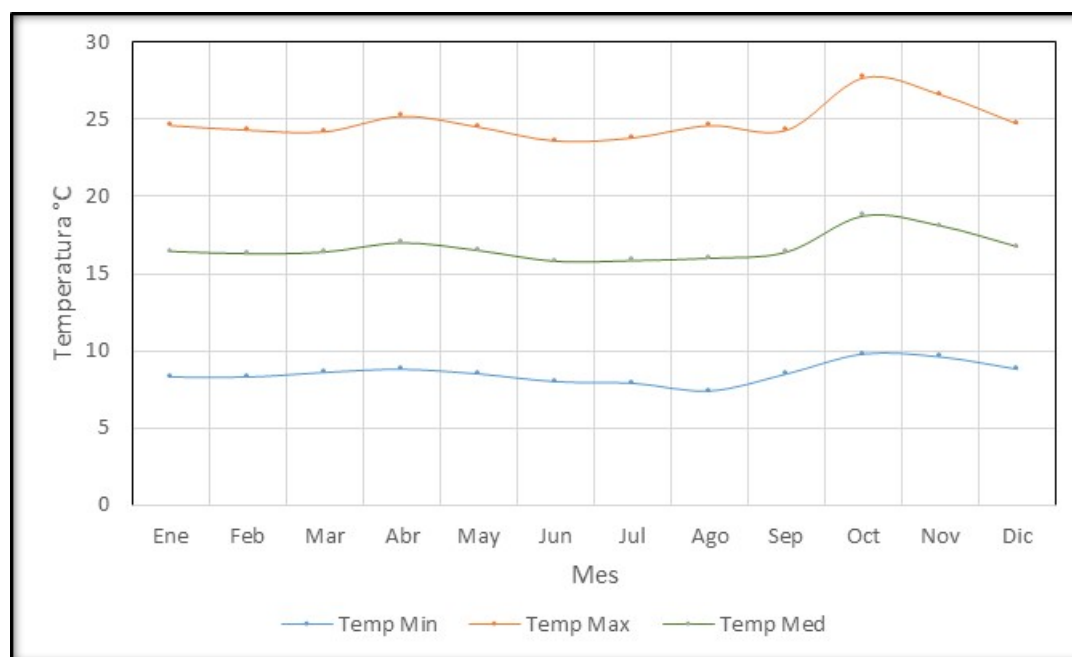
corresponde a su ubicación geográfica, es decir, las temperaturas son altas en los meses de Octubre - diciembre y bajas en los meses de mayo - agosto y de medianas a altas en los meses de enero - mayo. Esta variación térmica se puede observar en los valores de temperatura registrados en las estaciones de referencia consideradas para evaluar la variación térmica en la zona.

Para caracterizar la variación térmica se ha considerado la información promedio de la base de datos del **New Locclim**, dado que la información de las estaciones más cercanas no es consistentes.

Cuadro N° 2.14. Temperatura promedio del área de estudio (°C)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Temp Min	8.30	8.30	8.60	8.80	8.50	8.00	7.90	7.40	8.50	9.80	9.60	8.80
Temp Max	24.60	24.30	24.20	25.20	24.50	23.60	23.80	24.60	24.30	27.70	26.60	24.70
Temp Med	16.45	16.30	16.40	17.00	16.50	15.80	15.85	16.00	16.40	18.75	18.10	16.75

Gráfico N° 2.1. Temperatura promedio del área de estudio (°C)



2.4.1.2 Precipitación

La precipitación en el área de estudio, al igual que en la parte andina, presenta un régimen pluvial netamente de verano, ya que las lluvias tienen sus inicios en los meses primaverales y van cobrando mayor intensidad en el mes de enero, febrero y marzo; para luego decrecer casi bruscamente durante el mes de abril.

Bajo este escenario, se ha determinado la existencia de tres periodos, el primero corresponde al periodo húmedo (Enero a Abril) caracterizado por la presencia de precipitación abundante, el

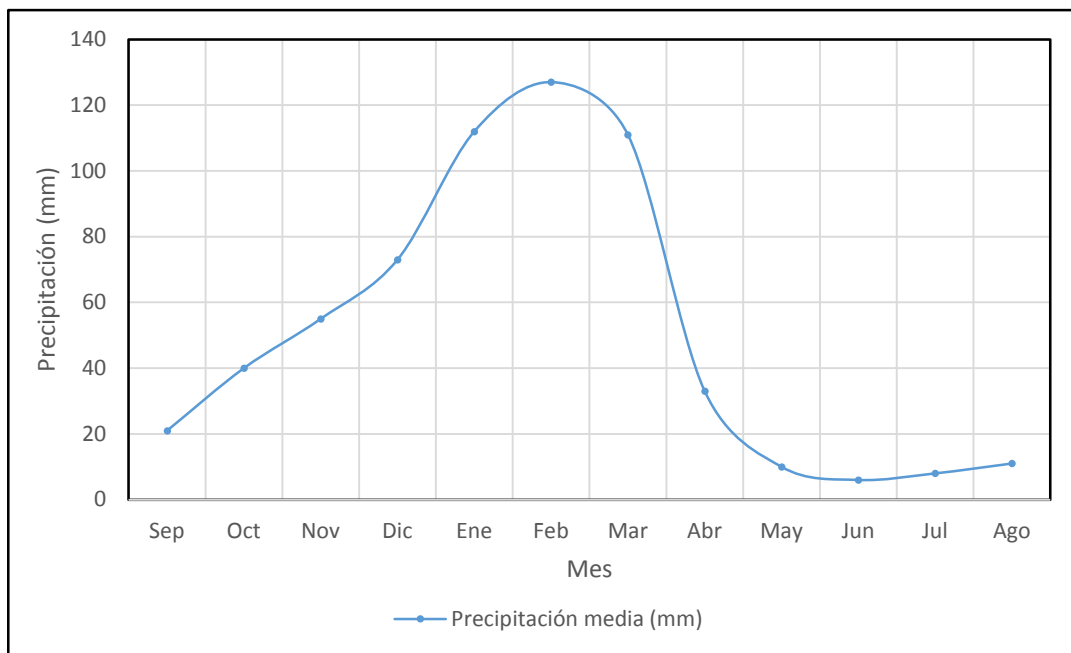
segundo corresponde a un periodo de transición (Septiembre a Diciembre) y un tercer periodo de estiaje (Junio a Agosto) que se caracteriza por la ocurrencia de precipitaciones muy escasas a nula.

Para el caso del área de estudio, se tiene como referencia las precipitaciones medias de la base de datos del **New Locclim**, en el siguiente Cuadro y Grafico se muestra la Precipitación media.

Cuadro N° 2.15. Precipitación media mensual (mm)

	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Total
Precipitación media (mm)	21.0	40.0	55.0	73.0	112.0	127.0	111.0	33.0	10.0	6.0	8.0	11.0	607.0

Gráfico N° 2.2. Precipitación media mensual (mm)



2.4.1.3 Humedad Relativa

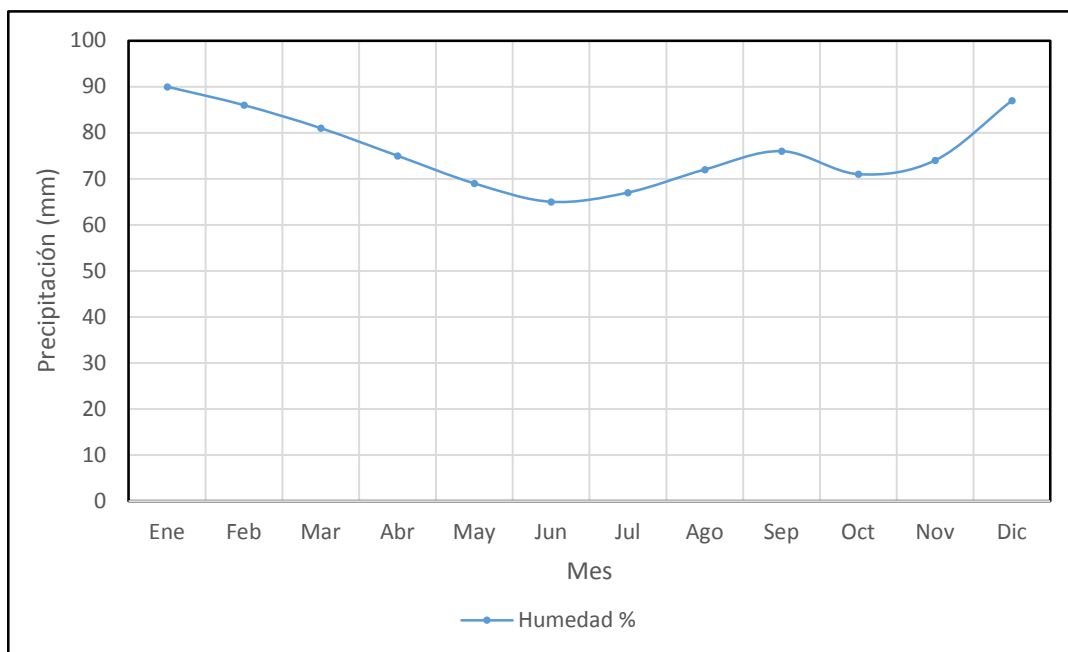
La humedad, aunque menos importante que la temperatura, es un factor ecológico fundamental, en el sentido propio del término, es la cantidad de vapor de agua presente en la atmósfera; por lo general se expresa como humedad relativa del aire, es decir, la relación en porcentaje de la presión real de vapor de agua a la presión de vapor saturante a la misma temperatura.

El valor de la humedad relativa media máxima se presenta en los meses de Febrero y Marzo, y los valores mínimos en los meses de julio y Agosto. Durante el día el valor de la humedad es bajo, mientras que en la noche tiende a aumentar como consecuencia de la disminución de la temperatura, la Humedad Relativa media mensual de las estaciones se muestra en el siguiente Cuadro y Grafico.

Cuadro N° 2.16. Humedad Relativa media mensual (%)

	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
Humedad %	90	86	81	75	69	65	67	72	76	71	74	87

Gráfico N° 2.3. Humedad Relativa (%)



2.4.1.4 Evaporación

En hidrología, la evaporación es una de las variables hidrológicas más importantes al momento de establecer el balance hídrico de una determinada cuenca hidrográfica o parte de ésta.

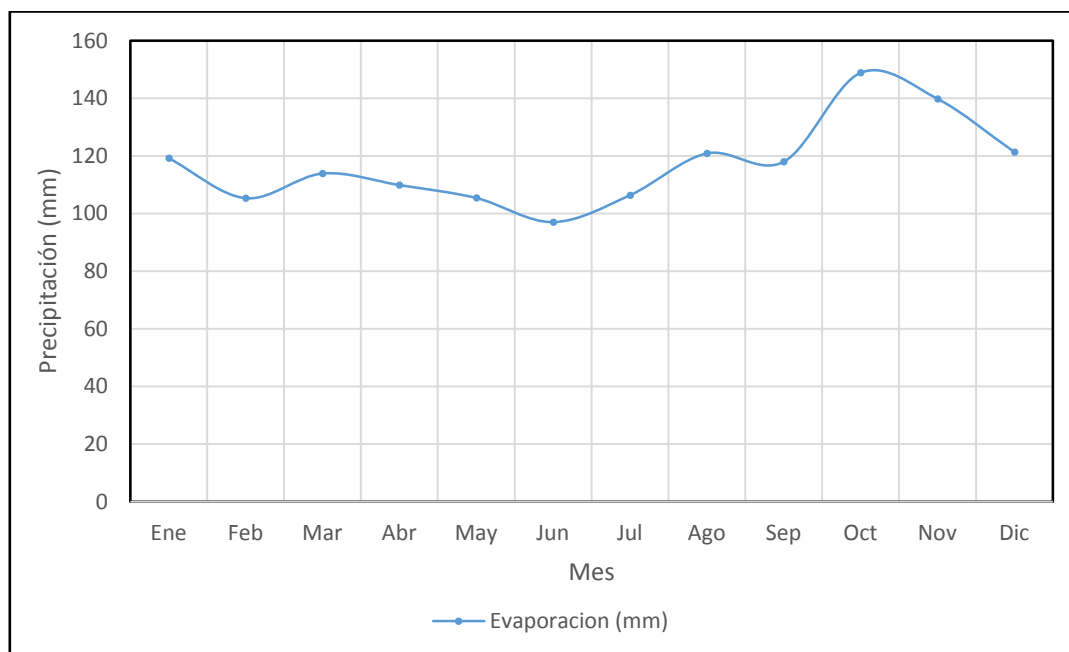
A efectos de estimar las pérdidas por evaporación en una zona, el término se entenderá en sentido amplio, incluyendo la sublimación. La radiación solar proporciona a las moléculas de agua, la energía necesaria para el cambio de estado.

Con la finalidad de determinar la evaporación total anual en el área de estudio se ha tomado en cuenta la información referencial de la base de datos del **New Locclim**.

Cuadro N° 2.17. Evaporación media mensual(mm)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Evaporacion (mm)	119.24	105.36	113.92	109.91	105.43	97.07	106.38	120.9	118	148.87	139.85	121.39

Gráfico N° 2.4. Evaporación media mensual (mm)



2.5 ECOLOGÍA

Estas unidades hidrográficas afluentes al río Mariño, se encuentra dentro de las siguientes características ecológicas o Zonas de Vida:

- Estepa espinosa Montano Bajo Sub tropical (ee – MBS)
- Bosque Sub tropical (Sb – S)
- Bosque pluvial Montano Subtropical (bp – MS)
- Bosque seco Montano bajo subtropical (bs – MS)
- Bosque muy húmedo Montano bajo sub tropical (bmh – MBS)
- Bosque húmedo Montano superior subtropical (bh – MsS)
- Páramo muy húmedo sub andino sub tropical (pmh SaS)
- Tundra pluvial andino Sub tropical (tpa – S)
- Piso Nival Superior (NS)

Esta diversidad ecológica en tan pequeña extensión, obedece a su orografía muy accidentada, la misma que ha generado microclimas variados que contienen una riqueza florística singular asociada con una fauna característica.

En la parte más baja es predominante *Escallonia herrerae* o "pawka", solanácea arbustiva y *Tecoma staus* entre otras. A los 3 450 msnm. está situada la pequeña laguna de Ankasq'ocha, cuyas márgenes y laderas vecinas se encuentran densamente pobladas de un bosque muy húmedo Montano en el que predomina la "Intimpa" (*Podocarpus glomeratus*) asociada a otras especies de interés forestal pertenecientes a los géneros *Hesperomeles*, *Duranta*, *Oreopanax*, *Myrcianthes*, *Myrsine*, *Escallonia*, *Prunus*, *Citharexylum*, *Cornus*, *Styloceras*, *Polymnia* y *Randia*. Por encima de la laguna en el bosque húmedo Montano, son frecuentes: *Escallonia Myrtilloides*,

Vallea stipularis, Gynoxys, Saracha punctata.

Por debajo de Laguna Grande a 3 600 msnm en hondonadas y pequeñas quebradas alternando con áreas cultivadas, se encuentran especies arbustivas de los géneros Baccharis, Brachyotum, Lupinus, Miconia y Mutisia.

En el área comprendida entre la Laguna Grande y el Pajonal de Paco-Paco, se observa asociaciones considerables de Baccharis que conforman un "bosque enano", de características particulares que va disminuyendo peligrosamente su población por estar sometida a una intensa tala con fines energéticos.

Por encima de Laguna Grande a 3 850 msnm, en la garganta que asciende al nevado del Ampay, y entre rocas, se encuentran asociaciones de Escallonia myrthilloides, Hesperomeles heterophylla, con predominio de Saracha punctata.

Finalmente en el pajonal (páramo) y la tundra por debajo de los roquedales, es notable la presencia de Saxifraga magellanica, Nasa limata, abundantes especies de género Valeriana y en las laderas y pampas expuestas son frecuentes gramíneas de los géneros Calamagrostis, Festuca, Stipa, Nasella, Muehlenbergia y Luzula. En las proximidades de la línea de nieve son frecuentes especies de los géneros Werneria, Gentianella, Lisipouna, Hypochoeris, Perezia y Nototricha.

2.6 GEOLOGÍA

Las características geológicas es un componente aislado de la Cordillera de Vilcabamba, también llamada Cordillera Oriental, que se formó con el levantamiento de los Andes correspondiente a la era del Cenozoico y al periodo geológico del Pleistoceno. Está constituido por rocas sedimentarias que inclusive en sus zonas de contacto producen metamorfismo y gran parte del llano está cubierto por depósitos cuaternarios fluvio-glaciales, aluviales y eluviales.

En el área de estudio afloran los siguientes grupos de rocas sedimentarias del paleozoico superior:

2.6.1 El grupo Copacabana Subdividido en:

- Copacabana Inferior de Edad Pérmico Inferior El nombre "Copacabana" fue dado por Dunbar y Newell en el año de 1944. Está constituido a simple vista por calizas gris-azuladas y blanquecinas en corte fresco. Estas calizas que se encuentran en bancos gruesos intercalados de lutitas pequeñas y margas en capas delgadas, son de textura afanítica y a causa del intemperismo y meteorización han adquirido paisaje kárstico. Todo esto se observa en los sitios arqueológicos de Pucara Inkaq Pinkuyllunan, Gentil-Corral y Madriguera del Loro, especialmente en Gentil-Corral al norte del sitio arqueológico de Ninamarca (Lagos y Huacallo 1993).
- Copacabana Superior de Edad Pérmico Inferior Este grupo está constituido por calizas y lutitas pizarrosas, con bastantes módulos de cuarcitas con fósiles de helechos y otras plantas. Esta unidad aflora al norte aproximadamente a 100 m. del sitio arqueológico de Ninamarca, cuya composición arquitectónica está formada mayormente de material pizarroso. Existen fósiles como braquiópodos y foraminíferos, teniendo un ambiente de sedimentación nerítico de aguas calientes. En la parte superior está compuesta de lutitas con restos de vegetales

que corresponden a un ambiente parálico (Lagos y Huacallo 1993).

2.6.2 Grupo Mitu de Edad del Pérmico Medio Superior.

Esta zona fue estudiada por primera vez por Max Laughlin en el año de 1924. El grupo Mitu, está ubicado de 300 a 600 m. de los depósitos continentales rojos que descansan sobre el grupo Copacabana. El grupo Mitu son depósitos Continentales rojos compuestos por areniscas de grano grueso y lutitas arenosas rojas, conglomerados, feldespáticas brunáceas con bancos andesíticos, que sobreyasen al grupo Copacabana que aflora en las estribaciones del Ampay, observándose con mayor claridad en el sector de Sahuanay.

El Grupo Mitu (palabra quechua que significa barro) está conformado por lutitas que se transforman en barro rojo por acción de la lluvia. Por la ausencia de fósiles, la edad del grupo Mitu sólo se puede afirmar por relación estratigráfica. El grupo Mitu proviene de la deposición de cuencas continentales producto de la erosión de las zonas emergidas. El color rojo indica que durante la deposición reinaba un clima caracterizado por una estación lluviosa a una estación seca. Es de particular importancia para la formación del interesante mundo biológico del Santuario, el cuaternario más joven que alberga, cuya génesis se remonta a la última glaciación de la tierra y está representado por cúmulos de morrenas glaciares en los niveles medios e inferiores de la montaña y especialmente en sus depresiones.

Estas se componen de guijarros de roca lutácea oscura y de variada granulometría, predisponiendo su permeabilidad al agua al mantener la unidad necesaria para el desarrollo de la exuberante flora que hospeda. El cuaternario más antiguo, se trasladó a la base del Nevado debido a aluviones de diversa magnitud, generando una planicie conocida como "caliche", por su composición calcárea y el grado incipiente de compactación; en ella se asienta la ciudad de Abancay y otros poblados. A mayor profundidad las rocas del pérmico sirven de estancamiento a los materiales del cuaternario descritos; mientras que en las superficies afloran en toda elevación con mayor amplitud en la cima de nieves permanentes y en los farallones que sobresalen a las morrenas. Las rocas calizas son abundantes y cuando afloran muestran diferentes formaciones de tipo Karst, cubiertas algunas veces de vegetación.

En la vertiente occidental del Ampay se pueden observar bancos de "Karren" que no son sino rocas calizas al desnudo, que por acción de la fuerza de las aguas adquirieron formas peculiares. En la vertiente sur, donde las rocas calcáreas están cubiertas de vegetación, el Karst se presenta en forma de cavernas o grutas subterráneas, que se forman por la filtración constante de agua en las grietas, produciendo una reacción química en las calizas que disuelve. La presencia de estalactitas y estalacmitas en las formas más variadas, las hacen atractivas para excursiones con fines educativos.

Los bancos de calizas de diferente grosor que afloran en varios sitios del flanco sur y occidental, por tener origen marino, contienen abundantes restos fósiles de animales y plantas marinas como: los braquiópodos, gasterópodos, foraminíferos grandes (Pseudoschwageriana), fusilinas, conchas de lamelibranquios crinoideos (Dictylatus inca), corales, etc. En las lutitas negras se puedan encontrar restos de vegetales fosilizados como helechos y cortezas de árboles (Lepidodendron

sp.).

2.7 CARACTERIZACIÓN SOCIO – ECONÓMICA

Las principales actividades económicas de los pobladores de la provincia de Abancay son:

- **Agricultura:** Esta actividad es primeramente de sustento para el poblador, pero dañina para el Area Protegida cuando se colonizan nuevas tierras con el fin de ampliar la frontera agrícola, por necesidad de las nuevas familias o por lucro. No se ha detectado el uso de fertilizantes, insecticidas o herbicidas lo que sería realmente desfavorable por la secuela que sus residuos ocasionarían a largo plazo. Controlar las áreas agrícolas por el momento y la posterior reubicación hacia áreas no protegidas fuera del Santuario Nacional de Ampay, es la medida más acertada -ciertamente costosa- pero necesaria. La gente reubicada y sus nuevas tierras, serían elementos de trabajo para el tipo de desarrollo que IDMA propone. Actualmente se realizan actividades agrícolas en diversos lugares del área, que suman aproximadamente 50 has. siendo los cultivos en orden de prioridad papa, maíz, ollucos, habas, arvejas y hortalizas. El grado de pendiente, las dificultades para labores agrícolas, transporte y la incertidumbre de la producción en términos rentables, serían factores determinantes para desistir de la actividad agrícola en la zona; sin embargo se ha observado en un lapso de tiempo que las áreas agrícolas al interior del Santuario se han incrementado en cierto porcentaje, poniendo en inminente riesgo el área boscosa.
- **Pecuaría:** La actividad pecuaria en la microcuenca, se desarrolla de manera extensiva, teniendo como sustento fundamental los pastos naturales; sin embargo, en la zona se desarrolla la ganadería semi-intensiva e intensiva con pastos mejorados, realizados por los propietarios particulares. La actividad pecuaria tiene gran importancia, especialmente en las comunidades altas y bajas como; como actividad complementaria a la agricultura, generando ingresos económicos adicionales a los pobladores de las comunidades. El desarrollo de la actividad pecuaria, pasa por los problemas de disponibilidad y calidad de pastos, falta de infraestructuras necesaria, sobre pastoreo e infestación de pastos y bofedales; así como el estado crítico de las vías de comunicación, que dificulta la comunicación y accesibilidad entre las zonas o comunidades productoras principales.
- **Minería:** Las condiciones Geológicas de los suelos de la Provincia de Abancay, permiten la existencia, de Recursos Mineros Metálicos y No Metálicos.
- **Turismo y recreación:** El turismo en el departamento de Apurímac es escaso. Los viajes hacia la ciudad de Abancay son motivados generalmente por la necesidad de realizar gestiones administrativas, comercio, visitas familiares y actividades profesionales. Debido a este flujo de viajeros se hace uso de los servicios de alojamiento y alimentación locales, pero no se genera una mayor diversificación de las actividades productivas. En el caso de las visitas familiares se ha observado un incremento en los arribos a Abancay y flujos de Abancay hacia otros distritos durante días no laborables asociados a días festivos. Se ha reconocido como los principales recursos turísticos del departamento de Apurímac el Santuario Nacional de Ampay, el sitio arqueológico de Choquequirao y el Cañón del río Apurímac, siendo el último de éstos el único

que recibe visitas organizadas de turistas nacionales e internacionales, principalmente dirigidas por operadores turísticos cuzqueños. Los baños termales de Cconoc constituyen también un atractivo visitado por turistas nacionales, procedentes principalmente del Cusco y Apurímac. Aunque no existe un registro exacto del número de visitantes, podemos afirmar que el Santuario Nacional de Ampay posee uno de los más altos números de visitantes recibidos, siendo el origen de éstos, principalmente, la ciudad de Abancay y Tamburco. Las actividades principales de estos visitantes están orientadas hacia la recreación y no generan ingresos económicos a los administradores del área.

3. ANÁLISIS DE MÁXIMAS AVENIDAS

3.1 GENERALIDADES

En el presente capítulo se ha elaborado un análisis de eventos extremos de naturaleza hidrometeorológica con exceso de escorrentías (avenidas), en el ámbito de las unidades hidrográficas de las quebradas Puruchaca, Marcahuasi, Colcaque, Sahuanay, Ullpuhuaycco y Ñacchero afluentes del río Mariño.

En hidrología, numerosos fenómenos extremos no pueden pronosticarse en base a una información determinística, con la suficiente certeza y tiempo de antelación, por consiguiente se tendrá que tomar las decisiones pertinentes a su ocurrencia. Para este caso, se requiere un enfoque probabilístico con el fin de incorporar los efectos de esos fenómenos en las decisiones. Si se puede suponer que las ocurrencias son temporalmente independientes al tiempo y la magnitud de un evento no tiene relación con los eventos anteriores, entonces se puede usar el análisis de frecuencias para describir la probabilidad de cualquier evento o de una combinación de ellos, durante el intervalo de tiempo necesario para una decisión. Los fenómenos hidrológicos que se describen en general mediante el análisis de frecuencias son las precipitaciones y las crecidas anuales máximas.

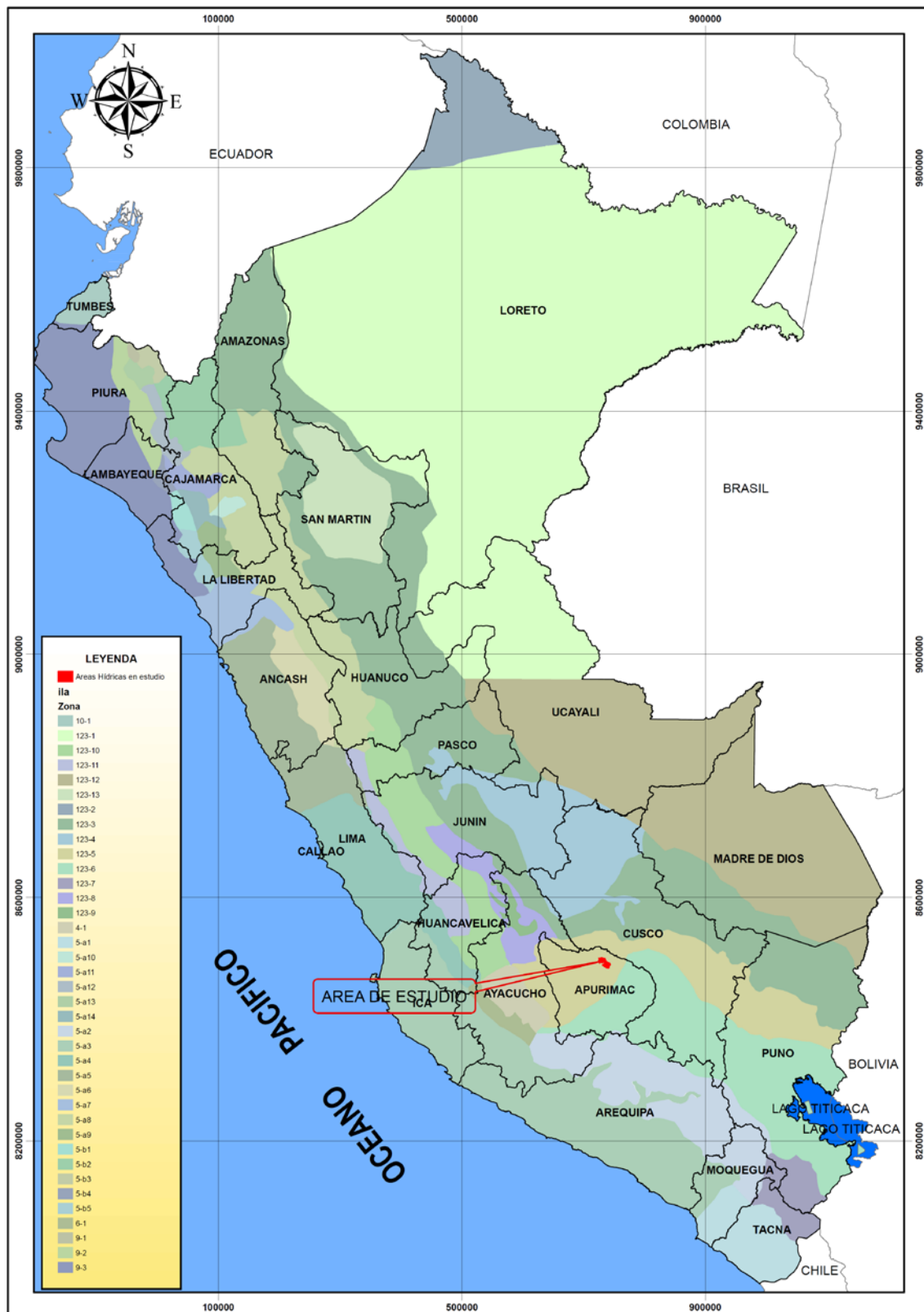
3.2 METODOLOGÍA

Debido a la carencia e inconsistencia de la información de precipitación máximas 24 horas en las estaciones más cercanas al área de proyecto, se ha visto por conveniente utilizar el modelo hidrológico IILA, metodología suscrita bajo la cooperación técnica del Instituto Ítalo – Latinoamericano (IILA), el Servicio Nacional de Meteorología (SENSMHI) y la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

Esta metodología tiene por finalidad proporcionar elementos técnicos necesarios para la evaluación de:

- Los recursos hídricos disponibles en las diferentes zonas del país e identificar las posibilidades que existen para su mayor aprovechamiento.
- Las máximas avenidas que puedan verificarse a lo largo de los cursos de agua que atraviesan las diferentes zonas del país e identificar las posibilidades que existen para reducir los daños que ellas puedan provocar por medio de apropiadas capacidades de embalses.

Figura N° 3.1. Delimitación de zonas pluviométricas según IILA



De acuerdo a la figura la zona de estudio se encuentra en la zona pluviométrica 123-5.

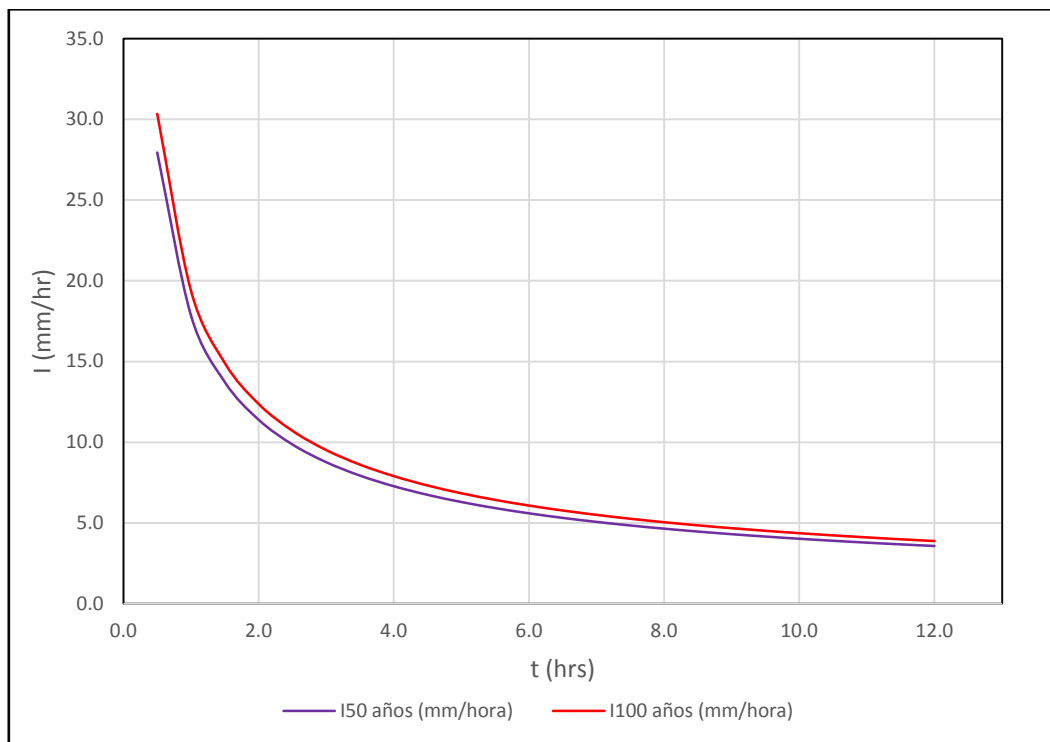
3.2.1 Curvas IDF (Método IILA).

De acuerdo a la ubicación pluviométrica (Figura N° 3.1), Las curvas de Intensidad - Duración - Frecuencia, lo expresaremos mediante las ecuaciones siguientes:

$$i_{t,T} = a(1 + K \log T)t^{n-1}$$

Donde $p_{t,T}$, $i_{t,T}$ son la precipitación y la intensidad de tormenta para una duración "t" (en Horas) y el periodo de retorno "T" (en años); a, k y n son constantes regionales. Según la metodología empleada por el IILA las formulas son variables de duración de $3 < t < 24$ horas.

Gráfico N° 3.1. Curva IDF para las unidades hidrográficas en estudio



Es importante establecer la duración de la Tormenta con la finalidad de evaluar como varía la Precipitación. Aunque no se han encontrado datos, según Senamhi, las más intensas, están entre 2 y 3 horas.

3.2.2 Tormenta del Proyecto a partir de la IDF

a) Método de los Bloques Alternados a partir de la Curva IDF

Se construye el hietograma regional de variación de la lluvia, con la ayuda de la metodología de los bloques alternados.

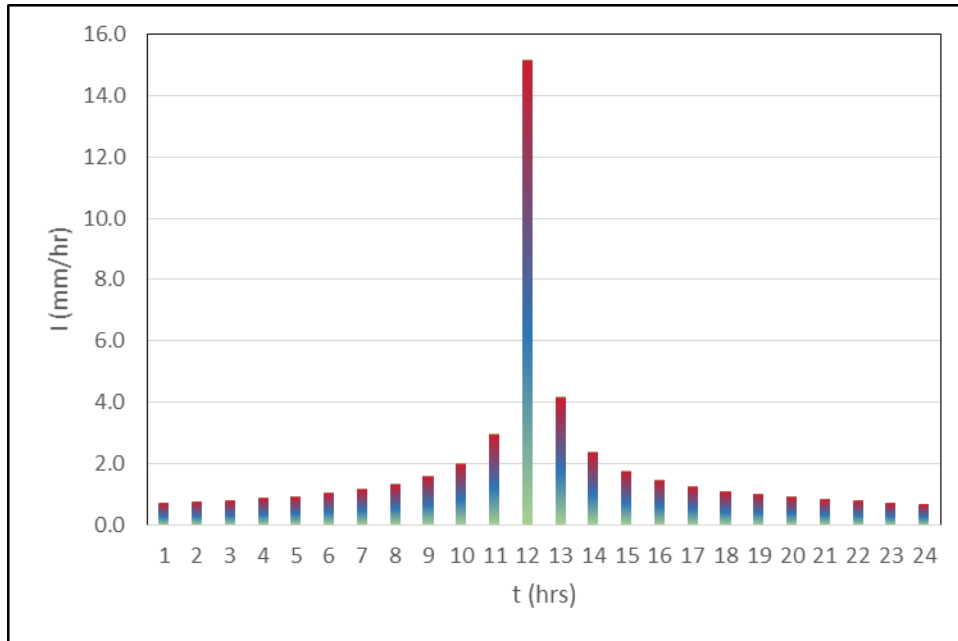
El hietograma, especifica la precipitación en un número de intervalos de tiempo ΔD , para una precipitación en minutos. De la curva IDF, se extraen los datos de intensidad, para las duraciones $\Delta D, 2\Delta D, 3\Delta D, \dots$, etc. y se multiplican por la duración de la lluvia.

$$P_{\text{bloque}_i} = I_{iD}i\Delta D - I_{i-1}(i-1)\Delta D$$

Cuadro N° 3.1. Cálculo del Hietograma, Método Bloques Alternos

t (horas)	$I_{100 \text{ años}}$ (mm/hora)	Lluvia Acumulada (mm)	Incremento de la Lluvia (mm) (p/30 min)	Intensidad de Bloques (mm/mim)
0.50	30.34	15.17	15.17	0.71
1.00	19.38	19.38	4.21	0.76
1.50	14.90	22.36	2.98	0.81
2.00	12.37	24.75	2.39	0.87
2.50	10.71	26.77	2.03	0.95
3.00	9.52	28.55	1.78	1.05
3.50	8.61	30.15	1.60	1.17
4.00	7.90	31.61	1.46	1.34
4.50	7.32	32.95	1.34	1.60
5.00	6.84	34.20	1.25	2.03
5.50	6.43	35.37	1.17	2.98
6.00	6.08	36.47	1.10	15.17
6.50	5.77	37.51	1.05	4.21
7.00	5.50	38.51	0.99	2.39
7.50	5.26	39.46	0.95	1.78
8.00	5.05	40.37	0.91	1.46
8.50	4.85	41.24	0.87	1.25
9.00	4.68	42.08	0.84	1.10
9.50	4.52	42.89	0.81	0.99
10.00	4.37	43.68	0.78	0.91
10.50	4.23	44.44	0.76	0.84
11.00	4.11	45.17	0.74	0.78
11.50	3.99	45.89	0.71	0.74
12.00	3.88	46.58	0.69	0.69

Gráfico N° 3.2. Hietograma de la precipitación para un tiempo de retorno de 100 años



- De los cálculos realizados se obtiene una precipitación de 15.17 mm en seis (6) horas de análisis, la misma que si tomamos como referencia las precipitaciones mensuales máximas acumuladas del Grafico N° 3.2 (Histograma de Precipitaciones).
- Con la precipitación obtenida, la información topográfica y cartográfica, la asignación de Número de Curva según el usos de suelo de la cuenca (NC=71) según el método SCS, la determinación de los métodos de cálculo y el uso de la herramienta del HEC- HMS se realiza la modelación Hidrológica, obteniendo el caudal máximo para un tiempo de retorno de 100 años.

3.3 SIMULACIÓN HIDROLÓGICA - MODELO HIDROLÓGICO HEC-HMS

El modelo HEC-HMS (Hydrologic Modeling System) es un modelo lluvia-escorrentía, desarrollado por el Hydrologic Engineering Center (HEC) del U.S. Army Corps of Engineers (USACE), que está diseñado para simular el hidrograma de escorrentía que se produce en un determinado punto de la red fluvial como consecuencia de un periodo de lluvia.

La simulación de la red de drenaje de una cuenca constituye la base del modelo. Todas las demás opciones están desarrolladas sobre la capacidad de cálculo de hidrogramas en cualquier punto de la cuenca (Viessman, 1996). Los componentes del modelo funcionan basados en relaciones matemáticas simples que tratan de representar los procesos que intervienen en la generación y circulación de los hidrogramas de escorrentía: pérdidas, transformación del exceso de lluvia en caudal de salida de la cuenca, adición del flujo base, circulación del hidrograma por el cauce, etc.

En este caso, hay una serie de condicionantes o limitaciones que por distintos motivos tiene el modelo aplicado:

- La simulación se limita a eventos de lluvia (modelo de eventos), consecuencia de la propia aplicación del modelo a la simulación de avenidas
- En la modelación no se incluye la escorrentía subsuperficial al no disponer de valores de los parámetros que caracterizan el mismo.
- No se tiene en cuenta la presencia de nieve, es importante, por lo tanto, conocer si en cada evento ha habido o es importante la presencia de nieve.

El punto de partida, por lo tanto, es estructurar físicamente la cuenca en base a la red fluvial, considerando, por una parte, las superficies generadoras de hidrogramas de escorrentía (sistemas hidrológicos o subcuencas), y, por otra, las unidades o sistemas hidráulicos por los que circulan dichos hidrogramas (cauces, embalses, etc.).

Cuando la cuenca es suficientemente pequeña, la representación de la cuenca se puede realizar de forma agregada, es decir considerando la cuenca como una unidad. Cuando, por el contrario, la cuenca es suficientemente grande como para que los procesos de circulación adquieran cierto protagonismo y la variabilidad de la lluvia se manifieste con claridad, es preciso representar la cuenca de forma distribuida como una red ramificada de sistemas hidrológicos-hidráulicos (subcuencas- embalses) conectados por sistemas hidráulicos (cauces). Cada sistema se caracteriza fundamentalmente por dos elementos: una serie de parámetros que especifiquen las características particulares del mismo, y unas relaciones matemáticas que rigen su comportamiento.

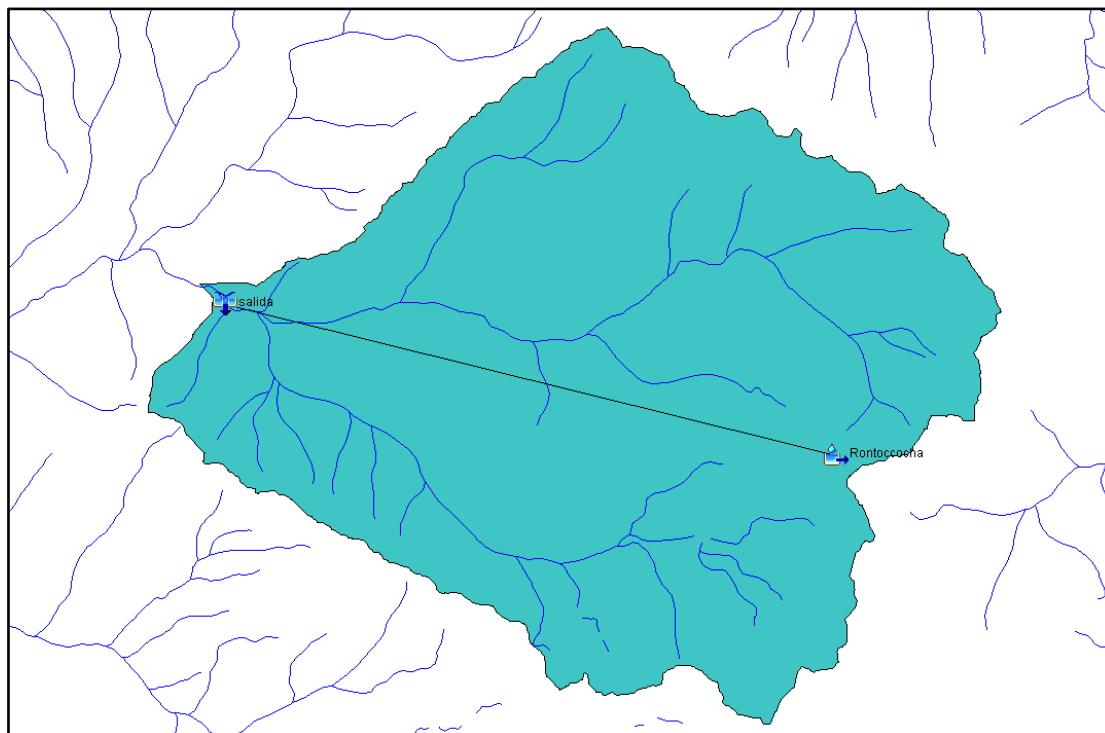
El HEC-HMS utiliza modelos individuales para representar cada uno de los componentes del proceso de escurrimiento:

- Modelos que calculan el volumen del escurrimiento
- Modelos que determinan el hidrograma de escurrimiento directo (escurrimiento superficial e interflujo).
- Modelos para determinar el flujo base.

3.3.1 Modelo hidrológico Hec HMS para la unidad hidrográfica de la Quebrada Puruchaca.

3.3.1.1 Área de influencia

Figura N° 3.2. Área de Influencia de la de unidad hidrográfica de la quebrada Puruchaca



3.3.1.2 Especificaciones de control

Como se observa en la siguiente figura, las especificaciones de control consisten en definir el día y hora de inicio y final de la simulación, así como el intervalo de tiempo de simulación.

Cuadro N° 3.2. Especificaciones de Control

Control Specifications	
Name:	Control 1
Description:	
*Start Date (ddMMYYYY)	01ene2016
*Start Time (HH:mm)	14:00
*End Date (ddMMYYYY)	02ene2016
*End Time (HH:mm)	06:00
Time Interval:	10 Minutes

Con la combinación del modelo de cuenca, el modelo meteorológico y las especificaciones de control, se ha definido las respectivas corridas (runs), hasta obtener los resultados.

3.3.1.3 Resultados de modelo hidrológico para TR=100 años

Una vez calibrado el modelo hidrológico se especificó el período de retorno, para generar los caudales de máximas avenidas.

Los resultados generados por el modelo hidrológico se muestran en forma detallada en el Cuadro N° 3.3, en el que se podrá verificar cada uno de los elementos del sistema con el esquema mostrado en la Figura N° 3.2, para este caso el caudal máximo de diseño es de 33.95 m³/s.

Cuadro N° 3.3. Caudal Máximo de Diseño Para un Período de Retorno de 100 Años

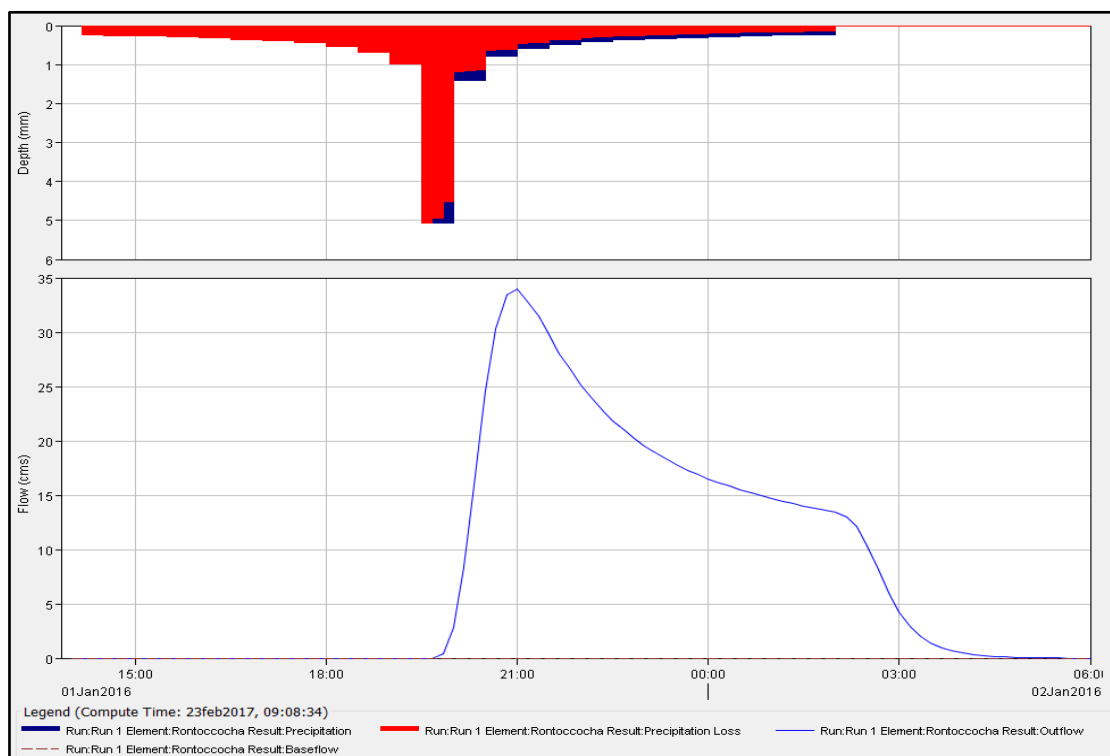
Project: Hatumpata Simulation Run: Run 1				
Start of Run: 01ene2016, 14:00		Basin Model: Quebrada Hatumpata		
End of Run: 02ene2016, 06:00		Meteorologic Model: Met 1		
Compute Time:23feb2017, 09:08:34		Control Specifications:Control 1		
Show Elements: <input type="text" value="Initial Selection"/>		Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3		Sorting: Hydrologic
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Rontoccocha	93.06	33.9587	01ene2016, 21:00	5.15

En el Cuadro N° 3.4 se muestra los valores de la evolución horaria de caudales producto de la tormenta de diseño modelado con el HEC-HMS.

Cuadro N° 3.4. Evolución del Caudal Máximo Para un Período de Retorno de 100 Años

Date	Time	Inflow fro... (M3/S)	Outflow (M3/S)
01ene2016	20:00	2.8204	2.8204
01ene2016	20:10	8.3087	8.3087
01ene2016	20:20	16.7525	16.7525
01ene2016	20:30	24.5741	24.5741
01ene2016	20:40	30.3031	30.3031
01ene2016	20:50	33.4651	33.4651
01ene2016	21:00	33.9587	33.9587
01ene2016	21:10	32.8207	32.8207
01ene2016	21:20	31.4303	31.4303
01ene2016	21:30	29.7571	29.7571
01ene2016	21:40	28.0205	28.0205
01ene2016	21:50	26.5600	26.5600
01ene2016	22:00	25.1627	25.1627
01ene2016	22:10	23.9063	23.9063
01ene2016	22:20	22.8509	22.8509
01ene2016	22:30	21.8697	21.8697
01ene2016	22:40	20.9896	20.9896
01ene2016	22:50	20.2370	20.2370
01ene2016	23:00	19.5332	19.5332
01ene2016	23:10	18.8929	18.8929
01ene2016	23:20	18.3278	18.3278
01ene2016	23:30	17.7847	17.7847
01ene2016	23:40	17.2929	17.2929
01ene2016	23:50	16.8750	16.8750
02ene2016	00:00	16.4823	16.4823
02ene2016	00:10	16.1269	16.1269
02ene2016	00:20	15.8142	15.8142
02ene2016	00:30	15.5077	15.5077
02ene2016	00:40	15.2182	15.2182

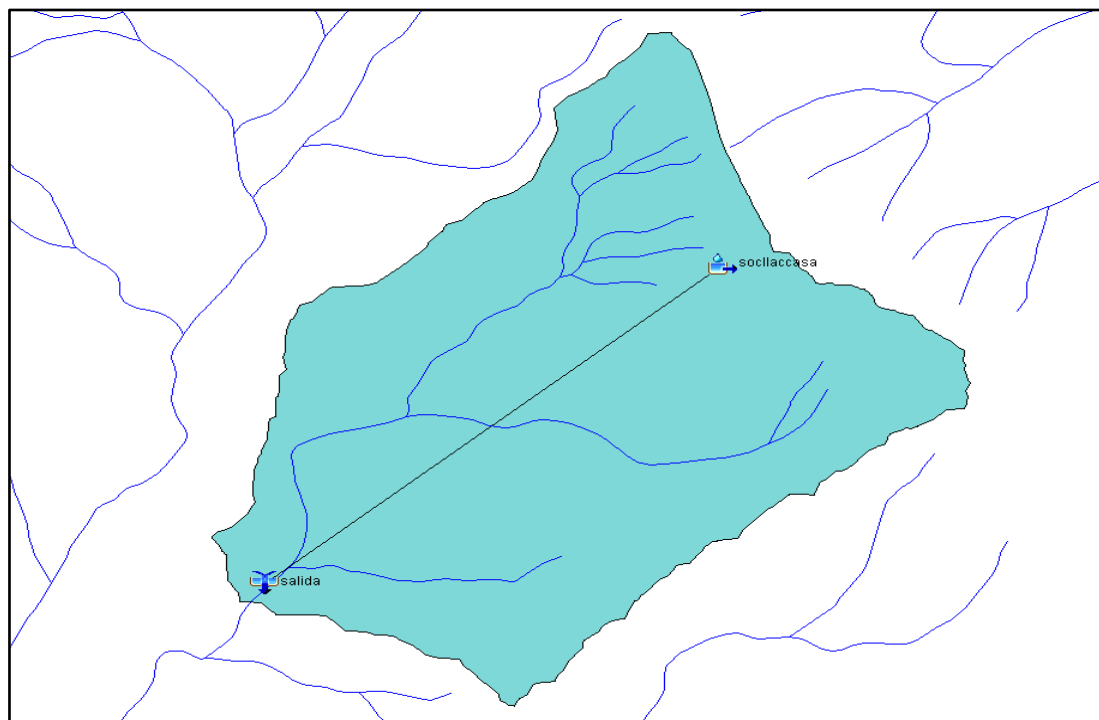
Gráfico N° 3.3. Hidrograma del Caudal Máximo para un Período de Retorno de 100 Años



3.3.2 Modelo hidrológico Hec HMS para la unidad hidrográfica de la Quebrada Marcahuasi.

3.3.2.1 Área de influencia

Figura N° 3.3. Área de Influencia de la unidad hidrográfica de la quebrada Marcahuasi



3.3.2.2 Especificaciones de control

Como se observa en la siguiente figura, las especificaciones de control consisten en definir el día y hora de inicio y final de la simulación, así como el intervalo de tiempo de simulación.

Cuadro N° 3.5. Especificaciones de Control

Control Specifications	
Name:	Control 1
Description:	
*Start Date (ddMMYYYY)	01ene2016
*Start Time (HH:mm)	14:00
*End Date (ddMMYYYY)	02ene2016
*End Time (HH:mm)	06:00
Time Interval:	10 Minutes

Con la combinación del modelo de cuenca, el modelo meteorológico y las especificaciones de control, se ha definido las respectivas corridas (runs), hasta obtener los resultados.

3.3.2.3 Resultados de modelo hidrológico para TR=100 años

Una vez calibrado el modelo hidrológico se especificó el período de retorno, para generar los caudales de máximas avenidas.

Los resultados generados por el modelo hidrológico se muestran en forma detallada en el Cuadro N° 3.6, en el que se podrá verificar cada uno de los elementos del sistema con el esquema mostrado en la Figura N° 3.3, para este caso el caudal máximo de diseño es de 7.67 m³/s.

Cuadro N° 3.6. Caudal Máximo de Diseño Para un Período de Retorno de 100 Años

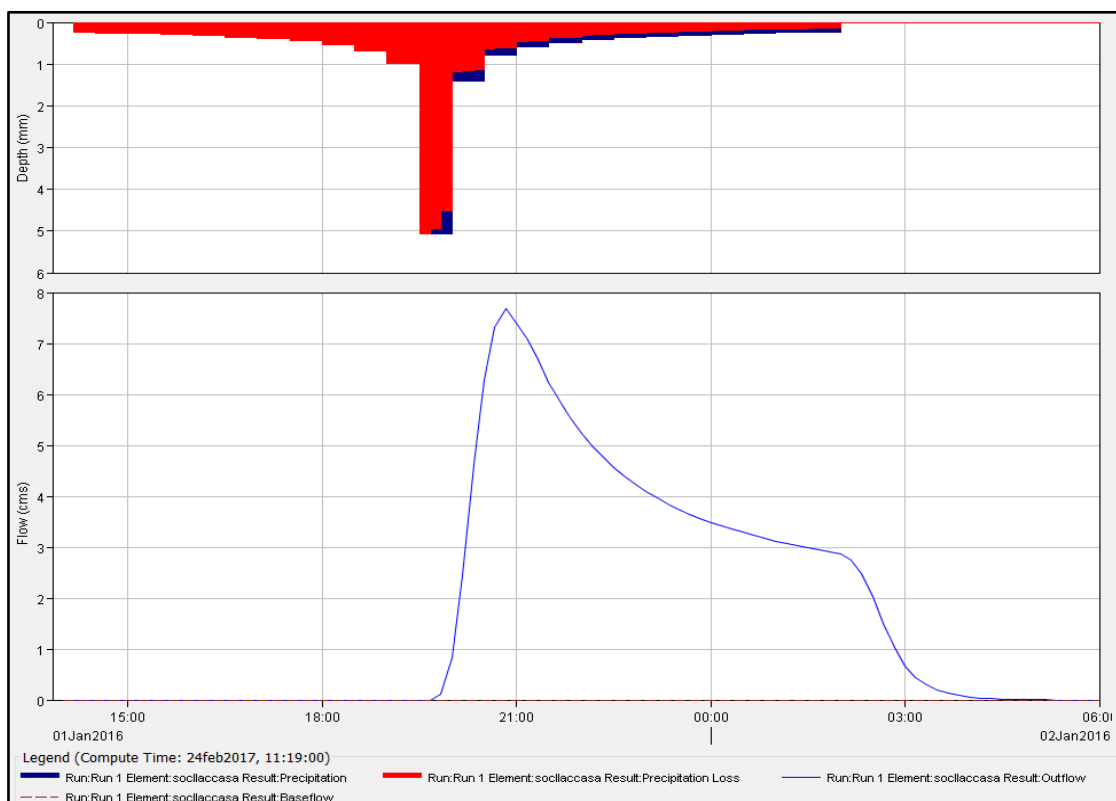
Project: Marcahuasi Simulation Run: Run 1				
Start of Run: 01ene2016, 14:00		Basin Model: Quebrada Marcahuasi		
End of Run: 02ene2016, 06:00		Meteorologic Model: Met 1		
Compute Time:24feb2017, 11:19:00		Control Specifications:Control 1		
Show Elements:	Initial Selection	Volume Units:	<input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3	Sorting: Hydrologic
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
salida	20.01	7.6752	01ene2016, 20:50	5.15

En el Cuadro N° 3.7 se muestra los valores de la evolución horaria de caudales producto de la tormenta de diseño modelado con el HEC-HMS.

Cuadro N° 3.7. Evolución del Caudal Máximo Para un Período de Retorno de 100 Años

Date	Time	Inflow fro... (M3/S)	Outflow (M3/S)
01ene2016	20:00	0.8350	0.8350
01ene2016	20:10	2.4458	2.4458
01ene2016	20:20	4.6133	4.6133
01ene2016	20:30	6.2844	6.2844
01ene2016	20:40	7.3160	7.3160
01ene2016	20:50	7.6752	7.6752
01ene2016	21:00	7.4072	7.4072
01ene2016	21:10	7.0765	7.0765
01ene2016	21:20	6.6781	6.6781
01ene2016	21:30	6.2281	6.2281
01ene2016	21:40	5.8667	5.8667
01ene2016	21:50	5.5374	5.5374
01ene2016	22:00	5.2321	5.2321
01ene2016	22:10	4.9851	4.9851
01ene2016	22:20	4.7653	4.7653
01ene2016	22:30	4.5614	4.5614
01ene2016	22:40	4.3927	4.3927
01ene2016	22:50	4.2388	4.2388
01ene2016	23:00	4.0898	4.0898
01ene2016	23:10	3.9618	3.9618
01ene2016	23:20	3.8480	3.8480
01ene2016	23:30	3.7391	3.7391
01ene2016	23:40	3.6473	3.6473
01ene2016	23:50	3.5643	3.5643
02ene2016	00:00	3.4848	3.4848
02ene2016	00:10	3.4171	3.4171
02ene2016	00:20	3.3533	3.3533
02ene2016	00:30	3.2889	3.2889
02ene2016	00:40	3.2318	3.2318

Gráfico N° 3.4. Hidrograma del Caudal Máximo para un Período de Retorno de 100 Años



3.3.3 Modelo hidrológico Hec HMS para la unidad hidrográfica de la Quebrada Colcaqui.

3.3.3.1 Área de influencia

Figura N° 3.4. Área de Influencia de la unidad hidrográfica de la quebrada Colcaqui



3.3.3.2 Especificaciones de control

Como se observa en la siguiente figura, las especificaciones de control consisten en definir el día y hora de inicio y final de la simulación, así como el intervalo de tiempo de simulación.

Cuadro N° 3.8. Especificaciones de Control

Control Specifications	
Name:	Control 1
Description:	
*Start Date (ddMMYYYY)	01ene2016
*Start Time (HH:mm)	14:00
*End Date (ddMMYYYY)	02ene2016
*End Time (HH:mm)	06:00
Time Interval:	10 Minutes

Con la combinación del modelo de cuenca, el modelo meteorológico y las especificaciones de control, se ha definido las respectivas corridas (runs), hasta obtener los resultados.

3.3.3.3 Resultados de modelo hidrológico para TR=100 años

Una vez calibrado el modelo hidrológico se especificó el período de retorno, para generar los caudales de máximas avenidas.

Los resultados generados por el modelo hidrológico se muestran en forma detallada en el Cuadro N° 3.9, en el que se podrá verificar cada uno de los elementos del sistema con el esquema mostrado en la Figura N° 3.4, para este caso el caudal máximo de diseño es de 11.95 m³/s.

Cuadro N° 3.9. Caudal Máximo de Diseño Para un Período de Retorno de 100 Años

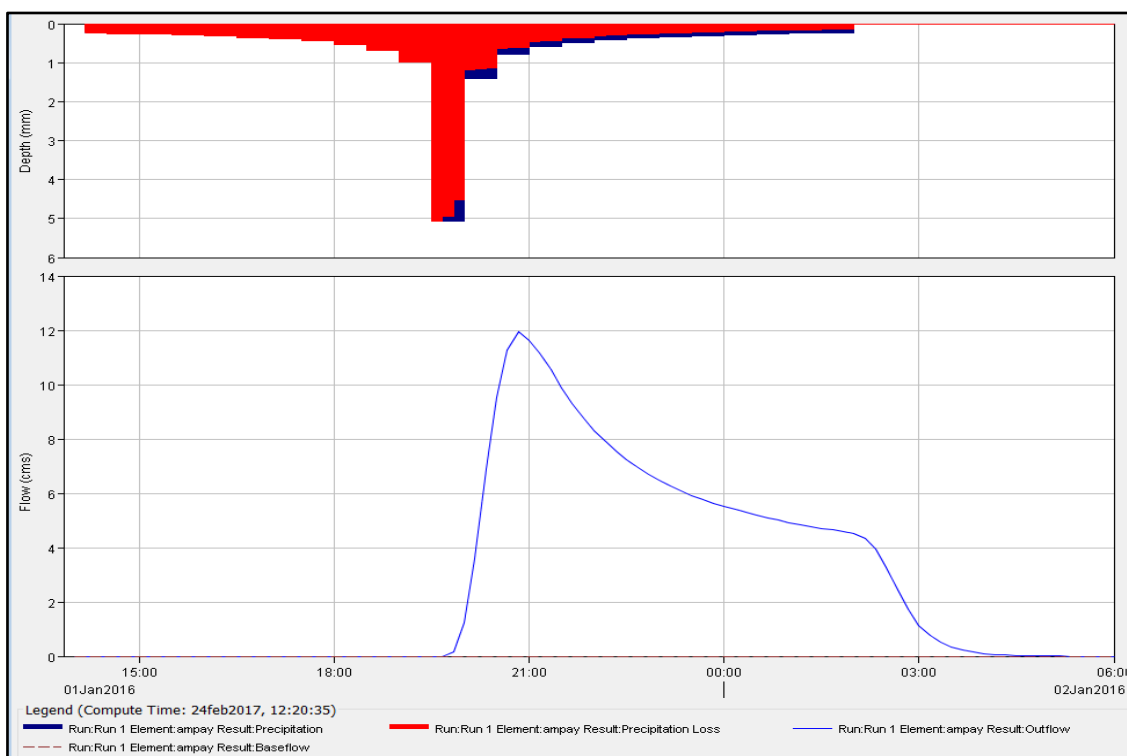
Project: Quebrada Colcaque		Simulation Run: Run 1		
Start of Run:	01ene2016, 14:00	Basin Model:	colcaque	
End of Run:	02ene2016, 06:00	Meteorologic Model:	Met 1	
Compute Time:	24feb2017, 12:20:35	Control Specifications:	Control 1	
Show Elements:	Initial Selection	Volume Units:	<input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3	Sorting: Hydrologic
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
salida	31.5	11.9587	01ene2016, 20:50	5.15

En el Cuadro N° 3.10 se muestra los valores de la evolución horaria de caudales producto de la tormenta de diseño modelado con el HEC-HMS.

Cuadro N° 3.10. Evolución del Caudal Máximo Para un Período de Retorno de 100 Años

Date	Time	Inflow fro... (M3/S)	Outflow (M3/S)
01ene2016	20:00	1.2218	1.2218
01ene2016	20:10	3.5861	3.5861
01ene2016	20:20	6.8841	6.8841
01ene2016	20:30	9.5340	9.5340
01ene2016	20:40	11.2509	11.2509
01ene2016	20:50	11.9587	11.9587
01ene2016	21:00	11.6236	11.6236
01ene2016	21:10	11.1488	11.1488
01ene2016	21:20	10.5581	10.5581
01ene2016	21:30	9.8642	9.8642
01ene2016	21:40	9.2986	9.2986
01ene2016	21:50	8.7826	8.7826
01ene2016	22:00	8.2975	8.2975
01ene2016	22:10	7.9035	7.9035
01ene2016	22:20	7.5544	7.5544
01ene2016	22:30	7.2273	7.2273
01ene2016	22:40	6.9567	6.9567
01ene2016	22:50	6.7127	6.7127
01ene2016	23:00	6.4767	6.4767
01ene2016	23:10	6.2729	6.2729
01ene2016	23:20	6.0874	6.0874
01ene2016	23:30	5.9134	5.9134
01ene2016	23:40	5.7656	5.7656
01ene2016	23:50	5.6322	5.6322
02ene2016	00:00	5.5051	5.5051
02ene2016	00:10	5.3964	5.3964
02ene2016	00:20	5.2947	5.2947
02ene2016	00:30	5.1925	5.1925
02ene2016	00:40	5.1014	5.1014

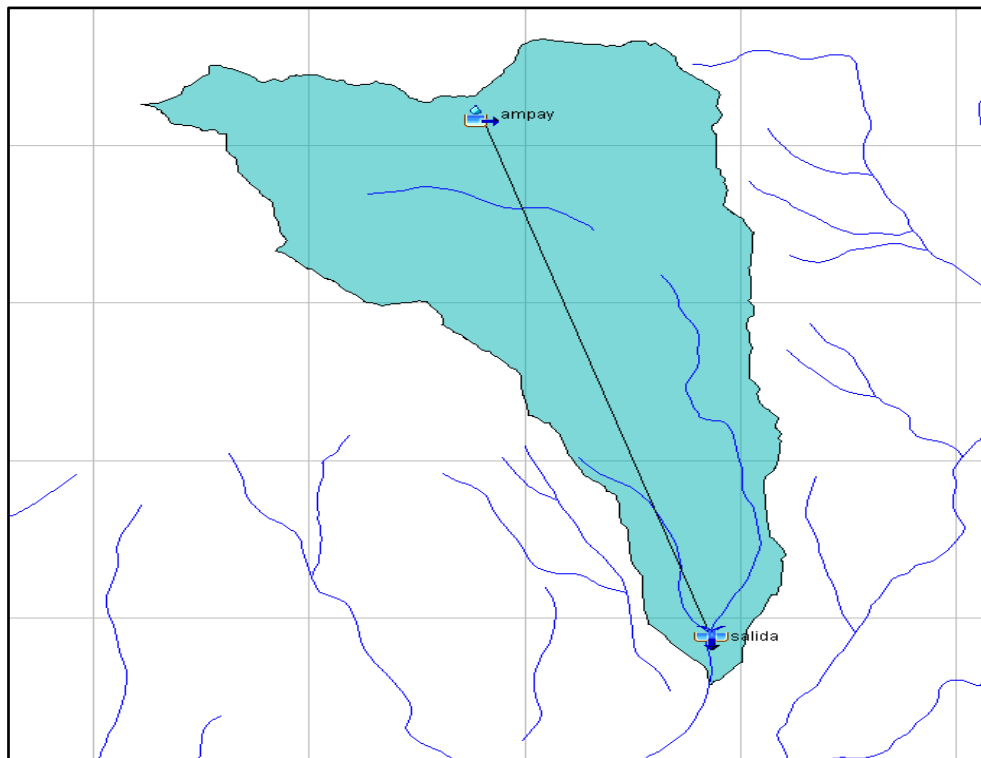
Gráfico N° 3.5. Hidrograma del Caudal Máximo para un Período de Retorno de 100 Años



3.3.4 Modelo hidrológico Hec HMS para la unidad hidrográfica de la Quebrada Sahuanay.

3.3.4.1 Área de influencia

Figura N° 3.5. Área de Influencia de la unidad hidrográfica de la quebrada Sahuanay



3.3.4.2 Especificaciones de control

Como se observa en la siguiente figura, las especificaciones de control consisten en definir el día y hora de inicio y final de la simulación, así como el intervalo de tiempo de simulación.

Cuadro N° 3.11. Especificaciones de Control

Control Specifications	
Name:	Control 1
Description:	
*Start Date (ddMMYYYY)	01ene2016
*Start Time (HH:mm)	14:00
*End Date (ddMMYYYY)	02ene2016
*End Time (HH:mm)	06:00
Time Interval:	10 Minutes

Con la combinación del modelo de cuenca, el modelo meteorológico y las especificaciones de control, se ha definido las respectivas corridas (runs), hasta obtener los resultados.

3.3.4.3 Resultados de modelo hidrológico para TR=100 años

Una vez calibrado el modelo hidrológico se especificó el período de retorno, para generar los caudales de máximas avenidas.

Los resultados generados por el modelo hidrológico se muestran en forma detallada en el Cuadro N° 3.12, en el que se podrá verificar cada uno de los elementos del sistema con el esquema mostrado en la Figura N° 3.5, para este caso el caudal máximo de diseño es de 8.81 m³/s.

Cuadro N° 3.12. Caudal Máximo de Diseño Para un Período de Retorno de 100 Años

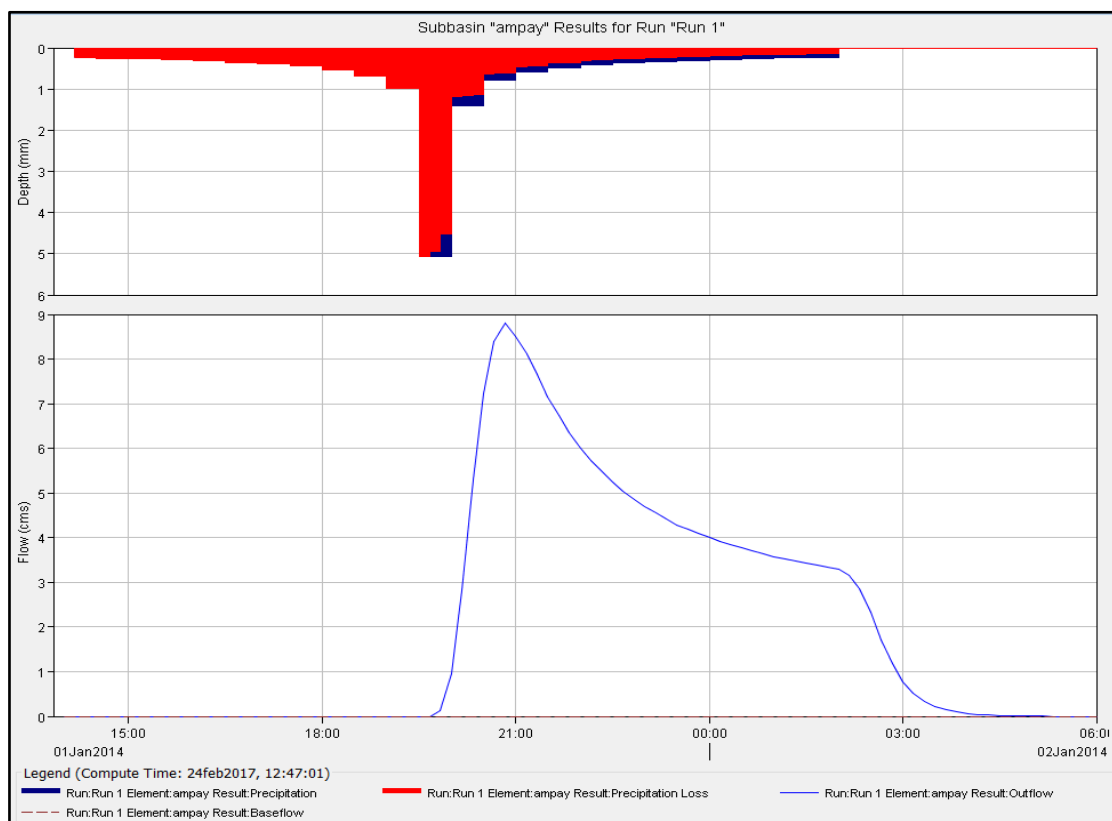
Project: sahanay Simulation Run: Run 1				
Start of Run: 01ene2014, 14:00		Basin Model: quebrada sahanay		
End of Run: 02ene2014, 06:00		Meteorologic Model: Met 1		
Compute Time: 24feb2017, 12:47:01		Control Specifications: Control 1		
Show Elements: <input type="text" value="Initial Selection"/>		Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3		Sorting: Hydrologic
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
salida	22.97	8.8106	01ene2014, 20:50	5.15

En el Cuadro N° 3.13 se muestra los valores de la evolución horaria de caudales producto de la tormenta de diseño modelado con el HEC-HMS.

Cuadro N° 3.13. Evolución del Caudal Máximo Para un Período de Retorno de 100 Años

Date	Time	Inflow fro... (M3/S)	Outflow (M3/S)
01ene2014	20:00	0.9585	0.9585
01ene2014	20:10	2.8076	2.8076
01ene2014	20:20	5.2958	5.2958
01ene2014	20:30	7.2140	7.2140
01ene2014	20:40	8.3982	8.3982
01ene2014	20:50	8.8106	8.8106
01ene2014	21:00	8.5029	8.5029
01ene2014	21:10	8.1233	8.1233
01ene2014	21:20	7.6660	7.6660
01ene2014	21:30	7.1494	7.1494
01ene2014	21:40	6.7345	6.7345
01ene2014	21:50	6.3565	6.3565
01ene2014	22:00	6.0060	6.0060
01ene2014	22:10	5.7225	5.7225
01ene2014	22:20	5.4702	5.4702
01ene2014	22:30	5.2361	5.2361
01ene2014	22:40	5.0425	5.0425
01ene2014	22:50	4.8659	4.8659
01ene2014	23:00	4.6948	4.6948
01ene2014	23:10	4.5478	4.5478
01ene2014	23:20	4.4172	4.4172
01ene2014	23:30	4.2922	4.2922
01ene2014	23:40	4.1869	4.1869
01ene2014	23:50	4.0916	4.0916
02ene2014	00:00	4.0003	4.0003
02ene2014	00:10	3.9226	3.9226
02ene2014	00:20	3.8493	3.8493
02ene2014	00:30	3.7755	3.7755
02ene2014	00:40	3.7098	3.7098

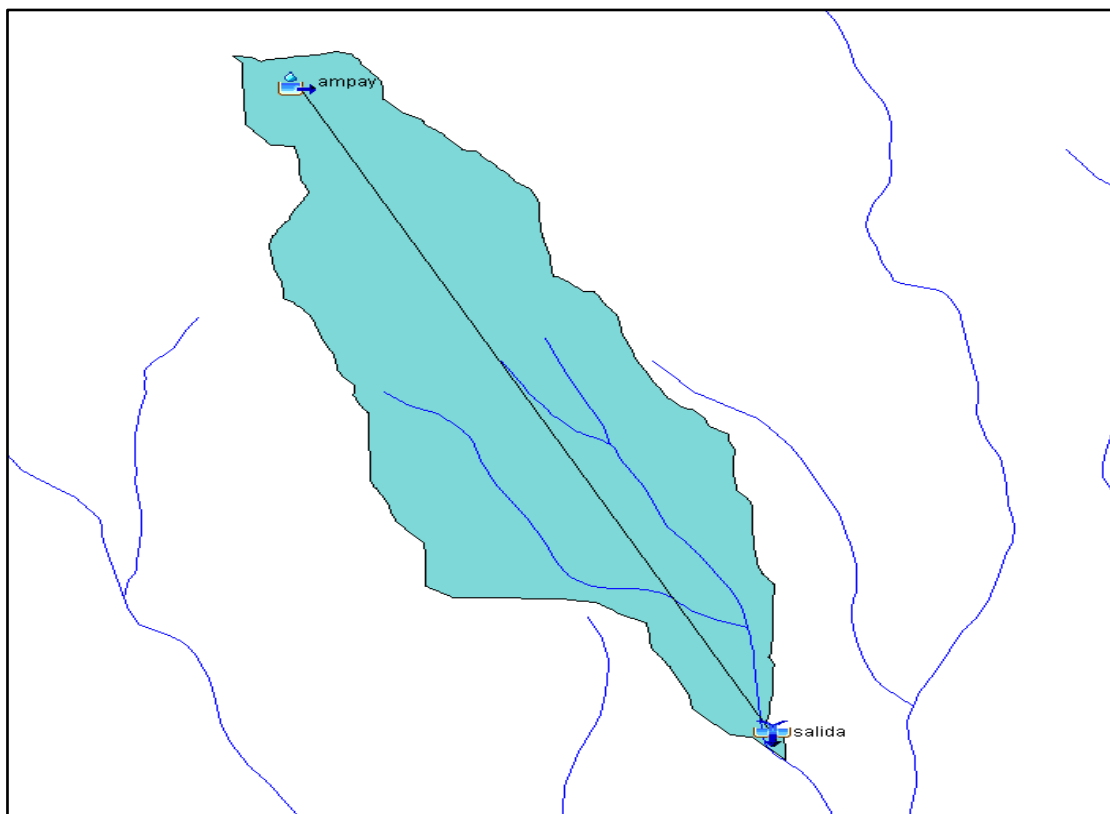
Gráfico N° 3.6. Hidrograma del Caudal Máximo para un Período de Retorno de 100 Años



3.3.5 Modelo hidrológico Hec HMS para la unidad hidrográfica de la Quebrada Ullpuhuaycco.

3.3.5.1 Área de influencia

Figura N° 3.6. Área de Influencia de la unidad hidrográfica de la quebrada Ullpuhuaycco



3.3.5.2 Especificaciones de control

Como se observa en la siguiente figura, las especificaciones de control consisten en definir el día y hora de inicio y final de la simulación, así como el intervalo de tiempo de simulación.

Cuadro N° 3.14. Especificaciones de Control

Control Specifications	
Name:	Control 1
Description:	
*Start Date (ddMMYYYY)	01ene2016
*Start Time (HH:mm)	14:00
*End Date (ddMMYYYY)	02ene2016
*End Time (HH:mm)	06:00
Time Interval:	10 Minutes

Con la combinación del modelo de cuenca, el modelo meteorológico y las especificaciones de control, se ha definido las respectivas corridas (runs), hasta obtener los resultados.

3.3.5.3 Resultados de modelo hidrológico para TR=100 años

Una vez calibrado el modelo hidrológico se especificó el período de retorno, para generar los caudales de máximas avenidas.

Los resultados generados por el modelo hidrológico se muestran en forma detallada en el Cuadro N° 3.15, en el que se podrá verificar cada uno de los elementos del sistema con el esquema mostrado en la Figura N° 3.6, para este caso el caudal máximo de diseño es de 3.20 m³/s.

Cuadro N° 3.15. Caudal Máximo de Diseño Para un Período de Retorno de 100 Años

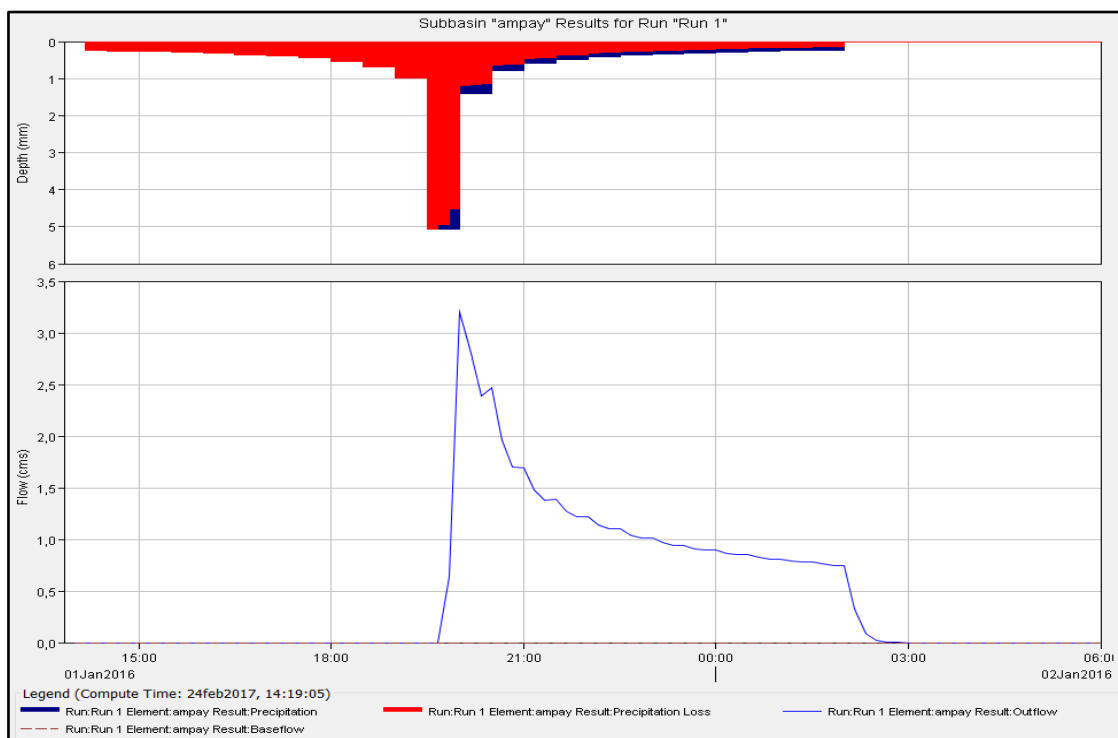
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
salida	5.46	3.2005	01ene2016, 20:00	5.15

En el Cuadro N° 3.16 se muestra los valores de la evolución horaria de caudales producto de la tormenta de diseño modelado con el HEC-HMS.

Cuadro N° 3.16. Evolución del Caudal Máximo Para un Período de Retorno de 100 Años

Date	Time	Inflow fro... (M3/S)	Outflow (M3/S)
01ene2016	19:00	0.0000	0.0000
01ene2016	19:10	0.0000	0.0000
01ene2016	19:20	0.0000	0.0000
01ene2016	19:30	0.0000	0.0000
01ene2016	19:40	0.0000	0.0000
01ene2016	19:50	0.6372	0.6372
01ene2016	20:00	3.2005	3.2005
01ene2016	20:10	2.8434	2.8434
01ene2016	20:20	2.3920	2.3920
01ene2016	20:30	2.4663	2.4663
01ene2016	20:40	1.9623	1.9623
01ene2016	20:50	1.7011	1.7011
01ene2016	21:00	1.6915	1.6915
01ene2016	21:10	1.4811	1.4811
01ene2016	21:20	1.3825	1.3825
01ene2016	21:30	1.3873	1.3873
01ene2016	21:40	1.2688	1.2688
01ene2016	21:50	1.2146	1.2146
01ene2016	22:00	1.2200	1.2200
01ene2016	22:10	1.1366	1.1366
01ene2016	22:20	1.0986	1.0986
01ene2016	22:30	1.1025	1.1025
01ene2016	22:40	1.0393	1.0393
01ene2016	22:50	1.0105	1.0105
01ene2016	23:00	1.0134	1.0134
01ene2016	23:10	0.9651	0.9651
01ene2016	23:20	0.9433	0.9433
01ene2016	23:30	0.9459	0.9459
01ene2016	23:40	0.9101	0.9101

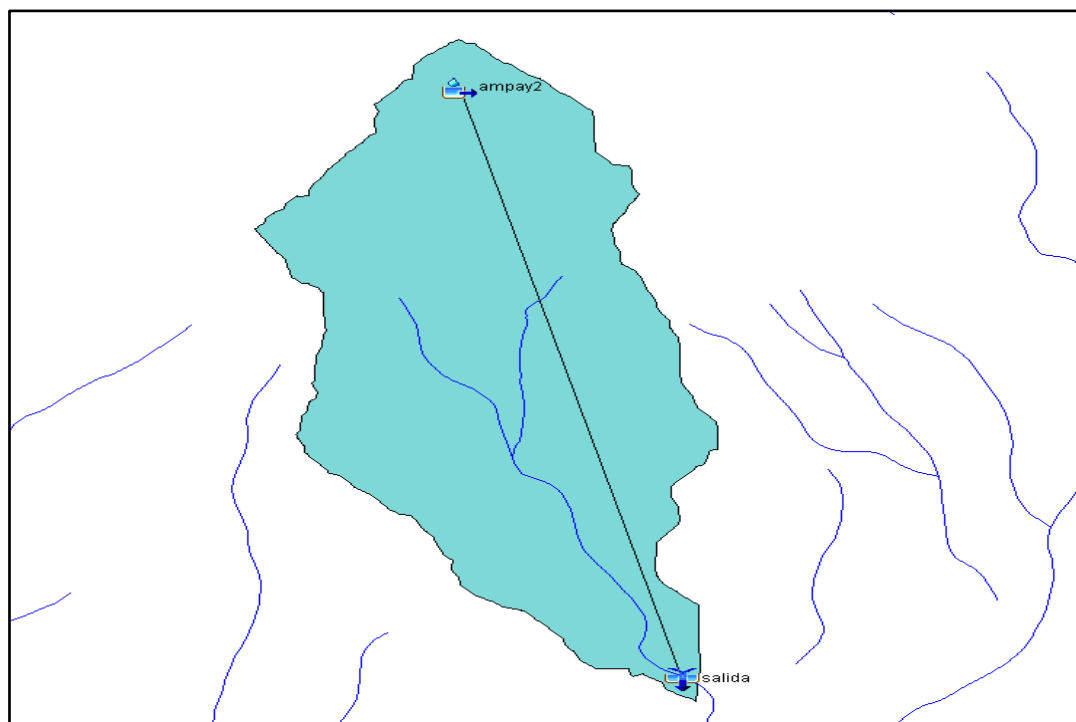
Gráfico N° 3.7. Hidrograma del Caudal Máximo para un Período de Retorno de 100 Años



3.3.6 Modelo hidrológico Hec HMS para la unidad hidrográfica de la Quebrada Ñacchero.

3.3.6.1 Área de influencia

Figura N° 3.7. Área de Influencia de la unidad hidrográfica de la quebrada Ñacchero



3.3.6.2 Especificaciones de control

Como se observa en la siguiente figura, las especificaciones de control consisten en definir el día y hora de inicio y final de la simulación, así como el intervalo de tiempo de simulación.

Cuadro N° 3.17. Especificaciones de Control

Control Specifications	
Name:	Control 1
Description:	<input type="text"/>
*Start Date (ddMMYYYY)	01ene2016
*Start Time (HH:mm)	14:00
*End Date (ddMMYYYY)	02ene2016
*End Time (HH:mm)	06:00
Time Interval:	10 Minutes

Con la combinación del modelo de cuenca, el modelo meteorológico y las especificaciones de control, se ha definido las respectivas corridas (runs), hasta obtener los resultados.

3.3.6.3 Resultados de modelo hidrológico para TR=100 años

Una vez calibrado el modelo hidrológico se especificó el período de retorno, para generar los caudales de máximas avenidas.

Los resultados generados por el modelo hidrológico se muestran en forma detallada en el Cuadro N° 3.18, en el que se podrá verificar cada uno de los elementos del sistema con el esquema mostrado en la Figura N° 3.7, para este caso el caudal máximo de diseño es de 3.20 m³/s.

Cuadro N° 3.18. Caudal Máximo de Diseño Para un Período de Retorno de 100 Años

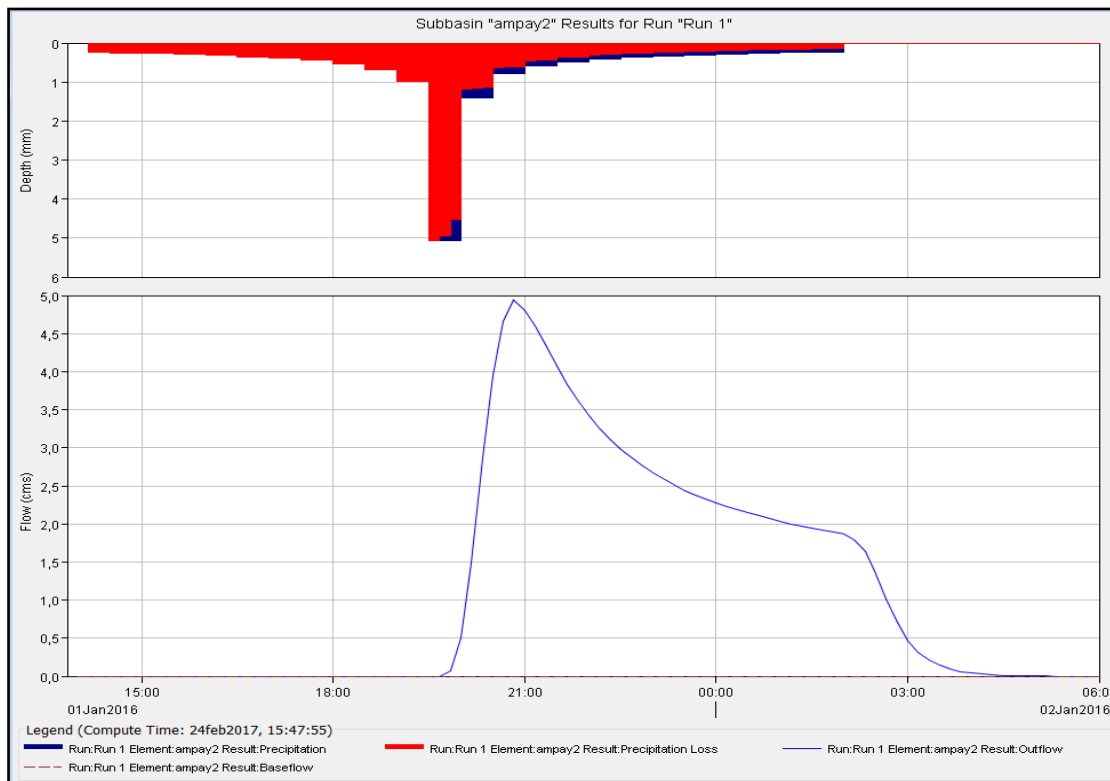
Project: ñacchero Simulation Run: Run 1				
Start of Run: 01ene2016, 14:00		Basin Model: quebrada ñacchero		
End of Run: 02ene2016, 06:00		Meteorologic Model: Met 1		
Compute Time:24feb2017, 15:47:55		Control Specifications:Control 1		
Show Elements:	Initial Selection	Volume Units:	<input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3	Sorting: Hydrologic
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
salida	13.01	4.9443	01ene2016, 20:50	5.15

En el Cuadro N° 3.19 se muestra los valores de la evolución horaria de caudales producto de la tormenta de diseño modelado con el HEC-HMS.

Cuadro N° 3.19. Evolución del Caudal Máximo Para un Período de Retorno de 100 Años

Date	Time	Inflow fro... (M3/S)	Outflow (M3/S)
01ene2016	20:00	0.5080	0.5080
01ene2016	20:10	1.4907	1.4907
01ene2016	20:20	2.8572	2.8572
01ene2016	20:30	3.9510	3.9510
01ene2016	20:40	4.6569	4.6569
01ene2016	20:50	4.9443	4.9443
01ene2016	21:00	4.8020	4.8020
01ene2016	21:10	4.6044	4.6044
01ene2016	21:20	4.3592	4.3592
01ene2016	21:30	4.0717	4.0717
01ene2016	21:40	3.8382	3.8382
01ene2016	21:50	3.6249	3.6249
01ene2016	22:00	3.4247	3.4247
01ene2016	22:10	3.2622	3.2622
01ene2016	22:20	3.1181	3.1181
01ene2016	22:30	2.9832	2.9832
01ene2016	22:40	2.8717	2.8717
01ene2016	22:50	2.7710	2.7710
01ene2016	23:00	2.6735	2.6735
01ene2016	23:10	2.5894	2.5894
01ene2016	23:20	2.5131	2.5131
01ene2016	23:30	2.4413	2.4413
01ene2016	23:40	2.3804	2.3804
01ene2016	23:50	2.3254	2.3254
02ene2016	00:00	2.2730	2.2730
02ene2016	00:10	2.2282	2.2282
02ene2016	00:20	2.1862	2.1862
02ene2016	00:30	2.1440	2.1440
02ene2016	00:40	2.1064	2.1064

Gráfico N° 3.8. Hidrograma del Caudal Máximo para un Período de Retorno de 100 Años



4. SIMULACIÓN HIDRÁULICA

4.1 GENERALIDADES

En hidráulica, la modelación se usa para la simulación de situaciones reales que se producen en el prototipo y cuyo comportamiento se desea conocer; puesto que modelo y prototipo están ligados el uno con el otro, las observaciones y estudio del modelo constituyen la información necesaria para comprender la naturaleza del prototipo, debiendo para ello, estar ambos relacionados.

Los modelos hidráulicos, se usan para la solución de problemas relacionados con las estructuras hidráulicas, desbordamiento de ríos y recientemente con el transporte de sedimentos así mismo los modelos estructurales son usados para resolver problemas hidráulicos en conexión con una variedad de estructuras hidráulicas o ciertas partes de ellas como por ejemplo determinar la capacidad hidráulica, reducir las pérdidas de carga en entradas a canales o tuberías o en secciones de transición; desarrollar métodos eficaces de disipación de energía en la corriente, al pie de las presas de sobreflujo o en el extremo de salida de las atarjeas, reduciendo de ese modo la erosión del lecho de los cauces de ríos; determinar coeficientes de descarga para presas de sobreflujo; desarrollar el mejor diseño de vertederos de presas, de sifones y pozos y de estructuras de salida de los embalses.

Las inundaciones y/o desbordamiento de ríos son un episodio natural en la dinámica fluvial, que se expresa morfológicamente para los ríos en la planicie de inundación o lecho mayor. Cuanto mayor es la cuenca aguas arriba de una localidad determinada, mayor es el caudal máximo de una crecida y consecuentemente mayores las posibilidades de recurrir a evacuaciones, produciendo las inundaciones daños, fundamentalmente económicos.

En este sentido, el modelamiento hidráulico realizado en la unidades hidrográficas de las quebradas Puruchaca, Marcahuasi, Colcaqui, Sahuanay, Ullpuhuaycco y Ñacchero afluentes del río Mariño, tiene como finalidad delimitar la faja marginal del sector urbano de la ciudad de Abancay; cuyo objetivo es resguardar el espacio público hidráulico de libre tránsito y así mismo, prevenir los desbordamientos de las quebradas antes mencionada.

4.2 METODOLOGÍA

Es importante destacar que la modelación hidráulica al lograr representar el flujo (bidimensional) de un río o a través de una topografía con mayor fidelidad y detalle que un simple cálculo teórico, aumenta la confiabilidad de las estructuras proyectadas. Esto significa que los diseños se ajustan más a las solicitaciones reales del flujo, lo cual tiene un importante impacto económico. Por un lado se disminuye el riesgo de diseñar una obra poco resistente que colapse fácilmente con las consecuentes pérdidas económicas o lo que es peor, en vidas humanas; mientras que por otro lado también se reduce la posibilidad de un diseño sobredimensionado que requiera de inversiones innecesarias. En otras palabras la modelación hidráulica constituye una importante herramienta de optimización para el diseño de obras hidráulicas y la delimitación de fajas marginales.

4.2.1 Modelamiento hidráulico con IBER

Para el presente estudio, y por las razones que se expondrán a continuación, se ha decidido emplear el modelo IBER versión 2.4.2.

Al respecto, se debe indicar que IBER es un modelo matemático bidimensional para la simulación de flujos en ríos y estuarios, promovido por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX en el marco de un Convenio de Colaboración suscrito entre el CEDEX y la Dirección General del Agua, y desarrollado en colaboración con el Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente (GEAMA, perteneciente a la Universidad de Coruña), el Grupo FLUMEN (de la Universidad Politécnica de Catalunya y de la Universidad de Barcelona) y el Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería (CIMNE, vinculado a la Universidad Politécnica de Catalunya).

El rango de aplicación de IBER abarca la hidrodinámica fluvial, la simulación de rotura de presas, la evaluación de zonas inundables, el cálculo de transporte de sedimentos y el flujo de marea en estuarios.

4.2.2 Sistematización de la información en IBER

Para poder realizar un cálculo con IBER, se debe contar y realizar los siguientes pasos

- Contar con una información topográfica hidráulica.
- Crear o importar la geometría de la topografía.
- Asignar una serie de parámetros de entrada como rugosidad del fondo, modelo de turbulencia, etc.
- Asignar condiciones de contorno inicial.
- Asignar opciones generales de cálculo como tiempo, parámetros de esquema numérico y activación de módulos adicionales.
- Construir una malla de cálculo.
- Lanzar el cálculo.

Las condiciones de contorno e iniciales, así como la mayor parte de parámetros de entrada se pueden asignar tanto sobre la geometría como sobre la malla. Las condiciones asignadas sobre la malla se traspasan a la malla al crearla, las condiciones asignadas sobre la malla se pierden al remalla. Para generar una malla se debe tener una geometría formada por superficies.

4.2.3 Obtención de la topografía de partida

Se ha empleado la topografía realizada en campo en combinación con el modelo digital de elevaciones de la zona (DEM), cuya combinación fue realizada para darle mayor detalle al área de estudio a fin de obtener una correcta definición de la morfología del cauce.

No obstante, en este caso se ha trabajado directamente con el Modelo Digital de Elevaciones obtenido del ASTER GDEM. Las razones de esta decisión son fundamentalmente tres: en primer lugar, el cauce del río Totorá oropesa es relativamente pequeño y debido a su alto grado de

irregularidad, no presenta la variabilidad morfológica típica de los cauces en estado natural. En segundo lugar, el Modelo Digital de Elevaciones, ha dado mejor detalle a la topografía considerando mayor espacio para el análisis hidráulico. Por último, dado que el objeto del presente estudio hidráulico es el análisis de máximas avenidas y delimitar la faja marginal del sector urbano de Totorá Oropesa, se va a trabajar con caudales asociados a periodos de retorno relativamente altos (100 años).

Figura N° 4.1. Topografía del área en estudio

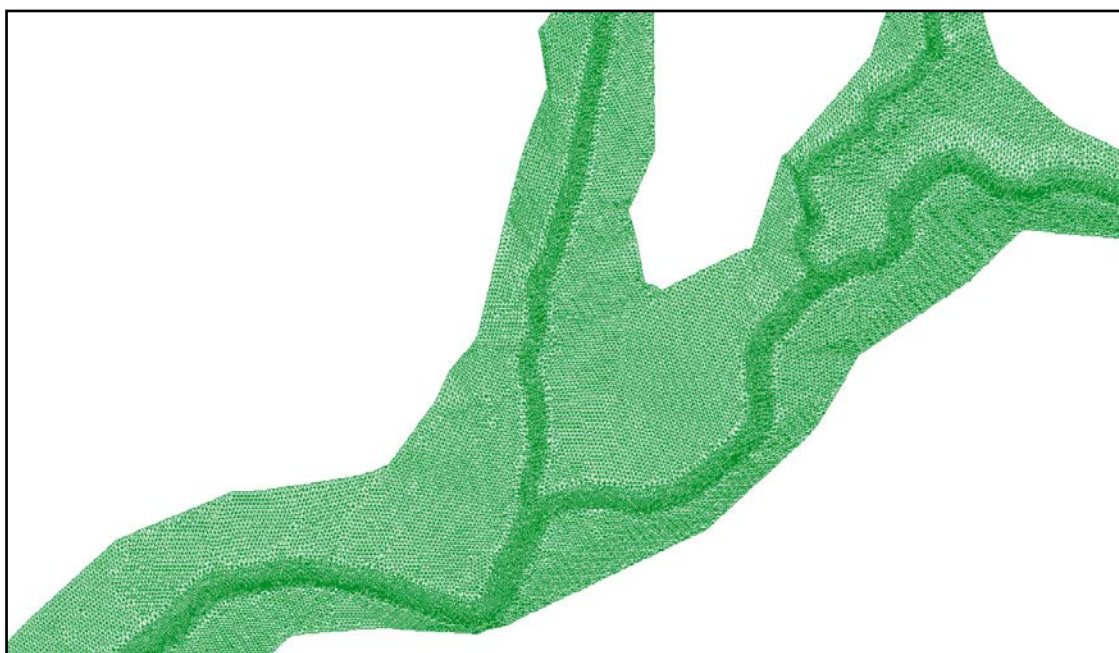


4.2.4 Generación de la malla de cálculo

La generación de la malla de cálculo con IBER se realizó a través de la herramienta "RTIN", capaz de crear e importar una geometría formada por una red de triángulos rectángulos a partir de un Modelo Digital del Terreno en formato ASCII de ArcInfo.

En este sentido, se fijó como límite una tolerancia máxima de importación de 0,15 m, acorde con la precisión altimétrica del DEM. Asimismo, se limitó el valor del lado máximo de los triángulos generados a 2.5 m.

Figura N° 4.2. Construcción de la malla en IBER



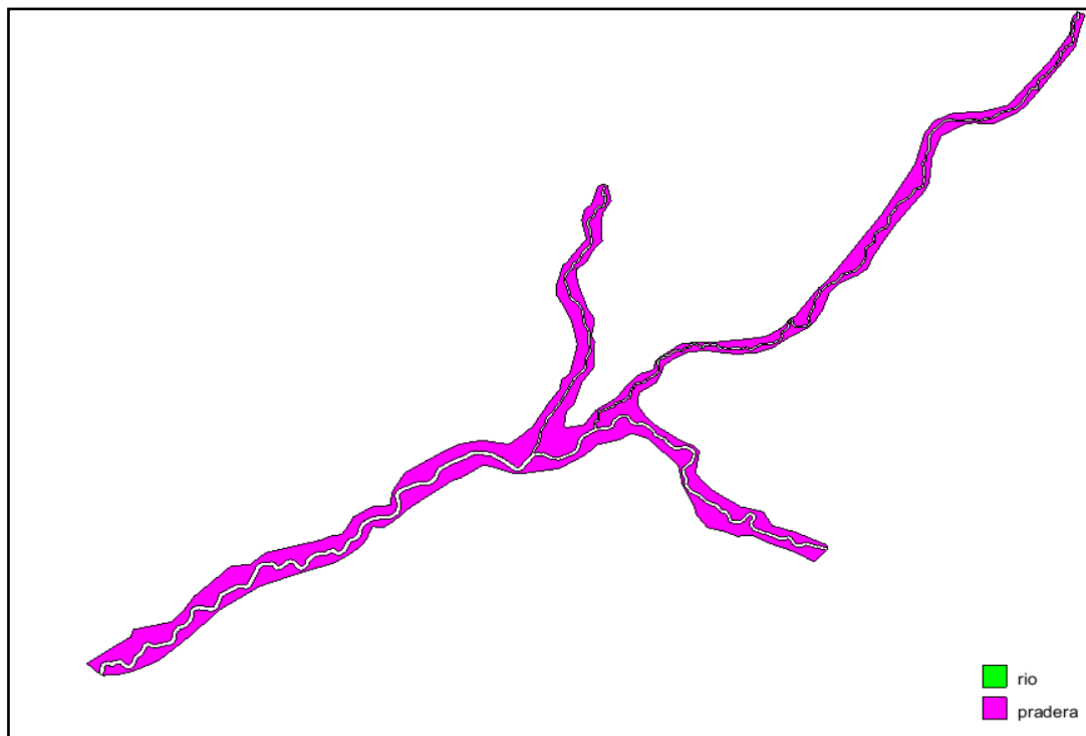
4.2.5 Asignación de coeficientes de Manning

Los coeficientes de Manning se asignaron en función de las distintas coberturas del suelo obtenidas a partir de la Información sobre Ocupación del Suelo; esta información fue obtenida a partir de imágenes satelitales.

Cuadro N° 4.1. Coeficientes de Manning

Usos de Suelo	Manning
Cauce	0.035
Regadio	0.050
Secano	0.045
Pastizal y Matorral	0.050
Infraestructura	0.020
Pradera	0.050
Improductivo	0.020

Figura N° 4.3. Asignación de coeficientes de Manning



4.2.6 Régimen permanente

Se han introducido el hidrograma de cálculo con crecimiento hasta obtener el caudal punta; obtenido en el estudio hidrológico previo, el que fue simulada un tiempo de retorno de 100 años, de igual forma se estableció un tiempo de simulación suficiente para que el caudal de salida sea igual al caudal de entrada.

Cuadro N° 4.2. Asignación de Condiciones de Contorno

Quebrada	Fase	Tiempo	Q (m ³ /s)
Puruchaca	Inicial	0.00	0.00
	Pico	1200.00	33.95
	Final	4600.00	0.00
Marcahuasi	Inicial	0.00	0.00
	Pico	1100.00	7.67
	Final	4200.00	0.00
Colcaqui	Inicial	0.00	0.00
	Pico	1200.00	11.95
	Final	4600.00	0.00
Sahuanay	Inicial	0.00	0.00
	Pico	1200.00	8.61
	Final	4600.00	0.00
Hullpuhuaycco	Inicial	0.00	0.00
	Pico	1200.00	3.20
	Final	4600.00	0.00
Ñacchero	Inicial	0.00	0.00
	Pico	1200.00	4.94
	Final	4600.00	0.00

4.2.7 Condición de contorno de salida

Se han asignado a los elementos del contorno de salida de la malla una condición tipo vertedero.

4.2.8 Condición inicial

Se ha especificado que todos los elementos de la malla estaban secos (calado nulo).

4.3 RESULTADOS DEL MODELO

De acuerdo a los resultados del modelamiento hidrológico, se realizó la simulación hidráulica para un tiempo de retorno de 100 años en las quebradas de Puruchaca, Marcahuasi, Colcaqui, Sahuanay – Chinchichaca, Ulpuhuacco y Ñacchero afluentes al río Mariño en una longitud total de 16.96 kilómetros correspondiente al sector urbano de la ciudad de Abancay.

En este sentido, sea procedido a realizar la ubicación y georreferenciación de los hitos de la faja marginal para las quebradas antes mencionada. Cabe precisar que la simulación hidráulica se realizó en función a las características del comportamiento topográfico Hidrológico e hidráulico.

Cuadro N° 4.3. Longitud de los tramos a delimitar en las diferentes quebradas

Nombre	Longitud (Km)
Puruchaca	1.545
Marcahuasi	3.461
Colcaqui	1.471
Ullpuhuaycco	2.798
Sahuanay	3.643
Ñacchero	1.136
Mariño	2.914
Total	16.967

Figura N° 4.4. Simulación hidráulica de las quebradas Puruchaca, Marcahuasi y Colcaqui

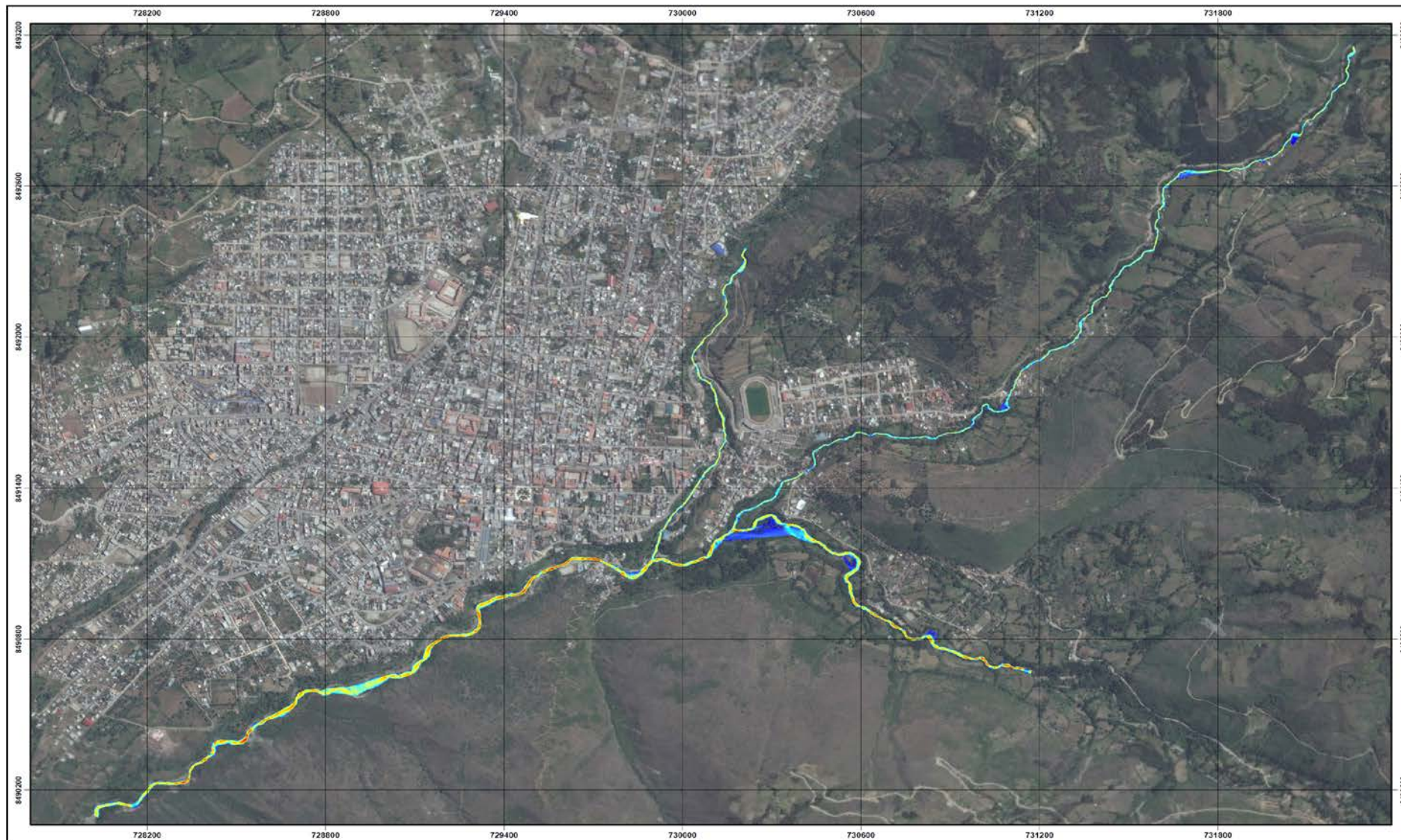


Figura N° 4.5. Simulación hidráulica de las quebradas Sahuanay - Chinchichaca y Ullpuhuaycco

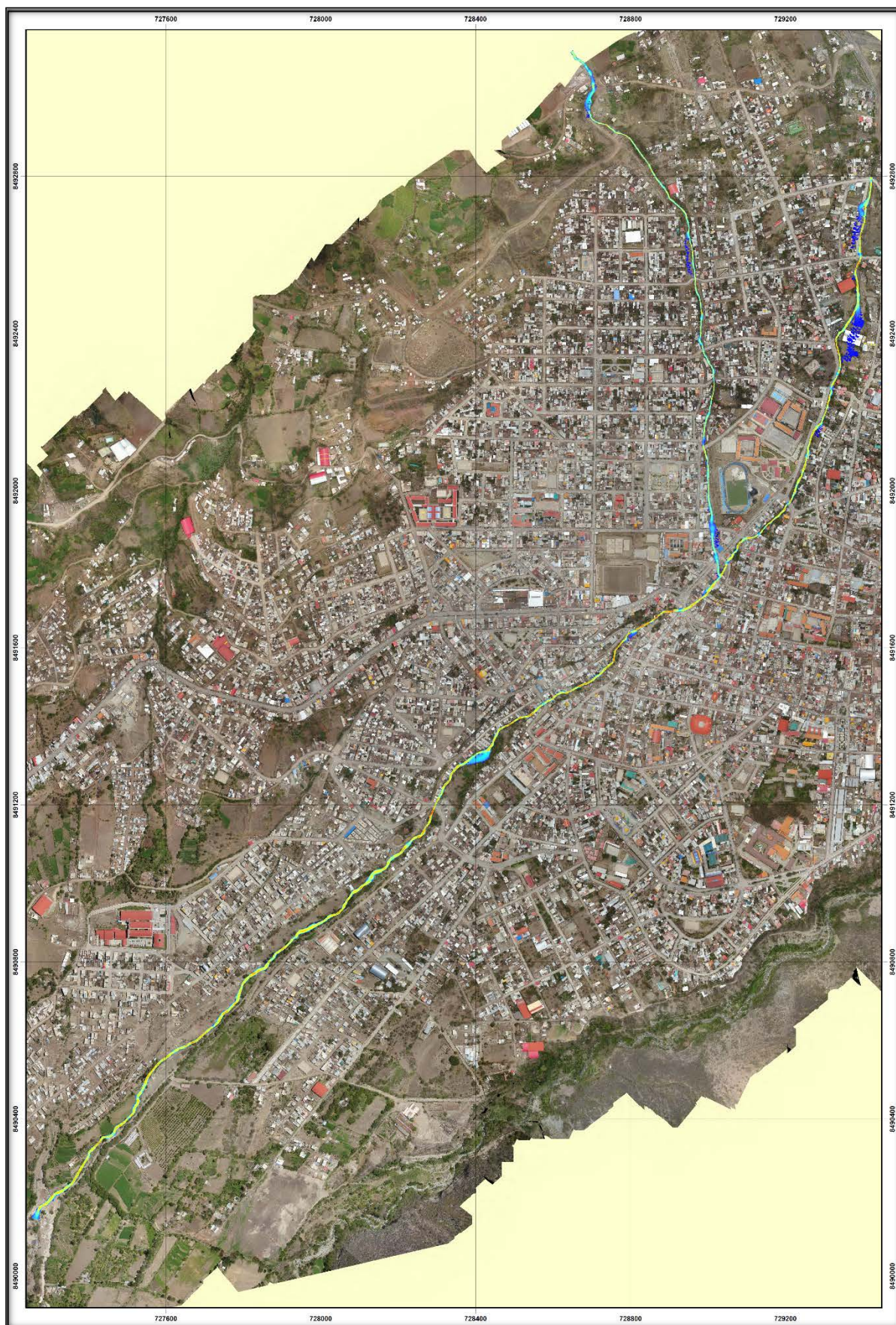


Figura N° 4.6. Simulación hidráulica de las quebradas Ñacchero

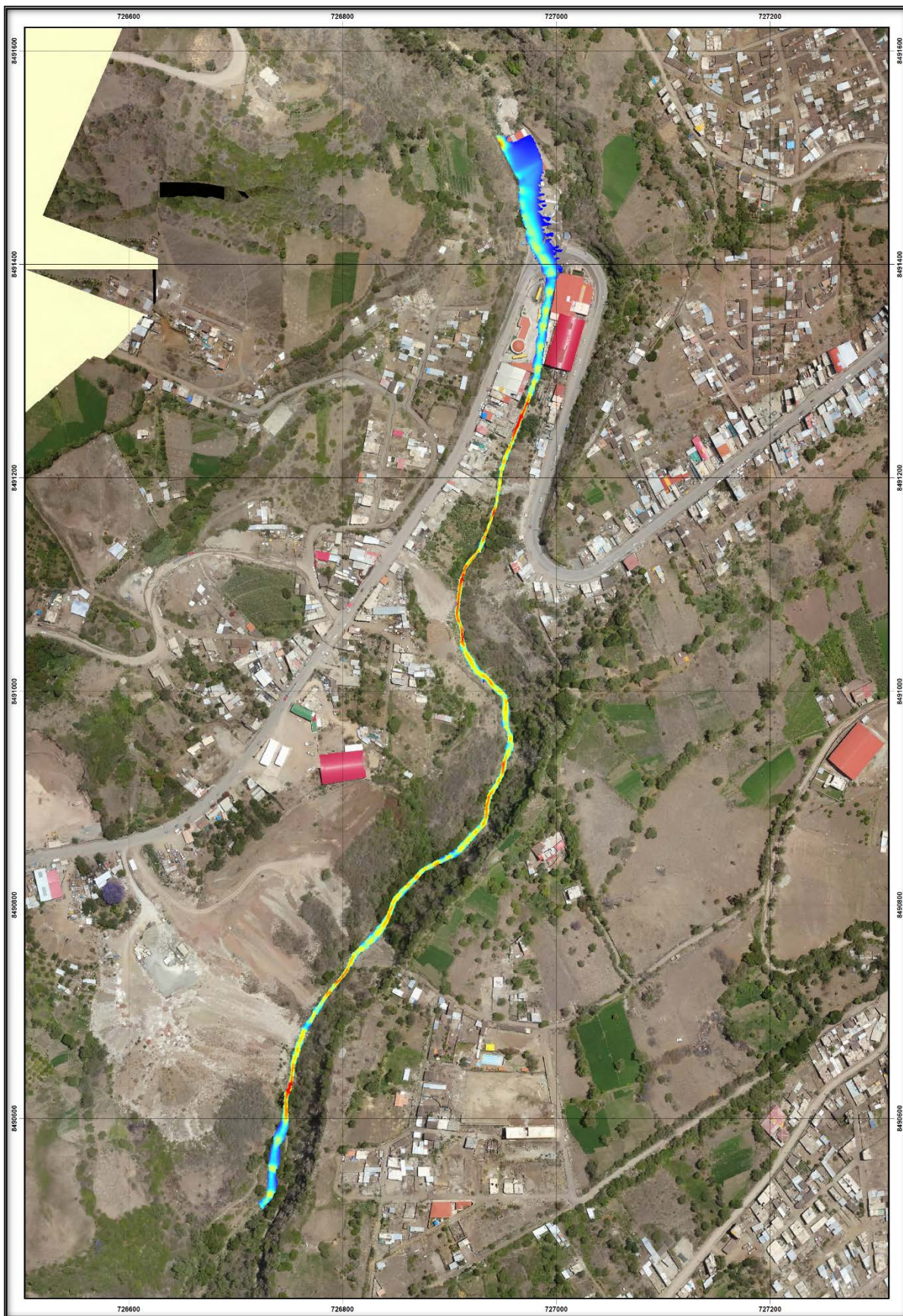


Gráfico N° 3.9. Perfil Longitudinal y transversal típico del cauce de la quebrada Puruchaca

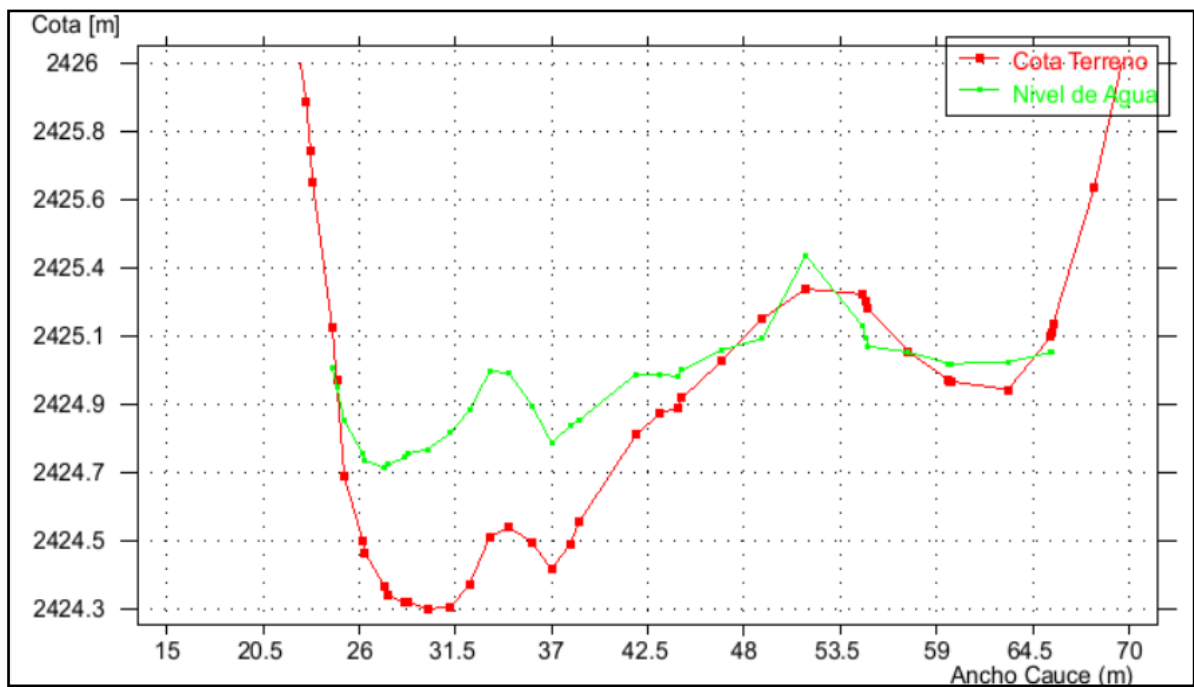
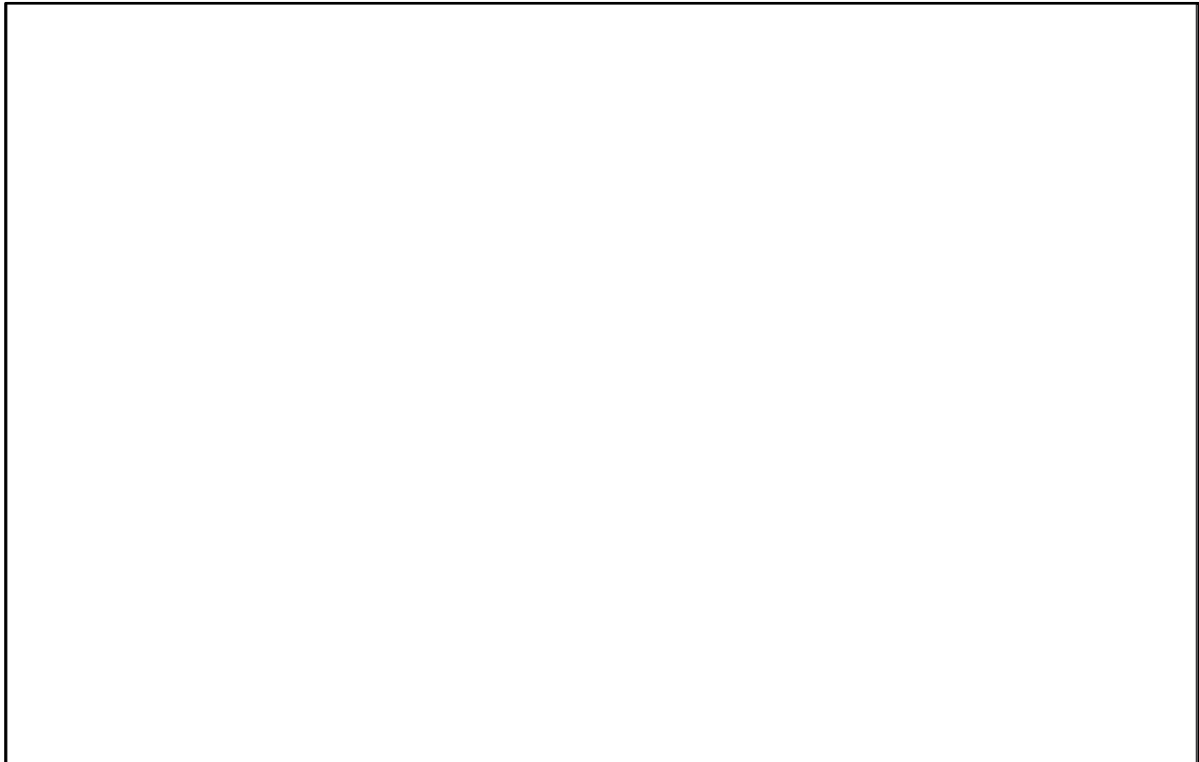


Gráfico N° 3.10. Perfil Longitudinal y transversal típico del cauce de la quebrada Marcahuasi

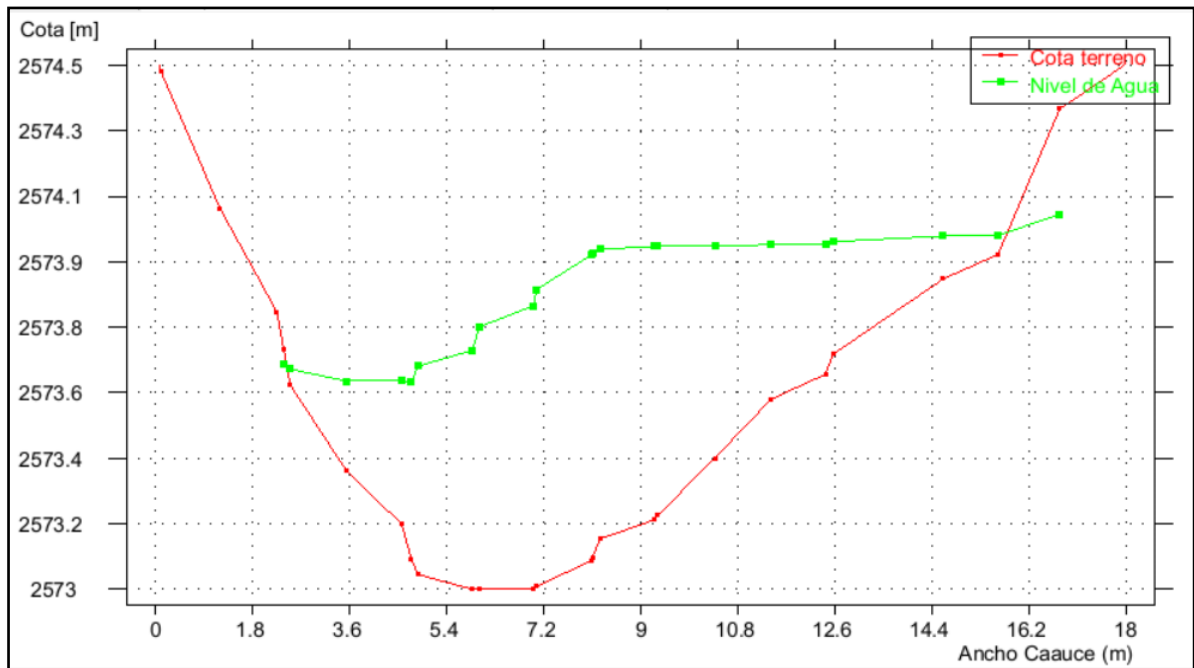
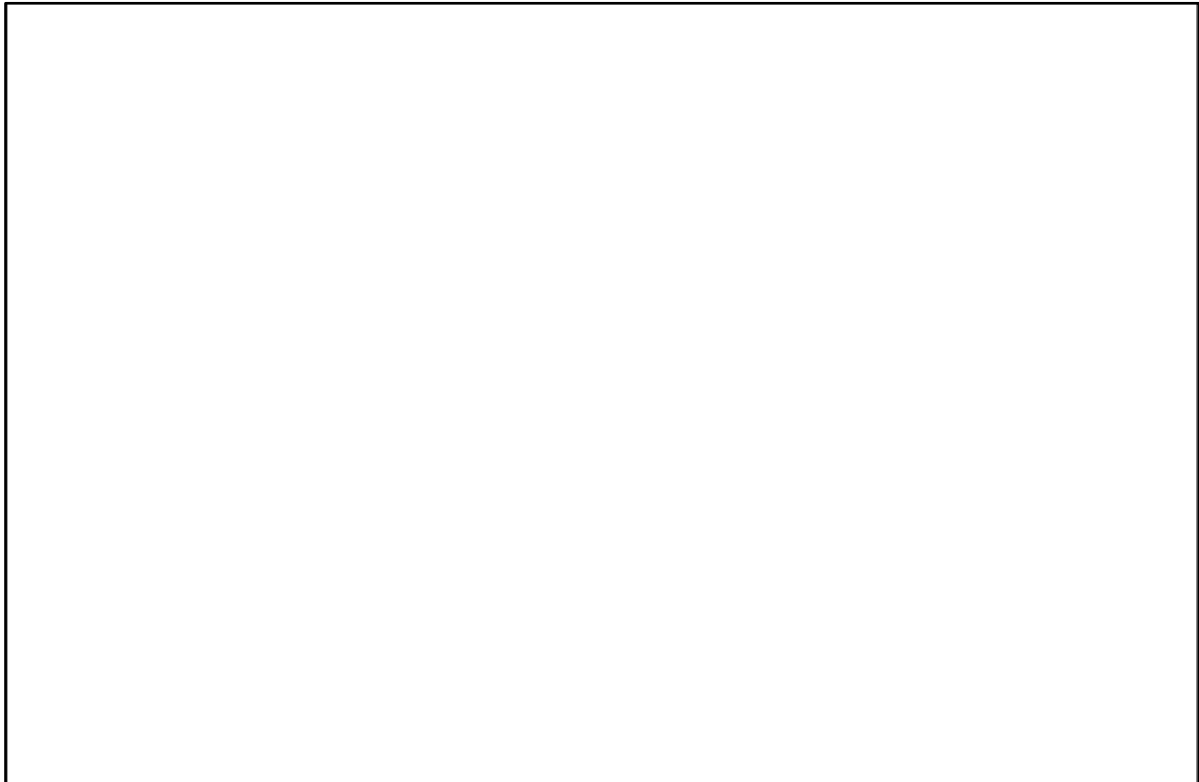


Gráfico N° 3.11. Perfil Longitudinal y transversal típico del cauce de la quebrada Colcaqui

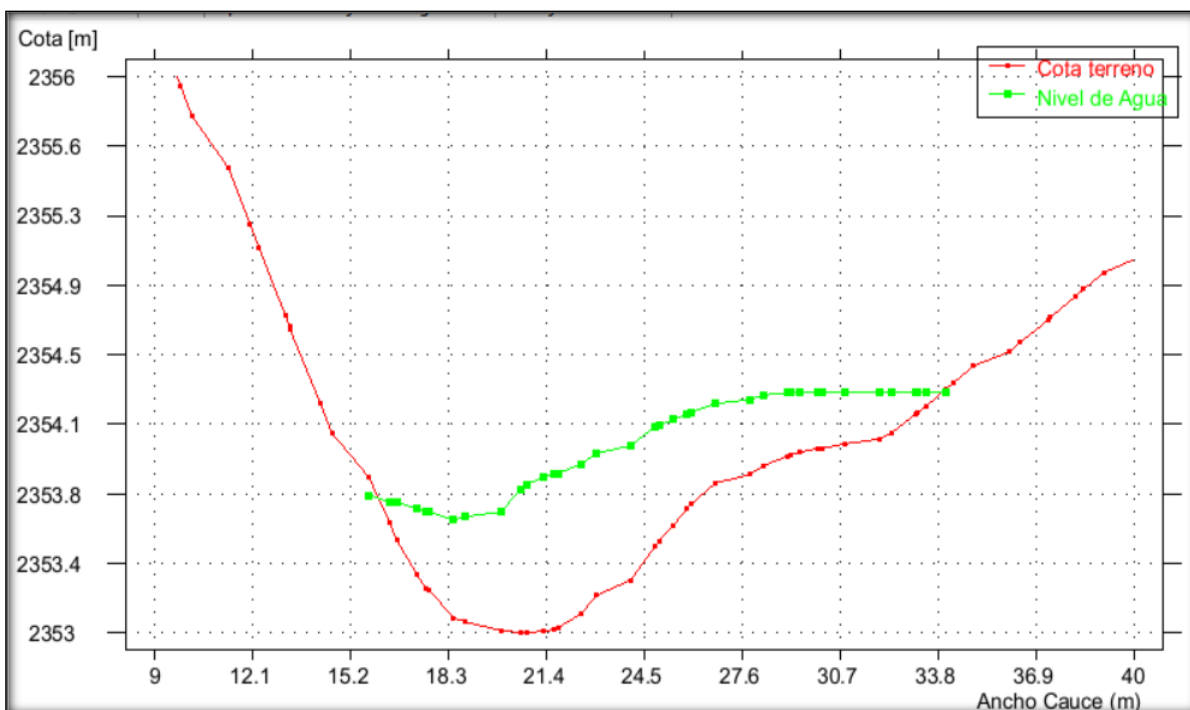
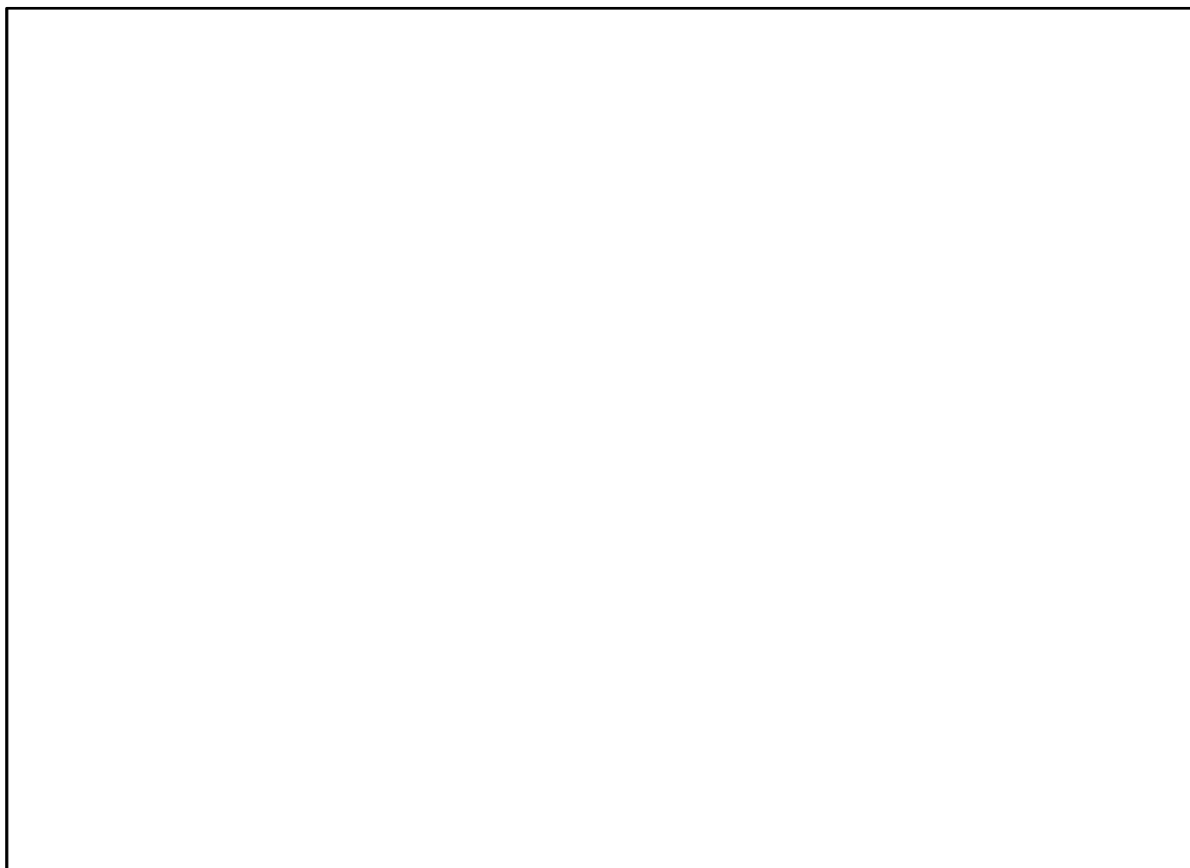


Gráfico N° 3.12. Perfil Longitudinal y transversal típico del cauce de la quebrada Sahuanay

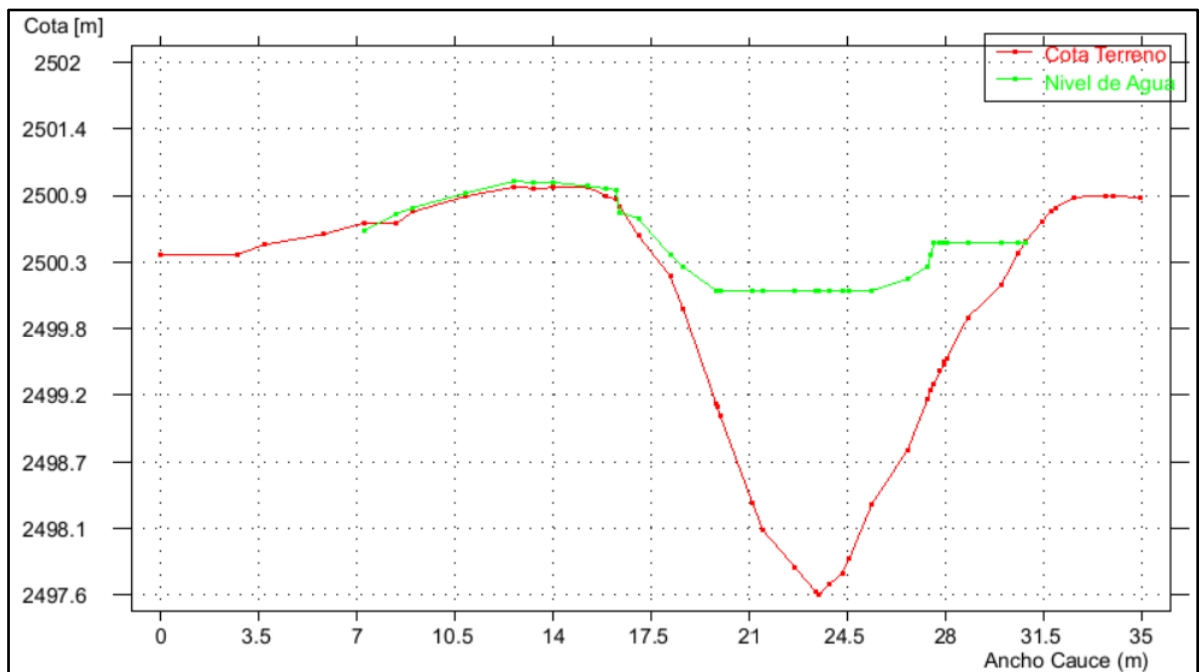


Gráfico N° 3.13. Perfil Longitudinal y transversal típico del cauce de la quebrada Ullpuhuaycco

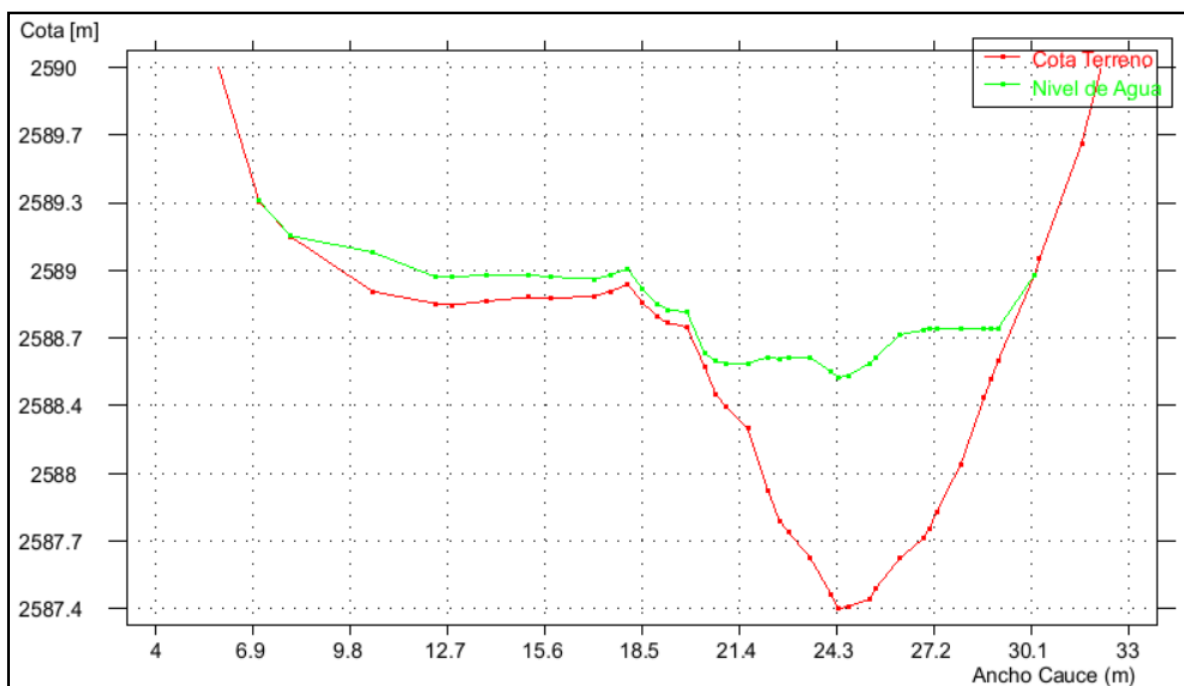
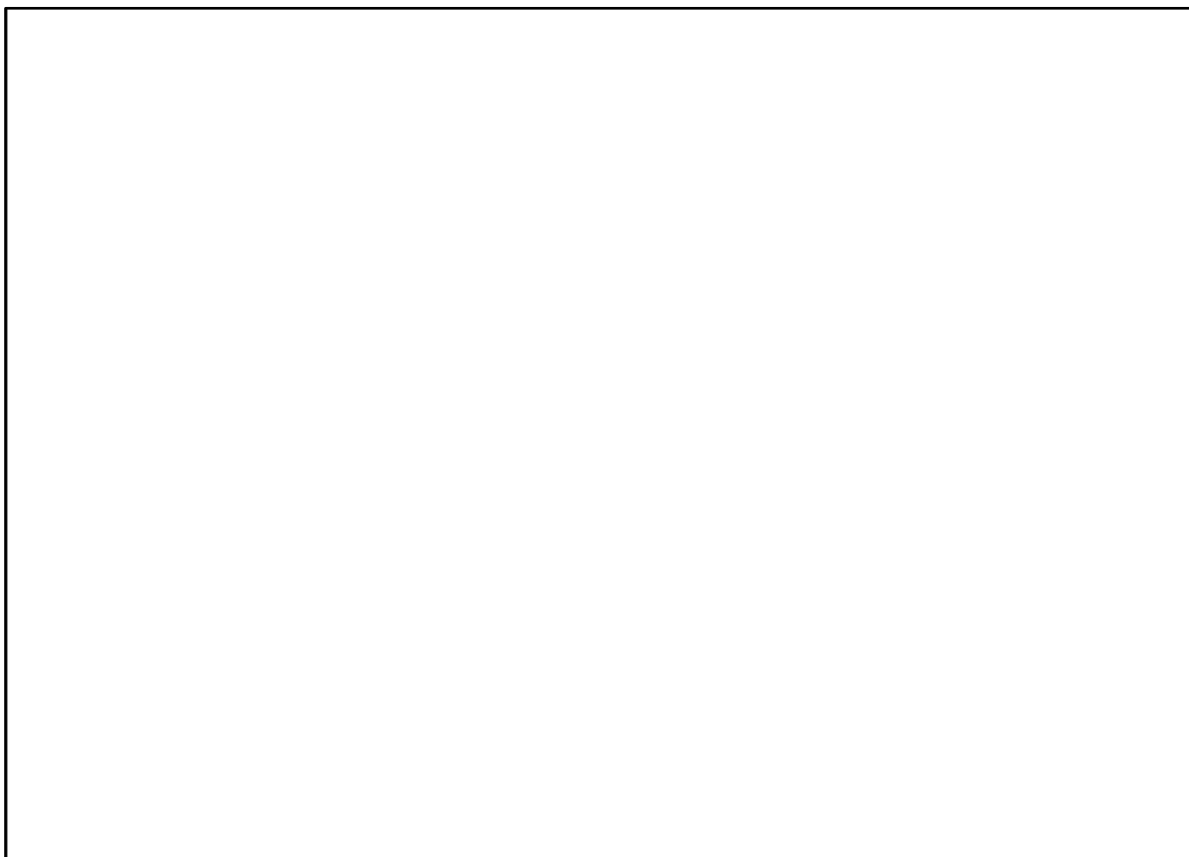


Gráfico N° 3.14. Perfil Longitudinal y transversal típico del cauce de la quebrada Ñacchero

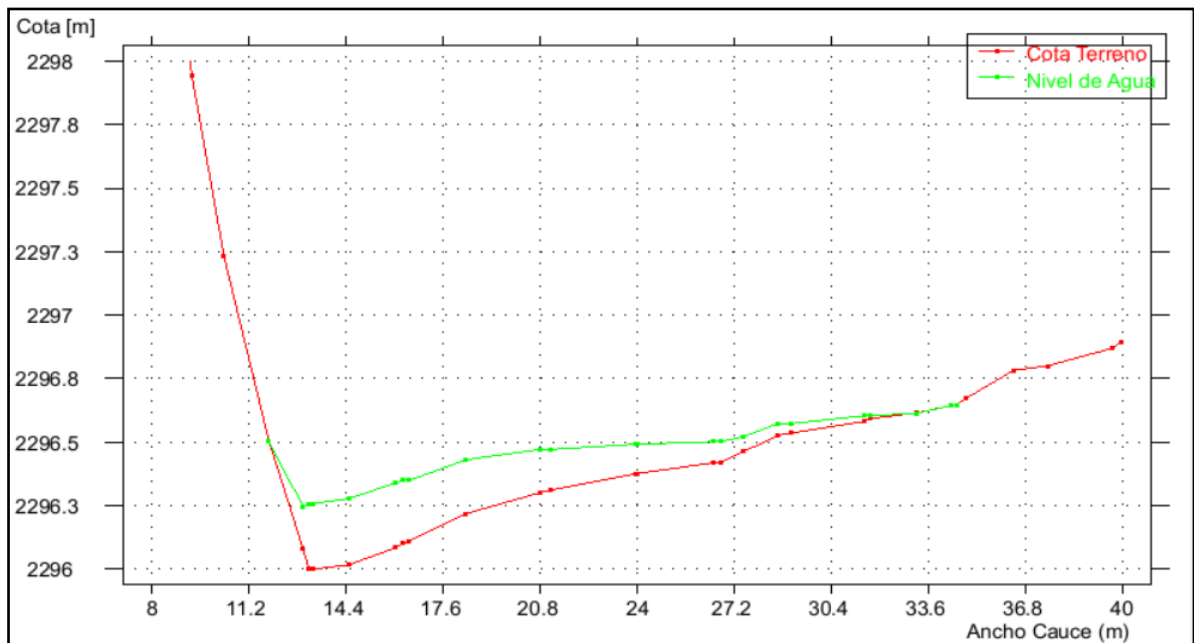
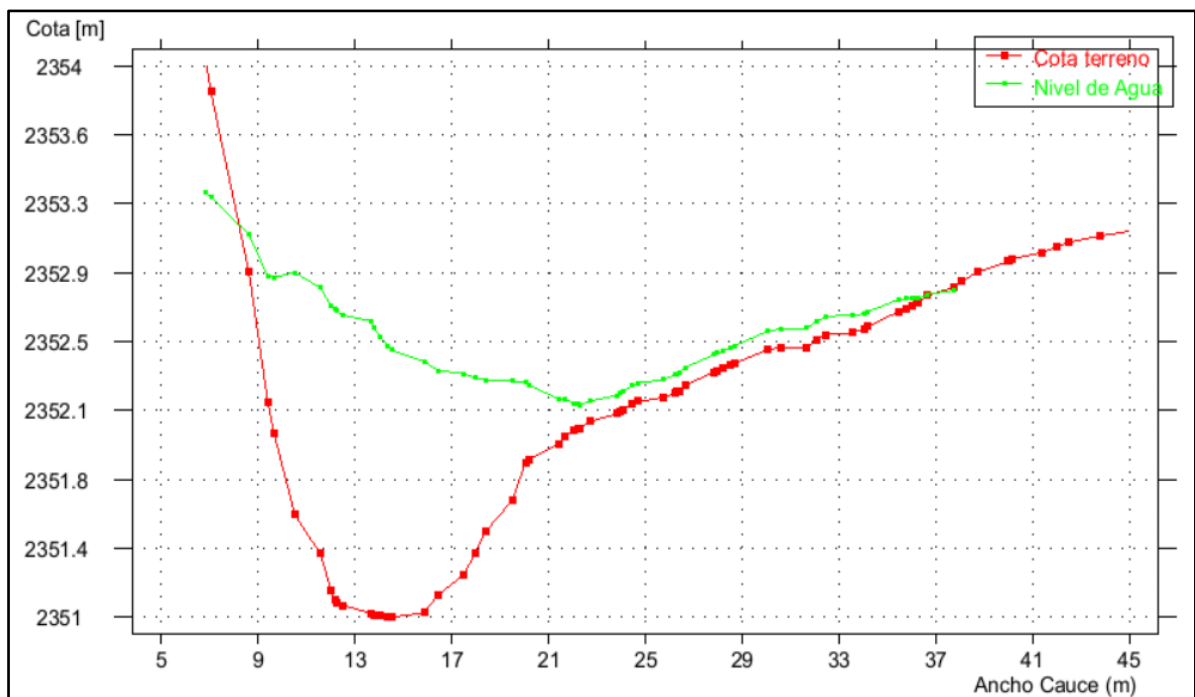


Gráfico N° 3.15. Perfil Longitudinal y transversal típico del cauce del río Mariño



Cuadro N° 4.4. Ubicación Georreferenciada de los hitos de la faja marginal de la quebrada Puruchaca

MARGEN DERECHA				MARGEN IZQUIERDA			
N° HITO	COORDENADAS UTM WGS 84 ZONA 18s		ANCHO (m)	N° HITO	COORDENADAS UTM WGS 84 ZONA 18s		ANCHO (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)			ESTE (m)	NORTE (m)	
HB-MD-1	731196.52	8490666.82	7.00	HB-MI-1	731177.15	8490637.87	8.00
HB-MD-2	731059.15	8490704.74	7.00	HB-MI-2	731081.19	8490679.34	8.00
HB-MD-3	731009.39	8490739.85	7.00	HB-MI-3	731051.30	8490661.13	8.00
HB-MD-4	730927.91	8490754.27	7.00	HB-MI-4	730990.00	8490702.18	8.00
HB-MD-5	730913.60	8490759.85	7.00	HB-MI-5	730904.29	8490727.72	8.00
HB-MD-6	730858.67	8490794.90	7.00	HB-MI-6	730816.95	8490779.53	8.00
HB-MD-7	730773.00	8490816.42	8.00	HB-MI-7	730753.62	8490782.06	8.00
HB-MD-8	730679.50	8490895.66	10.00	HB-MI-8	730714.26	8490829.37	8.00
HB-MD-9	730621.06	8490942.64	8.00	HB-MI-9	730617.75	8490898.72	8.00
HB-MD-10	730572.95	8491028.33	8.00	HB-MI-10	730550.43	8490972.66	8.00
HB-MD-11	730601.40	8491080.77	10.00	HB-MI-11	730542.08	8491057.14	8.00
HB-MD-12	730487.75	8491182.37	8.00	HB-MI-12	730582.17	8491113.07	8.00
HB-MD-13	730433.96	8491222.18	8.00	HB-MI-13	730468.91	8491158.46	8.00
HB-MD-14	730245.92	8491290.32	8.00	HB-MI-14	730306.60	8491258.60	8.00
HB-MD-15	730190.54	8491249.35	8.00	HB-MI-15	730263.01	8491262.03	8.00
				HB-MI-16	730197.84	8491215.13	8.00

Cuadro N° 4.5. Ubicación Georreferenciada de los hitos de la faja marginal de la quebrada Marcahuasi

MARGEN DERECHA				MARGEN IZQUIERDA			
N° HITO	COORDENADAS UTM WGS 84 ZONA 18s		ANCHO (m)	N° HITO	COORDENADAS UTM WGS 84 ZONA 18s		ANCHO (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)			ESTE (m)	NORTE (m)	
HA-MD-1	732263.63	8493182.38	7.00	HA-MI-1	732283.73	8493161.67	6.00
HA-MD-2	732220.49	8493105.10	7.00	HA-MI-2	732244.38	8493105.82	6.00
HA-MD-3	732216.27	8493023.20	8.00	HA-MI-3	732228.82	8493002.97	6.00
HA-MD-4	732188.35	8493004.78	10.00	HA-MI-4	732187.28	8492949.63	7.00
HA-MD-5	732167.54	8492958.40	8.00	HA-MI-5	732153.04	8492922.01	7.00
HA-MD-6	732139.24	8492915.23	8.00	HA-MI-6	732161.07	8492905.66	7.00
HA-MD-7	732039.30	8492816.81	8.00	HA-MI-7	732102.23	8492853.48	7.00
HA-MD-8	731989.92	8492739.38	8.00	HA-MI-8	732065.13	8492801.62	7.00
HA-MD-9	731884.24	8492688.43	11.00	HA-MI-9	732017.42	8492735.61	6.00
HA-MD-10	731689.07	8492678.01	8.00	HA-MI-10	731884.54	8492661.91	7.00
HA-MD-11	731604.48	8492604.04	7.00	HA-MI-11	731687.73	8492651.91	7.00
HA-MD-12	731596.40	8492531.04	9.00	HA-MI-12	731624.28	8492584.90	6.00
HA-MD-13	731574.79	8492424.43	8.00	HA-MI-13	731624.24	8492512.33	7.00
HA-MD-14	731570.76	8492387.82	16.00	HA-MI-14	731603.42	8492407.80	7.00
HA-MD-15	731508.70	8492311.48	8.00	HA-MI-15	731527.37	8492295.88	7.00
HA-MD-16	731373.05	8492151.37	8.00	HA-MI-16	731385.61	8492124.47	7.00
HA-MD-17	731328.94	8492077.59	7.00	HA-MI-17	731344.94	8492013.37	9.00
HA-MD-18	731315.50	8492018.14	11.00	HA-MI-18	731304.17	8491961.11	8.00
HA-MD-19	731301.04	8492000.20	11.00	HA-MI-19	731240.15	8491933.06	8.00
HA-MD-20	731221.71	8491969.76	17.00	HA-MI-20	731183.82	8491890.30	8.00
HA-MD-21	731112.18	8491869.48	10.00	HA-MI-21	731124.30	8491803.93	8.00
HA-MD-22	731078.53	8491764.64	15.00	HA-MI-22	731110.16	8491767.23	8.00
HA-MD-23	731054.46	8491733.56	15.00	HA-MI-23	731100.64	8491711.42	7.00
HA-MD-24	731005.56	8491751.15	7.00	HA-MI-24	731015.29	8491710.34	7.00
HA-MD-25	730987.70	8491726.14	8.00	HA-MI-25	730924.42	8491611.73	7.00
HA-MD-26	730912.31	8491638.17	15.00	HA-MI-26	730868.52	8491601.19	7.00
HA-MD-27	730834.67	8491617.40	9.00	HA-MI-27	730635.61	8491599.50	8.00
HA-MD-28	730611.71	8491642.84	15.00	HA-MI-28	730635.61	8491599.50	7.00

MARGEN DERECHA			
N° HITO	COORDENADAS UTM WGS 84 ZONA 18s		ANCHO (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)	
HA-MD-29	730418.17	8491510.55	10.00
HA-MD-30	730385.25	8491474.29	12.00
HA-MD-31	730336.70	8491456.27	12.00
HA-MD-32	730151.58	8491252.03	12.00

MARGEN IZQUIERDA			
N° HITO	COORDENADAS UTM WGS 84 ZONA 18s		ANCHO (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)	
HA-MI-29	730513.97	8491576.48	7.00
HA-MI-30	730451.42	8491534.64	7.00
HA-MI-31	730403.48	8491450.41	7.00
HA-MI-32	730338.90	8491410.21	7.00
HA-MI-33	730247.50	8491320.10	8.00
HA-MI-34	730190.54	8491249.35	8.00

Cuadro N° 4.6. Ubicación Georreferenciada de los hitos de la faja marginal de la quebrada Colcaqui

MARGEN DERECHA			
N° HITO	COORDENADAS UTM WGS 84 ZONA 18s		ANCHO (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)	
HC-MD-1	730206.63	8492369.75	7.00
HC-MD-2	730184.18	8492265.13	7.00
HC-MD-3	730136.88	8492094.16	8.00
HC-MD-4	730057.50	8491992.89	8.00
HC-MD-5	730031.46	8491886.78	7.00
HC-MD-6	730061.43	8491824.59	6.00
HC-MD-7	730100.57	8491766.13	6.00
HC-MD-8	730133.58	8491630.41	6.00
HC-MD-9	730133.90	8491602.22	10.00
HC-MD-10	730109.28	8491537.50	8.00
HC-MD-11	730067.47	8491467.28	9.00
HC-MD-12	730016.77	8491377.00	8.00
HC-MD-13	729927.18	8491242.39	8.00
HC-MD-14	729881.56	8491114.58	9.00

MARGEN IZQUIERDA			
N° HITO	COORDENADAS UTM WGS 84 ZONA 18s		ANCHO (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)	
HC-MI-1	730221.33	8492354.33	8.00
HC-MI-2	730199.94	8492249.89	7.00
HC-MI-3	730181.61	8492200.77	8.00
HC-MI-4	730177.52	8492072.06	8.00
HC-MI-5	730088.48	8491980.59	8.00
HC-MI-6	730056.34	8491945.80	8.00
HC-MI-7	730059.23	8491894.81	8.00
HC-MI-8	730069.31	8491847.76	8.00
HC-MI-9	730130.72	8491782.61	10.00
HC-MI-10	730161.82	8491716.06	12.00
HC-MI-11	730164.35	8491649.59	12.00
HC-MI-12	730157.39	8491582.17	7.00
HC-MI-13	730143.78	8491548.12	9.00
HC-MI-14	730118.22	8491481.75	12.00
HC-MI-15	730042.64	8491361.99	12.00
HC-MI-16	730016.53	8491310.75	15.00
HC-MI-17	729964.79	8491248.32	8.00
HC-MI-18	729945.26	8491180.29	10.00
HC-MI-19	729918.80	8491130.42	12.00

Cuadro N° 4.7. Ubicación Georreferenciada de los hitos de la faja marginal de la quebrada Sahuanay - Chinchichaca

MARGEN DERECHA				MARGEN IZQUIERDA			
N° HITO	COORDENADAS UTM WGS 84 ZONA 18s		ANCHO (m)	N° HITO	COORDENADAS UTM WGS 84 ZONA 18s		ANCHO (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)			ESTE (m)	NORTE (m)	
HE-MD-1	729383.38	8492589.43	7.00	HE-MI-1	729403.72	8492589.54	7.00
HE-MD-2	729373.06	8492515.77	7.00	HE-MI-2	729397.80	8492520.57	8.00
HE-MD-3	729353.70	8492443.74	8.00	HE-MI-3	729379.14	8492437.34	8.00
HE-MD-4	729312.62	8492382.35	8.00	HE-MI-4	729338.81	8492374.29	8.00
HE-MD-5	729329.98	8492311.82	7.00	HE-MI-5	729328.29	8492262.37	7.00
HE-MD-6	729310.55	8492267.55	7.00	HE-MI-6	729315.37	8492195.84	7.00
HE-MD-7	729290.16	8492197.36	7.00	HE-MI-7	729217.38	8491965.87	8.00
HE-MD-8	729200.55	8491988.71	10.00	HE-MI-8	729209.59	8491957.33	8.00
HE-MD-9	729071.98	8491877.00	7.00	HE-MI-9	729096.17	8491864.57	8.00
HE-MD-10	729040.25	8491821.13	7.00	HE-MI-10	729059.60	8491813.93	8.00
HE-MD-11	728994.75	8491754.28	7.00	HE-MI-11	729053.17	8491805.99	8.00
HE-MD-12	728930.94	8491710.12	7.00	HE-MI-12	728997.36	8491728.26	8.00
HE-MD-13	728800.65	8491651.61	7.00	HE-MI-13	728954.36	8491692.72	8.00
HE-MD-14	728754.59	8491609.76	9.00	HE-MI-14	728940.09	8491688.56	8.00
HE-MD-15	728569.93	8491464.13	7.00	HE-MI-15	728815.16	8491635.14	9.00
HE-MD-16	728358.91	8491310.06	7.00	HE-MI-16	728588.15	8491451.50	8.00
HE-MD-17	728283.48	8491196.78	7.00	HE-MI-17	728307.65	8491198.07	8.00
HE-MD-18	728175.21	8491073.83	7.00	HE-MI-18	728300.29	8491185.02	8.00
HE-MD-19	728063.65	8490968.82	7.00	HE-MI-19	728172.81	8491023.03	8.00
HE-MD-20	727936.13	8490890.16	8.00	HE-MI-20	728069.04	8490934.25	8.00
HE-MD-21	727836.40	8490790.00	8.00	HE-MI-21	727932.80	8490848.85	8.00
HE-MD-22	727777.42	8490712.58	8.00	HE-MI-22	727852.95	8490765.68	10.00
HE-MD-23	727694.06	8490633.33	8.00	HE-MI-23	727795.46	8490691.47	8.00
HE-MD-24	727573.96	8490563.33	8.00	HE-MI-24	727712.44	8490613.16	7.00
HE-MD-25	727464.59	8490386.57	9.00	HE-MI-25	727656.54	8490572.43	7.00
HE-MD-26	727257.70	8490176.04	10.00	HE-MI-26	727550.53	8490466.53	7.00
				HE-MI-27	727522.22	8490400.81	8.00
				HE-MI-28	727449.50	8490343.61	8.00

MARGEN DERECHA			
N° HITO	COORDENADAS UTM WGS 84 ZONA 18s		ANCHO (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)	

MARGEN IZQUIERDA			
N° HITO	COORDENADAS UTM WGS 84 ZONA 18s		ANCHO (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)	
HE-MI-29	727291.28	8490169.94	8.00

Cuadro N° 4.8. Ubicación Georreferenciada de los hitos de la faja marginal de la quebrada Ullpuhuaycco

MARGEN DERECHA			
N° HITO	COORDENADAS UTM WGS 84 ZONA 18s		ANCHO (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)	
HF-MD-1	728613.56	8493286.52	6.00
HF-MD-2	728625.93	8493223.73	7.00
HF-MD-3	728655.53	8493086.94	7.00
HF-MD-4	728686.91	8493037.63	7.00
HF-MD-5	728689.18	8493010.69	12.00
HF-MD-6	728681.32	8492950.62	12.00
HF-MD-7	728712.15	8492923.14	12.00
HF-MD-8	728787.64	8492879.70	10.00
HF-MD-9	728846.66	8492785.86	10.00
HF-MD-10	728917.03	8492708.60	10.00
HF-MD-11	728941.36	8492623.87	10.00
HF-MD-12	728955.47	8492529.68	7.00
HF-MD-13	728971.98	8492413.18	7.00
HF-MD-14	728978.02	8492359.98	7.00
HF-MD-15	729006.26	8492283.87	7.00
HF-MD-16	728996.91	8492209.70	7.00
HF-MD-17	728984.23	8492101.12	7.00
HF-MD-18	729003.44	8491906.71	7.00
HF-MD-19	729014.80	8491825.58	7.00

MARGEN IZQUIERDA			
N° HITO	COORDENADAS UTM WGS 84 ZONA 18s		ANCHO (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)	
HF-MI-1	728633.84	8493293.00	7.00
HF-MI-2	728653.26	8493199.77	7.00
HF-MI-3	728671.19	8493101.65	7.00
HF-MI-4	728710.44	8493049.56	7.00
HF-MI-5	728714.57	8492998.70	7.00
HF-MI-6	728740.08	8492950.83	7.00
HF-MI-7	728817.01	8492898.33	7.00
HF-MI-8	728892.67	8492793.83	7.00
HF-MI-9	728958.99	8492707.83	7.00
HF-MI-10	728974.08	8492582.51	7.00
HF-MI-11	728976.98	8492543.93	7.00
HF-MI-12	728989.86	8492480.69	6.50
HF-MI-13	728994.43	8492368.53	7.00
HF-MI-14	729024.66	8492290.95	7.00
HF-MI-15	729013.83	8492213.68	6.00
HF-MI-16	728996.98	8492121.55	7.00
HF-MI-17	729020.77	8491908.15	7.00
HF-MI-18	729029.89	8491841.76	7.00

Cuadro N° 4.9. Ubicación Georreferenciada de los hitos de la faja marginal de la quebrada Ñacchero

MARGEN DERECHA				MARGEN IZQUIERDA			
N° HITO	COORDENADAS UTM WGS 84 ZONA 18s		ANCHO (m)	N° HITO	COORDENADAS UTM WGS 84 ZONA 18s		ANCHO (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)			ESTE (m)	NORTE (m)	
HG-MD-1	726971.29	8491403.48	8.00	HG-MI-1	726955.64	8491522.25	7.00
HG-MD-2	726979.23	8491384.14	8.00	HG-MI-2	726983.47	8491430.07	8.00
HG-MD-3	726869.55	8491126.74	5.00	HG-MI-3	727008.26	8491394.77	7.00
HG-MD-4	726853.62	8490905.99	5.00	HG-MI-4	726989.98	8491266.88	7.00
HG-MD-5	726683.50	8490539.61	3.00	HG-MI-5	726974.75	8491026.11	7.00
				HG-MI-6	726899.17	8490793.01	3.00
				HG-MI-7	726796.55	8490657.78	3.00
				HG-MI-8	726761.16	8490504.16	3.00

Cuadro N° 4.10. Ubicación Georreferenciada de los hitos de la faja marginal del río Mariño

MARGEN DERECHA				MARGEN IZQUIERDA			
N° HITO	COORDENADAS UTM WGS 84 ZONA 18s		ANCHO (m)	N° HITO	COORDENADAS UTM WGS 84 ZONA 18s		ANCHO (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)			ESTE (m)	NORTE (m)	
HD-MD-1	730077.34	8491156.45	8.00	HD-MI-1	730111.53	8491133.90	10.00
HD-MD-2	729918.80	8491130.42	9.00	HD-MI-2	729931.61	8491097.38	10.00
HD-MD-3	729881.56	8491114.58	9.00	HD-MI-3	729860.27	8491036.84	8.00
HD-MD-4	729744.81	8491113.55	9.00	HD-MI-4	729780.58	8491054.48	8.00
HD-MD-5	729622.50	8491130.45	7.00	HD-MI-5	729722.82	8491093.65	8.00
HD-MD-6	729517.74	8491077.07	7.00	HD-MI-6	729630.01	8491095.93	11.00
HD-MD-7	729295.06	8490890.00	7.00	HD-MI-7	729532.30	8491045.28	9.00
HD-MD-8	729124.93	8490775.03	10.00	HD-MI-8	729495.45	8490986.27	12.00
HD-MD-9	728970.92	8490670.95	7.00	HD-MI-9	729411.25	8490956.22	12.00
HD-MD-10	728541.40	8490484.20	7.00	HD-MI-10	729326.82	8490894.49	12.00
HD-MD-11	728356.80	8490331.32	8.00	HD-MI-11	727981.88	8490029.87	6.00
HD-MD-12	728179.89	8490202.24	8.00				
HD-MD-13	727964.81	8490084.70	12.00				

5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados del estudio hidrológico de máximas avenidas se concluye que:

- El estudio hidrológico de máxima avenida se realizó en coordinación entre la Autoridad Administrativa del Agua XI Pampas Apurímac (AAA XI-Pampas Apurímac) y la municipalidad provincial de Abancay, con la finalidad de estimar los caudales máximos ordinarios para un periodo de retorno de 100 años para las quebradas Puruchaca, Marcahuasi, Colcaqui, Sahuanay, Ullpuhuaycco y Ñacchero afluentes del río Mariño; cuyo objetivo es delimitar el ancho de la faja marginal de dichas quebradas en todo el sector urbano de la ciudad de Abancay.
- Así mismo, cabe indicar, que de acuerdo a las coordinaciones interinstitucionales, se tuvo ciertos acuerdos y compromisos, como:
 - Que la municipalidad provincial de Abancay, como entidad pública que cuenta con recursos económicos se encargue de realizar los trabajos de levantamiento topográficos de todas las quebradas afluentes del río Mariño.
 - La Autoridad Administrativa del Agua XI Pampas Apurímac, como entidad técnica normativa se encargue de realizar los estudios hidrológicos e hidráulicos de las quebradas antes mencionadas.
 - La municipalidad provincial de Abancay financie los trabajos de campo de ubicación y georreferenciación de los hitos.
 - La Autoridad Administrativa del Agua XI Pampas Apurímac, emita la resolución directoral de la delimitación integral de las fajas marginales de las quebradas mencionadas.
- Para estimar los caudales de crecidas máximas de los eventos hidrológicos y su frecuencia, se utilizaron técnicas estadísticas, siendo confrontados los resultados con el modelo de simulación de hidrológica Hec HMS y el modelo de simulación Hidráulica (IBER).
- Debido a la carencia e inconsistencia de la información de precipitación máximas 24 horas en las estaciones más cercanas al área de proyecto, se ha visto por conveniente utilizar el modelo hidrología IILA, metodología suscrita bajo la cooperación técnica del Instituto Ítalo – Latinoamericano (IILA), el Servicio Nacional de Meteorología (SENAMHI) y la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).
- El área de estudio está dividida en seis unidades hidrográficas cuya superficie se indica en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 5.1. Superficie de las unidades hidrográficas en estudio

Unidad Hidrográfica	Área Km ²
Puruchaca	93.06
Marcahuasi	20.01

Unidad Hidrográfica	Área Km ²
Colcaqui	31.50
Sahuanay	22.97
Ullpuhuaycco	5.46
Ñacchero	13.01

- De acuerdo al análisis hidrológico se obtuvo una Intensidad máxima de 15.17 mm por el método ILLA, para un periodo de retorno de 100 años.
- Con la precipitación obtenida, la información topográfica y cartográfica, la asignación de Número de Curva de acuerdo al usos de suelo de la cuenca (NC=71) según el método SCS, la determinación de los métodos de cálculo y el uso de la herramienta del HEC- HMS se realiza la modelación Hidrológica, obteniendo los caudales máximos, las cuales se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 5.2. Caudales máximos generados para un periodo de retorno de 100 años

Unidad Hidrográfica	Área Km ²
Puruchaca	33.95
Marcahuasi	7.67
Colcaqui	11.95
Sahuanay	8.81
Ullpuhuaycco	3.20
Ñacchero	4.94

- La evaluación hidráulica se realizó en las quebradas de Puruchaca, Marcahuasi, Colcaqui, Sahuanay, Ullpuhuaycco y Ñacchero afluentes del río Mariño, en el tramo correspondiente al sector al sector urbano de la ciudad de Abancay.
- La simulación hidráulica se realizó con el programa IBER, obteniendo así las cotas y velocidades máximas del nivel del agua para un periodo de 100 años, (Ver Anexo D)
- La delimitación de la faja marginal se realizó en función al comportamiento topográfico e hidráulico, cuyos anchos sigue la forma del borde exterior de cauce.

ANEXO

ANEXO A RESULTADOS DE LA SIMULACION HIDRAULICA

ANEXO B PERFIL LONGITUDINAL

ANEXO C CORTE TRANSVERSAL

ANEXO D UBICACIÓN DE LOS HITOS

ANEXO E PANEL FOTOGRAFICA

RESULTADOS DE LA SIMULACION HIDRAULICA DE LAS QUEBRADAS PURUCHACA,
MARCAHUASI Y COLCAQUI

Simulation Time	Time Step	Time	Q.in	Q.out
0.000	1.0000	14:10:03:18	0.000	0.000
60.044	0.0612	14:10:27:97	2.661	0.000
120.034	0.0453	14:11:08:06	5.356	0.000
180.037	0.0409	14:11:55:84	8.034	0.000
240.019	0.0381	14:12:48:61	10.713	0.000
300.013	0.0362	14:13:45:65	13.363	0.000
360.000	0.0348	14:14:47:01	16.064	0.000
420.005	0.0337	14:15:50:98	18.748	0.000
480.002	0.0326	14:17:00:72	21.427	0.000
540.003	0.0316	14:18:16:09	24.104	0.000
600.019	0.0308	14:19:38:44	26.784	0.000
660.023	0.0301	14:21:08:26	29.463	0.000
720.024	0.0295	14:22:47:09	32.142	0.000
780.003	0.0289	14:24:32:94	34.819	0.000
840.003	0.0285	14:26:25:99	37.498	0.000
900.019	0.0280	14:28:24:46	40.176	0.000
960.009	0.0276	14:30:30:28	42.854	0.000
1020.025	0.0271	14:32:44:01	45.533	0.000
1080.005	0.0267	14:35:04:83	48.188	0.000
1140.016	0.0263	14:37:32:23	50.816	0.000
1200.022	0.0256	14:40:09:07	53.491	0.000
1260.010	0.0252	14:42:55:96	51.940	0.000
1320.007	0.0247	14:45:59:60	50.287	0.000
1380.020	0.0244	14:50:21:63	48.731	0.000
1440.007	0.0240	14:54:59:86	47.127	0.000
1500.006	0.0236	14:58:53:91	45.523	19.314
1560.013	0.0234	15:02:20:29	43.939	29.675
1620.008	0.0234	15:05:50:23	42.334	33.218
1680.000	0.0236	15:09:19:61	40.729	35.991
1740.019	0.0231	15:12:50:16	39.124	39.141

Simulation Time	Time Step	Time	Q.in	Q.out
1800.014	0.0232	15:16:24:41	37.520	41.912
1860.020	0.0233	15:19:58:01	35.915	44.066
1920.008	0.0235	15:23:29:76	34.310	44.403
1980.023	0.0236	15:26:58:47	32.704	43.659
2040.011	0.0224	15:30:26:75	31.100	45.035
2100.015	0.0239	15:33:53:44	29.494	46.104
2160.022	0.0241	15:37:16:64	27.889	45.402
2220.004	0.0244	15:40:38:20	26.285	44.492
2280.016	0.0247	15:44:15:38	24.679	43.650
2340.002	0.0249	15:47:49:60	23.074	42.797
2400.019	0.0252	15:51:08:77	21.468	41.946
2460.009	0.0255	15:54:28:40	19.864	40.528
2520.017	0.0258	15:57:37:83	18.232	39.275
2580.002	0.0262	16:00:49:58	16.649	37.751
2640.001	0.0265	16:03:57:89	15.049	36.406
2700.010	0.0269	16:06:56:49	13.420	35.179
2760.021	0.0274	16:10:13:86	11.839	33.681
2820.004	0.0279	16:13:00:98	10.234	32.332
2880.015	0.0284	16:15:47:03	8.628	30.879
2940.028	0.0290	16:18:29:66	7.023	29.523
3000.023	0.0297	16:21:07:95	5.419	28.121
3060.003	0.0303	16:23:38:92	3.814	26.841
3120.025	0.0311	16:26:08:29	2.334	25.432
3180.028	0.0318	16:28:31:88	1.107	24.171
3240.006	0.0322	16:30:49:11	0.558	22.931
3300.009	0.0326	16:33:02:72	0.349	21.712
3360.023	0.0331	16:35:18:39	0.139	20.492
3420.028	0.0335	16:37:30:63	0.000	19.281
3480.025	0.0340	16:39:32:25	0.000	18.118
3540.005	0.0345	16:41:29:76	0.000	16.997
3600.022	0.0351	16:43:32:21	0.000	15.914
3660.017	0.0357	16:45:29:03	0.000	14.873

Simulation Time	Time Step	Time	Q.in	Q.out
3720.031	0.0364	16:47:22:06	0.000	13.734
3780.008	0.0371	16:49:17:19	0.000	12.656
3840.019	0.0378	16:51:05:90	0.000	11.717
3900.017	0.0387	16:52:47:70	0.000	10.776
3960.010	0.0396	16:54:33:50	0.000	9.995
4020.018	0.0404	16:56:15:24	0.000	9.226
4080.020	0.0411	16:57:55:35	0.000	8.432
4140.029	0.0418	16:59:35:22	0.000	7.765
4200.028	0.0425	17:01:10:63	0.000	7.142

COMPUTATION FINISHED SUCCESSFULLY!

RESULTADOS DE LA SIMULACION HIDRAULICA DE LAS QUEBRADAS SAHUANAY Y
ULLPUHUAYCCO

Simulation Time	Time Step	Time	Q.in	Q.out
0.0000	1.0000	11:48:07:46	0.000	0.000
60.0730	0.0756	11:48:18:38	0.600	0.000
120.0010	0.0623	11:48:34:27	1.200	0.000
180.0420	0.0566	11:48:52:69	1.801	0.000
240.0150	0.0469	11:49:13:91	2.402	0.000
300.0410	0.0422	11:49:39:13	3.002	0.000
360.0310	0.0406	11:50:07:30	3.603	0.000
420.0140	0.0392	11:50:37:64	4.203	0.000
480.0180	0.0375	11:51:10:08	4.802	0.000
540.0200	0.0361	11:51:45:70	5.404	0.000
600.0000	0.0349	11:52:24:13	6.005	0.000
660.0190	0.0336	11:53:05:70	6.605	0.000
720.0280	0.0328	11:53:48:47	7.205	0.000
780.0040	0.0319	11:54:33:78	7.806	0.000
840.0190	0.0311	11:55:22:03	8.396	0.000
900.0040	0.0306	11:56:12:99	8.985	0.000
960.0100	0.0300	11:57:07:21	9.608	0.000
1020.0290	0.0294	11:58:04:44	10.208	0.000
1080.0140	0.0290	11:59:10:82	10.809	0.000
1140.0190	0.0285	12:00:16:54	11.409	0.000
1200.0260	0.0280	12:01:25:05	12.010	0.000
1260.0240	0.0278	12:02:36:56	11.610	0.000
1320.0080	0.0278	12:03:49:05	11.209	0.000
1380.0100	0.0276	12:05:05:91	10.809	0.000
1440.0050	0.0273	12:06:28:00	10.409	0.000
1500.0130	0.0272	12:07:52:91	10.008	7.565
1560.0100	0.0271	12:09:16:32	9.608	8.529
1620.0190	0.0272	12:10:38:75	9.185	9.111
1680.0050	0.0275	12:12:17:26	8.796	9.872
1740.0220	0.0277	12:13:46:47	8.396	10.577

Simulation Time	Time Step	Time	Q.in	Q.out
1800.0020	0.0279	12:15:07:43	8.007	10.991
1860.0050	0.0282	12:16:26:47	7.605	11.311
1920.0190	0.0285	12:17:44:48	7.205	11.343
1980.0070	0.0287	12:19:02:02	6.805	11.218
2040.0050	0.0295	12:20:19:38	6.405	10.866
2100.0270	0.0299	12:21:42:83	6.005	10.490
2160.0190	0.0302	12:22:57:02	5.605	10.065
2220.0260	0.0305	12:24:08:93	5.204	9.765
2280.0280	0.0310	12:25:19:66	4.803	9.434
2340.0030	0.0315	12:26:28:55	4.404	9.081
2400.0030	0.0319	12:27:35:96	4.004	8.624
2460.0180	0.0320	12:28:42:63	3.603	8.243
2520.0090	0.0323	12:29:47:98	3.203	7.849
2580.0170	0.0325	12:30:52:61	2.802	7.504
2640.0130	0.0333	12:31:55:51	2.402	7.130
2700.0220	0.0339	12:32:57:05	2.002	6.877
2760.0030	0.0347	12:33:56:74	1.602	6.517
2820.0190	0.0353	12:34:55:56	1.196	6.155
2880.0260	0.0358	12:35:52:33	0.801	5.721
2940.0350	0.0365	12:36:47:79	0.400	5.528
3000.0360	0.0375	12:37:41:75	0.000	5.332
3060.0020	0.0383	12:38:32:98	0.000	4.934
3120.0010	0.0374	12:39:22:52	0.000	4.603
3180.0390	0.0406	12:40:09:91	0.000	4.271
3240.0080	0.0414	12:40:55:78	0.000	3.936
3300.0260	0.0418	12:41:40:26	0.000	3.629
3360.0390	0.0427	12:42:23:57	0.000	3.477
3420.0280	0.0435	12:43:05:66	0.000	3.181
3480.0420	0.0451	12:43:45:88	0.000	3.031
3540.0200	0.0454	12:44:24:89	0.000	2.674
3600.0220	0.0467	12:45:02:41	0.000	2.527
3660.0090	0.0475	12:45:38:78	0.000	2.219

Simulation Time	Time Step	Time	Q.in	Q.out
3720.0360	0.0491	12:46:13:74	0.000	2.140
3780.0050	0.0506	12:46:47:38	0.000	1.928
3840.0180	0.0519	12:47:19:98	0.000	1.695
3900.0140	0.0532	12:47:51:49	0.000	1.596
3960.0390	0.0550	12:48:21:80	0.000	1.435
4020.0180	0.0563	12:48:50:96	0.000	1.310
4080.0570	0.0582	12:49:19:70	0.000	1.167
4140.0490	0.0592	12:49:47:04	0.000	1.096
4200.0040	0.0604	12:50:13:79	0.000	1.001

COMPUTATION FINISHED SUCCESSFULLY!

RESULTADOS DE LA SIMULACION HIDRAULICA DE LA QUEBRADA ÑACCHERO

Simulation Time	Time Step	Time	Q.in	Q.out
0.000	1.0000	16:48:24:31	0.000	0.000
60.048	0.1753	16:48:25:42	0.249	0.000
120.046	0.1482	16:48:26:76	0.500	0.000
180.002	0.1346	16:48:28:26	0.749	0.000
240.040	0.1257	16:48:29:91	1.000	0.000
300.040	0.1161	16:48:31:76	1.250	0.000
360.056	0.1069	16:48:33:84	1.500	0.000
420.050	0.0800	16:48:36:38	1.750	0.000
480.050	0.0732	16:48:39:63	2.000	0.000
540.048	0.0660	16:48:43:41	2.250	0.000
600.047	0.0642	16:48:47:65	2.500	0.000
660.007	0.0621	16:48:52:38	2.750	0.000
720.009	0.0595	16:48:57:58	3.000	0.000
780.033	0.0580	16:49:03:18	3.250	0.000
840.000	0.0566	16:49:09:10	3.500	2.072
900.022	0.0554	16:49:15:18	3.750	2.443
960.051	0.0544	16:49:21:40	4.000	2.635
1020.035	0.0531	16:49:27:79	4.250	3.013
1080.013	0.0521	16:49:34:25	4.500	3.290
1140.040	0.0520	16:49:40:82	4.750	3.535
1200.050	0.0515	16:49:47:41	5.000	4.061
1260.042	0.0510	16:49:54:14	4.875	4.098
1320.029	0.0503	16:50:00:88	4.750	4.597
1380.008	0.0506	16:50:07:66	4.625	4.644
1440.025	0.0508	16:50:14:40	4.500	4.962
1500.009	0.0511	16:50:21:11	4.375	4.897
1560.044	0.0514	16:50:27:84	4.250	4.770
1620.005	0.0517	16:50:34:43	4.125	4.647
1680.035	0.0519	16:50:41:03	4.000	4.524
1740.018	0.0521	16:50:47:59	3.875	4.408
1800.051	0.0522	16:50:54:13	3.750	4.309

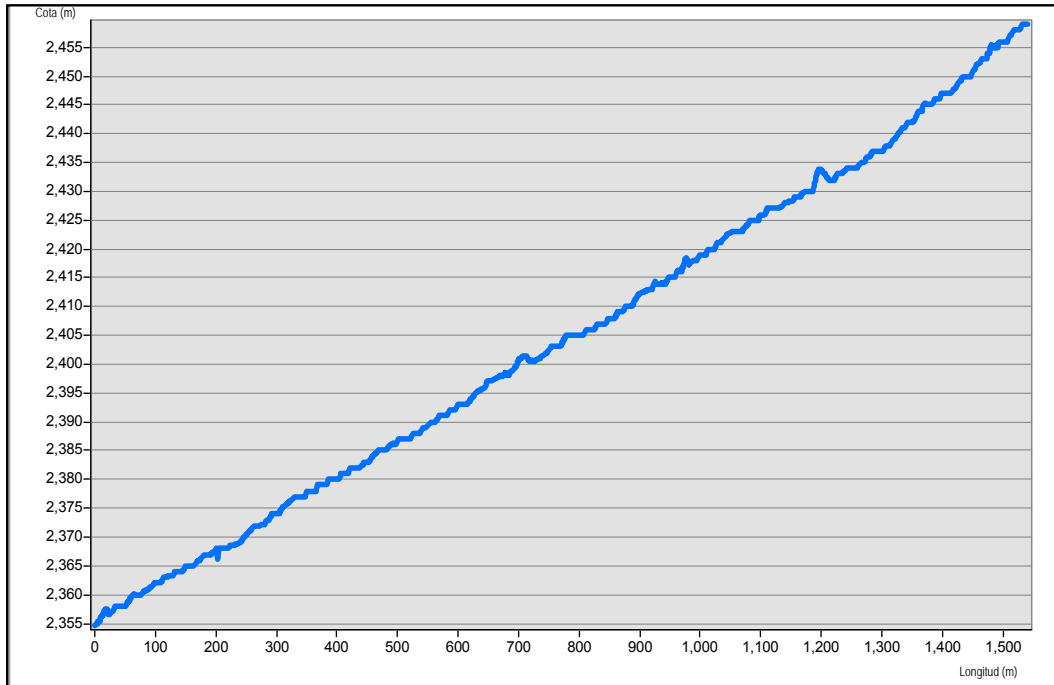
Simulation Time	Time Step	Time	Q.in	Q.out
1860.014	0.0531	16:51:00:64	3.625	4.170
1920.014	0.0533	16:51:07:09	3.500	4.025
1980.033	0.0538	16:51:13:45	3.375	3.794
2040.005	0.0543	16:51:19:74	3.250	3.784
2100.053	0.0549	16:51:25:96	3.125	3.592
2160.054	0.0553	16:51:32:11	3.000	3.493
2220.009	0.0556	16:51:38:23	2.875	3.332
2280.001	0.0562	16:51:44:31	2.750	3.263
2340.045	0.0566	16:51:50:35	2.625	3.152
2400.035	0.0573	16:51:56:36	2.500	3.034
2460.003	0.0577	16:52:02:26	2.375	2.926
2520.046	0.0586	16:52:08:08	2.250	2.803
2580.003	0.0591	16:52:13:91	2.125	2.677
2640.009	0.0596	16:52:19:57	2.000	2.510
2700.019	0.0604	16:52:25:19	1.875	2.466
2760.053	0.0611	16:52:30:75	1.750	2.351
2820.017	0.0634	16:52:36:18	1.625	2.235
2880.023	0.0641	16:52:41:52	1.500	2.150
2940.031	0.0651	16:52:46:79	1.375	2.051
3000.026	0.0656	16:52:51:94	1.250	1.936
3060.031	0.0669	16:52:57:04	1.125	1.784
3120.061	0.0683	16:53:02:02	1.000	1.719
3180.027	0.0701	16:53:06:88	0.875	1.613
3240.056	0.0716	16:53:11:62	0.750	1.500
3300.010	0.0737	16:53:16:27	0.625	1.393
3360.015	0.0750	16:53:20:76	0.500	1.306
3420.053	0.0773	16:53:25:17	0.375	1.211
3480.015	0.0791	16:53:29:45	0.250	1.116
3540.026	0.0806	16:53:33:62	0.125	1.030
3600.034	0.0838	16:53:37:62	0.000	0.932
3660.080	0.0878	16:53:41:36	0.000	0.826
3720.036	0.0919	16:53:45:01	0.000	0.750

Simulation Time	Time Step	Time	Q.in	Q.out
3780.052	0.0953	16:53:48:46	0.000	0.676
3840.048	0.0983	16:53:51:80	0.000	0.602
3900.007	0.1046	16:53:54:95	0.000	0.530
3960.052	0.1096	16:53:57:92	0.000	0.465
4020.086	0.1212	16:54:00:74	0.000	0.408
4080.121	0.1282	16:54:03:41	0.000	0.353
4140.129	0.1291	16:54:05:95	0.000	0.304
4200.013	0.1354	16:54:08:34	0.000	0.263
4260.099	0.1420	16:54:10:62	0.000	0.235
4320.043	0.1454	16:54:12:77	0.000	0.203
4380.050	0.1569	16:54:14:78	0.000	0.177
4440.071	0.1651	16:54:16:69	0.000	0.155
4500.061	0.1745	16:54:18:55	0.000	0.129
4560.125	0.1726	16:54:20:32	0.000	0.111
4620.168	0.1860	16:54:22:03	0.000	0.099
4680.150	0.1719	16:54:23:67	0.000	0.090
4740.082	0.2140	16:54:25:24	0.000	0.080
4800.056	0.1853	16:54:26:74	0.000	0.073
4860.142	0.2225	16:54:28:15	0.000	0.065
4920.112	0.1903	16:54:29:53	0.000	0.058
4980.159	0.2357	16:54:30:84	0.000	0.052
5040.090	0.2558	16:54:32:11	0.000	0.048

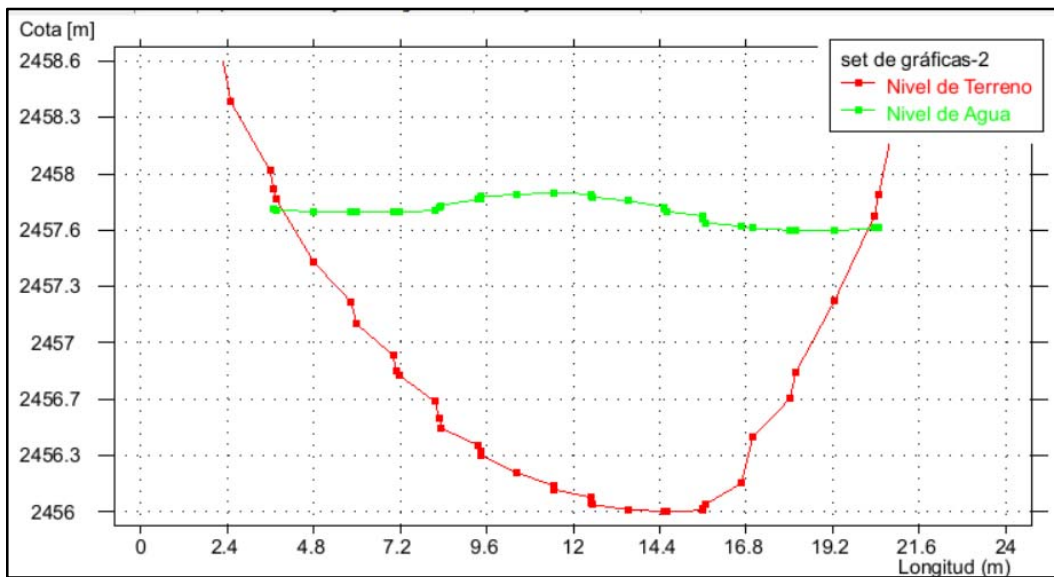
COMPUTATION FINISHED SUCCESSFULLY!

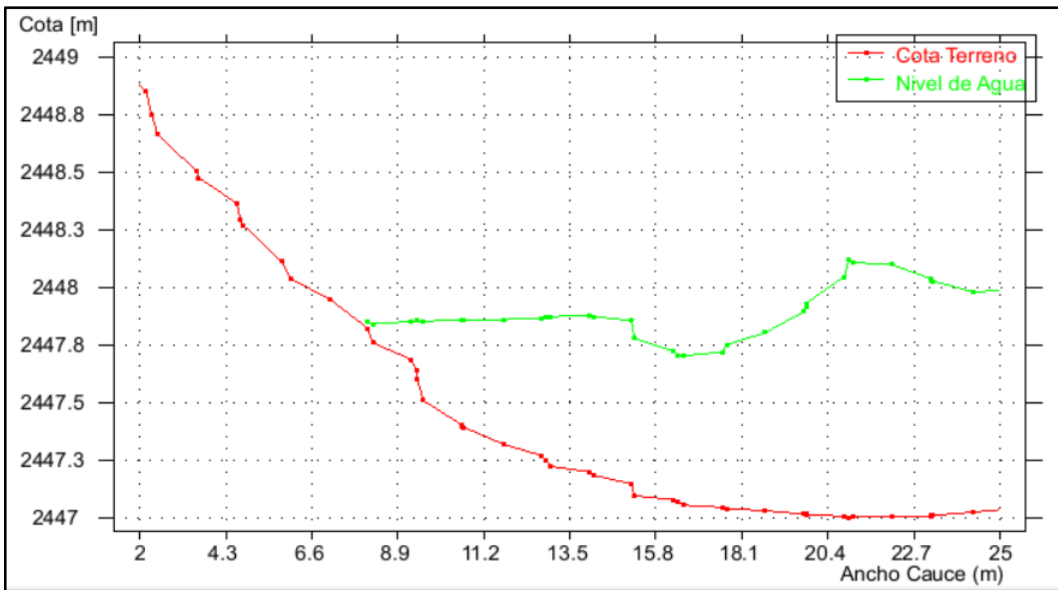
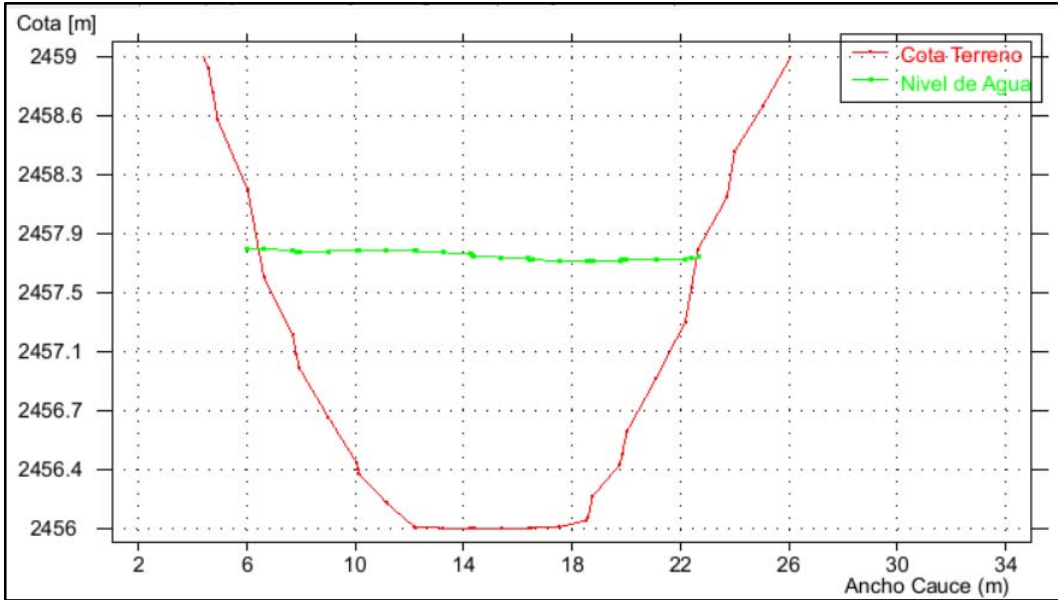
PERFILES TÍPICOS DE LOS TRAMOS CON TENDENCIA A DESBORDAMIENTO EN LA QUEBRADA PURUCHACA.

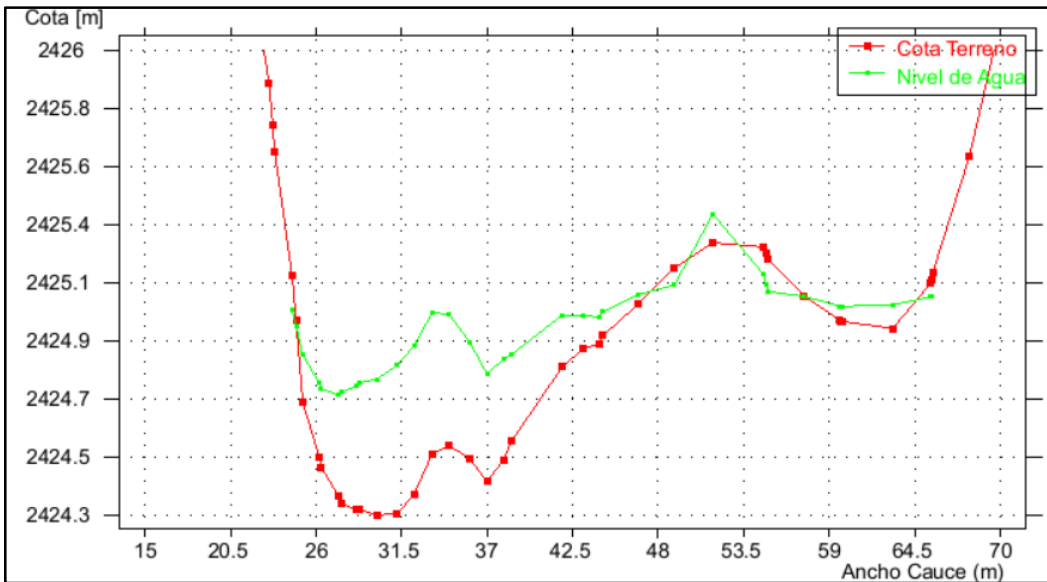
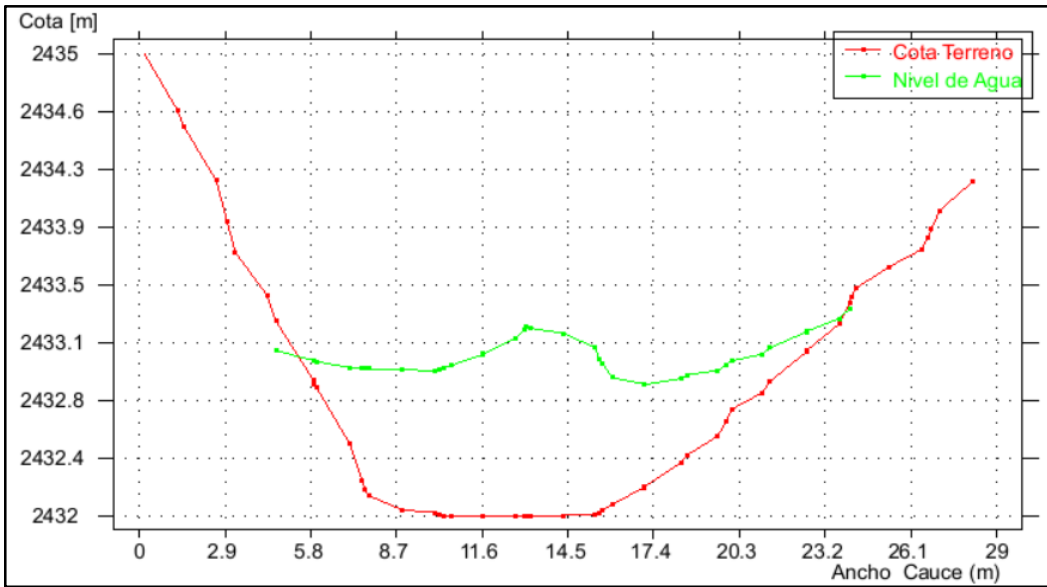
Perfil Longitudinal

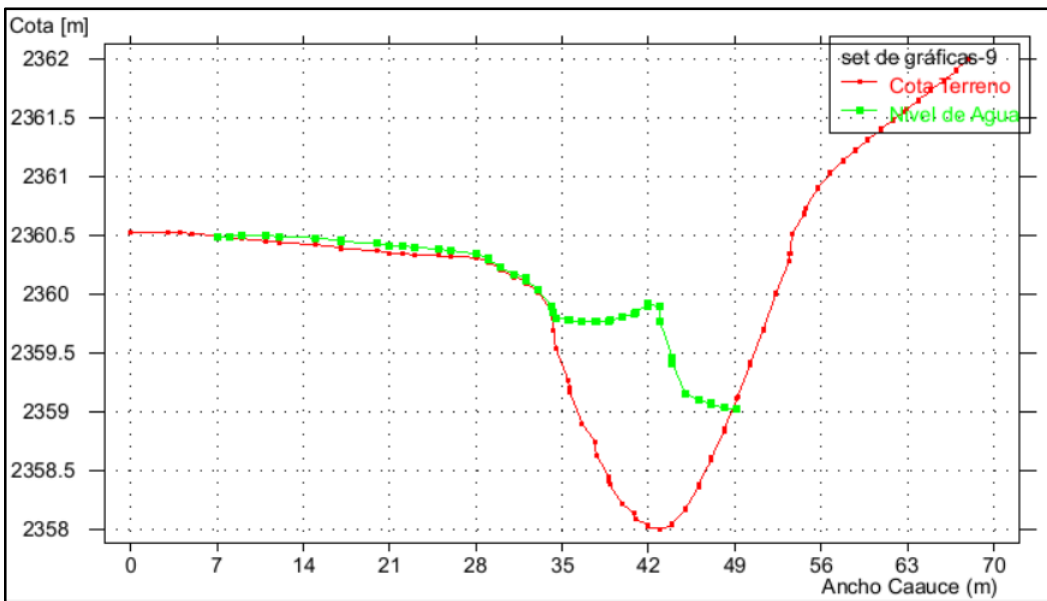
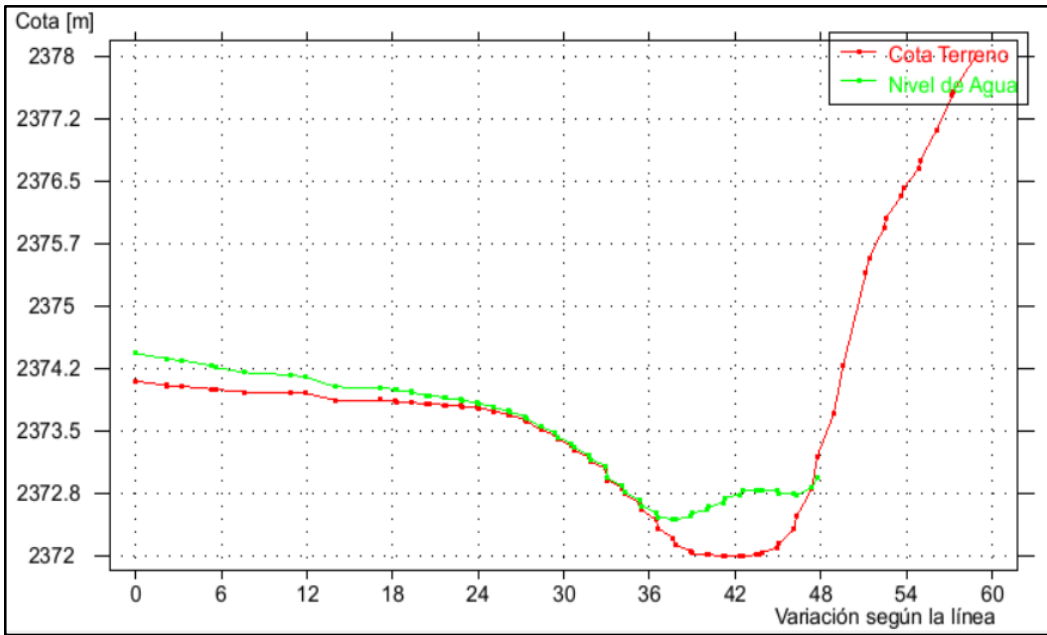


Perfil Transversal



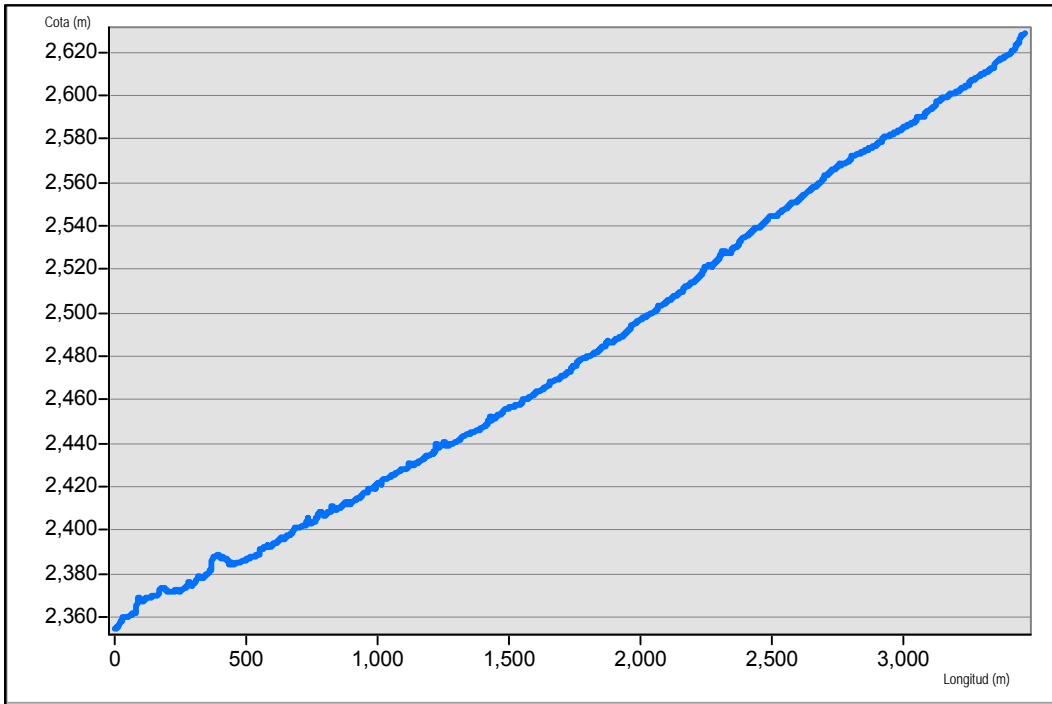




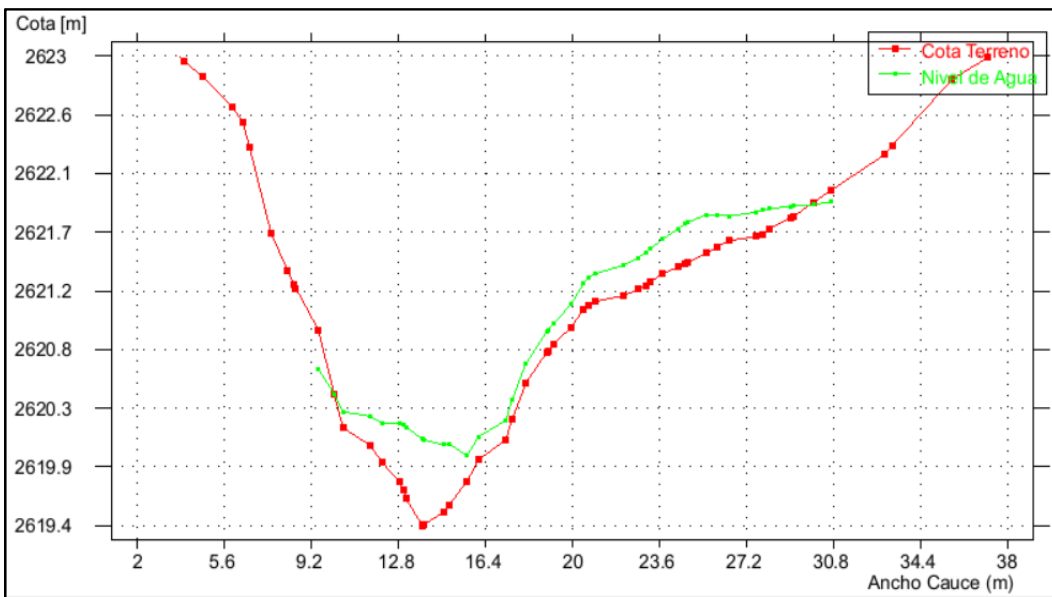


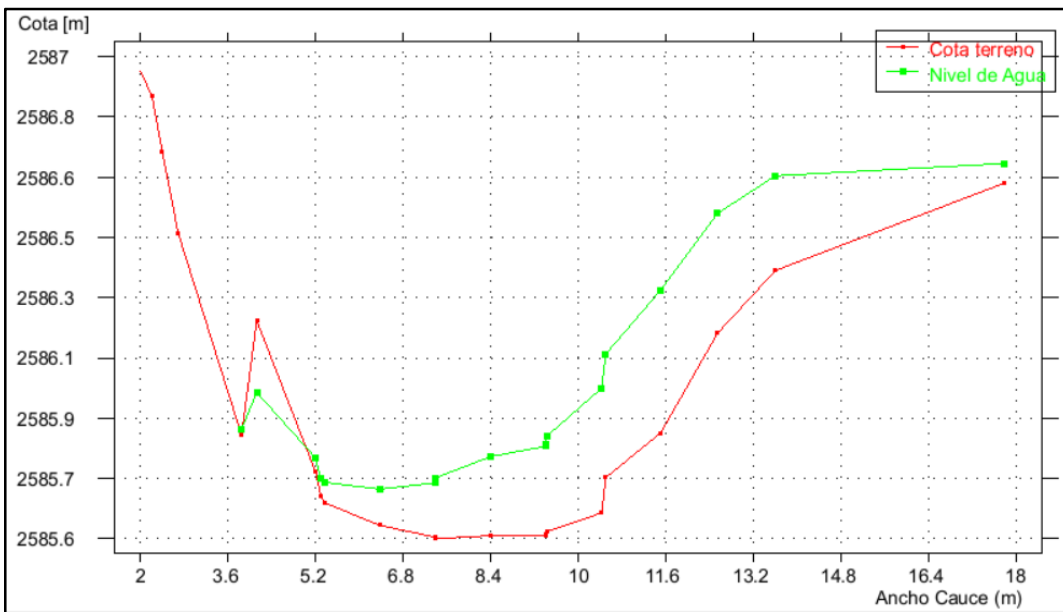
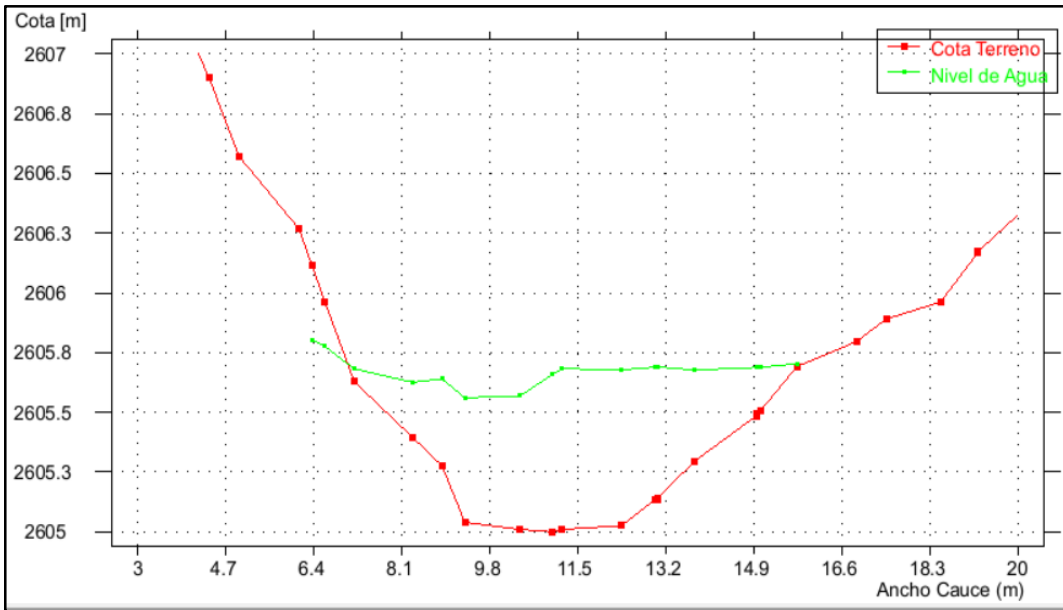
PERFILES TÍPICOS DE LOS TRAMOS CON TENDENCIA A DESBORDAMIENTO EN LA QUEBRADA MARCAHUASI.

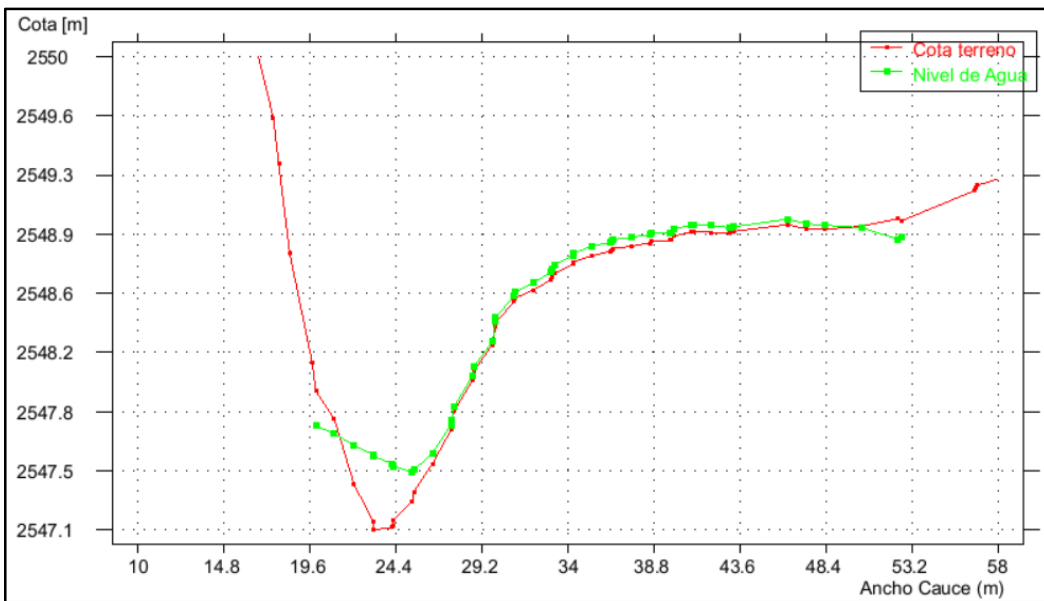
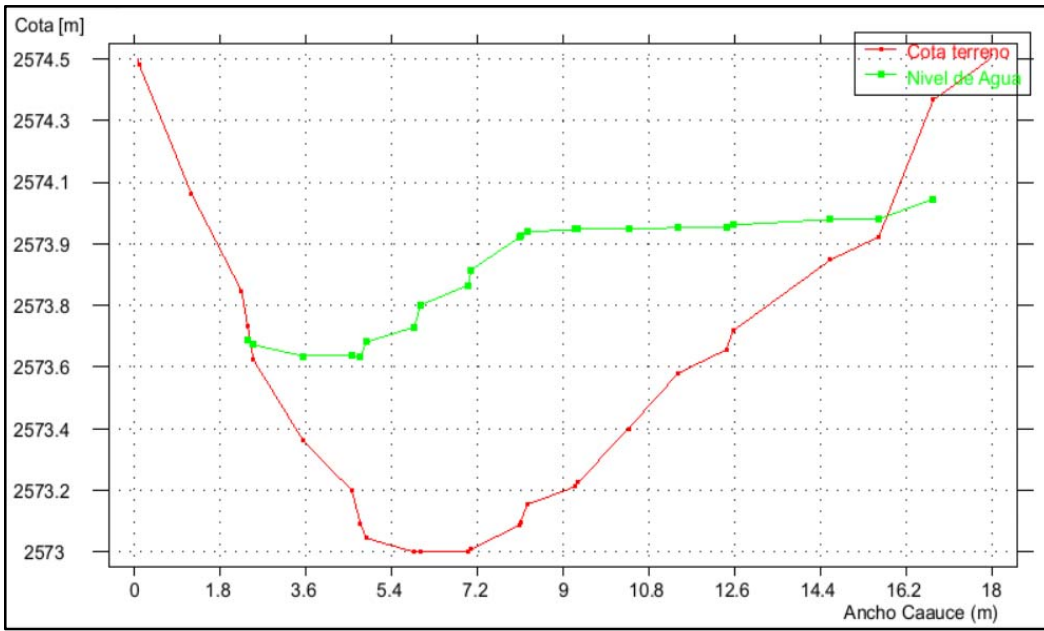
Perfil Longitudinal

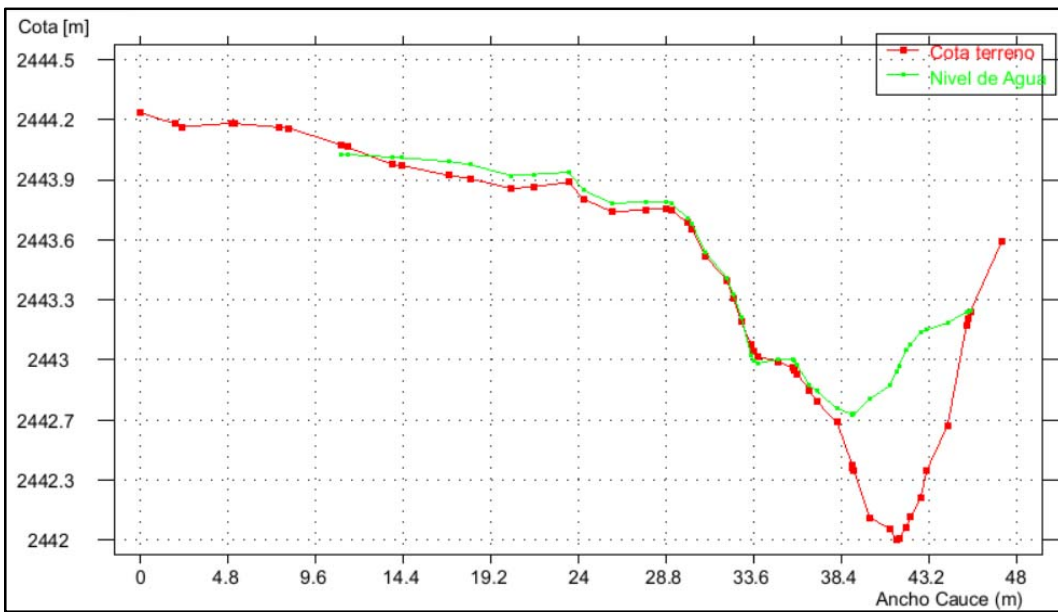
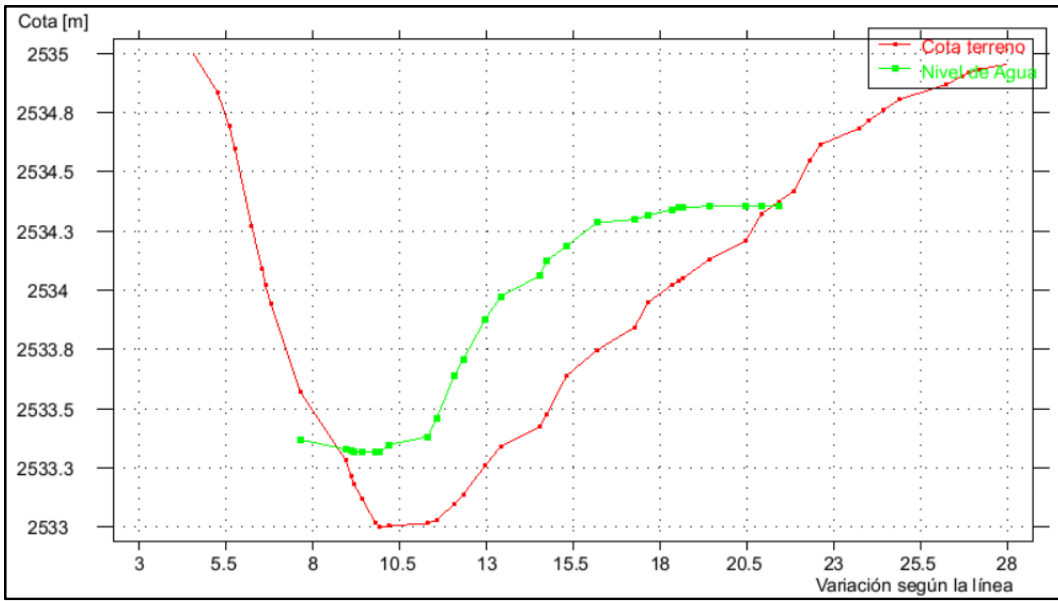


Perfil Transversal



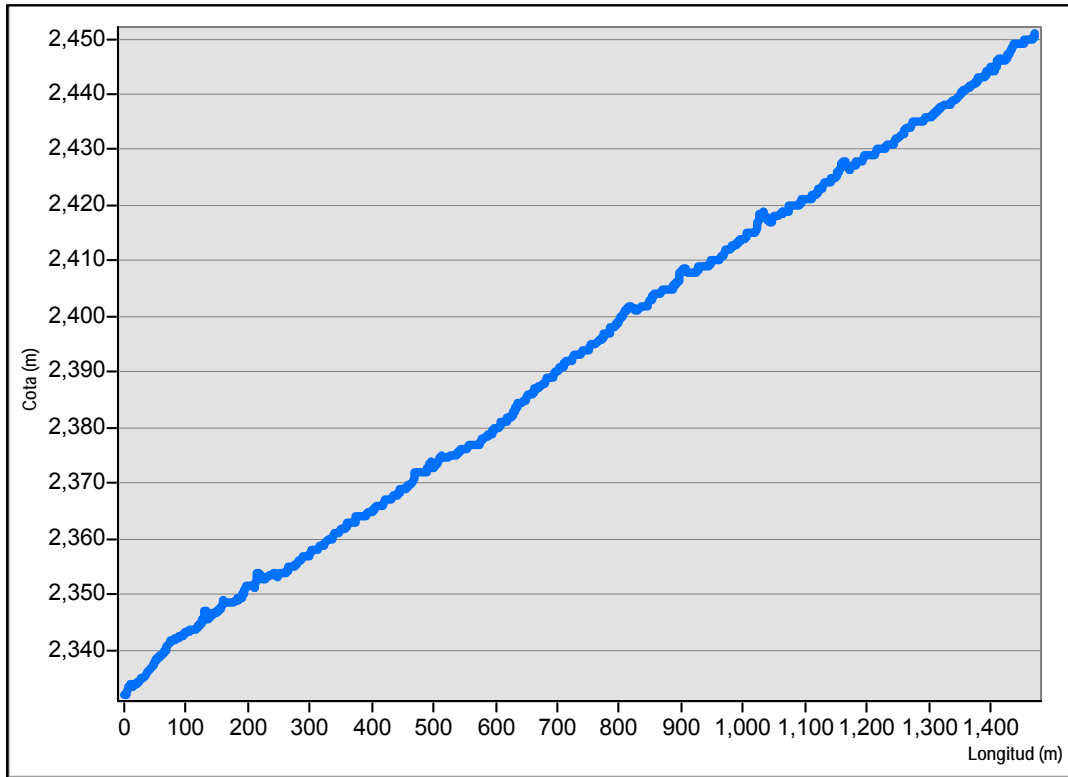




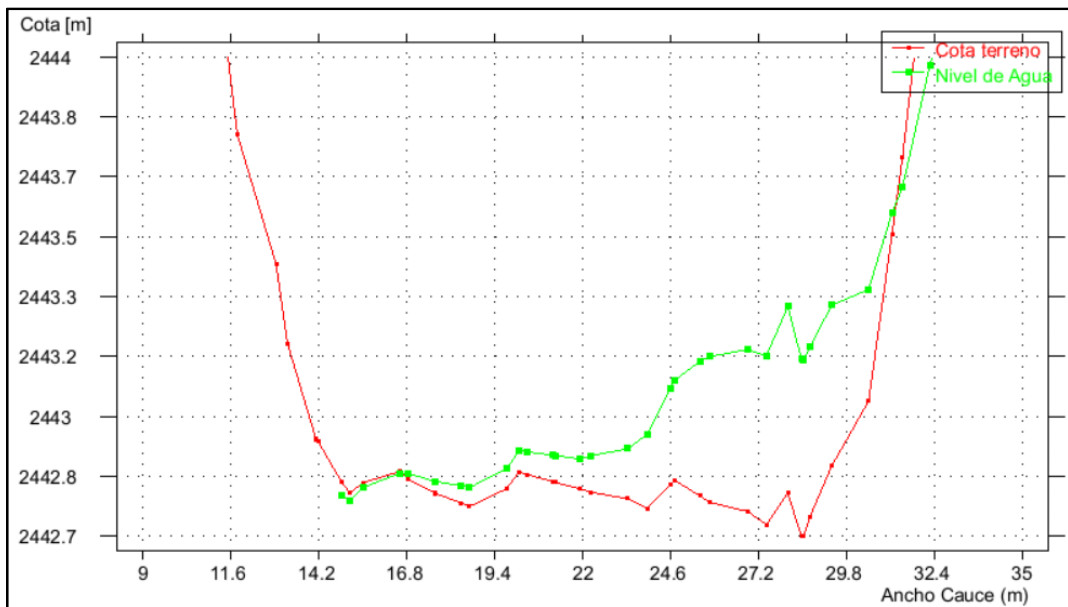


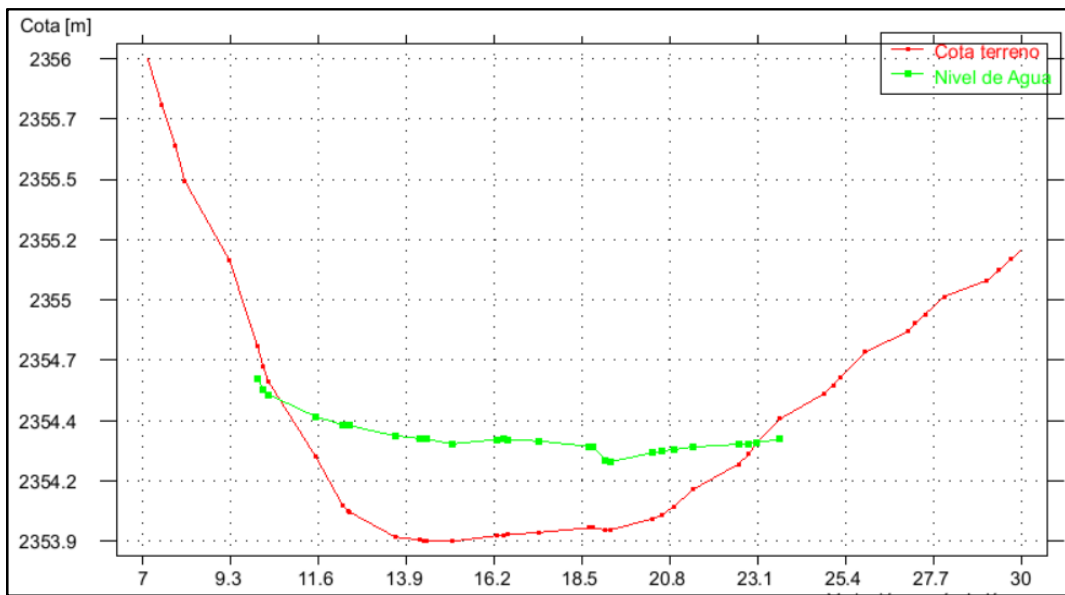
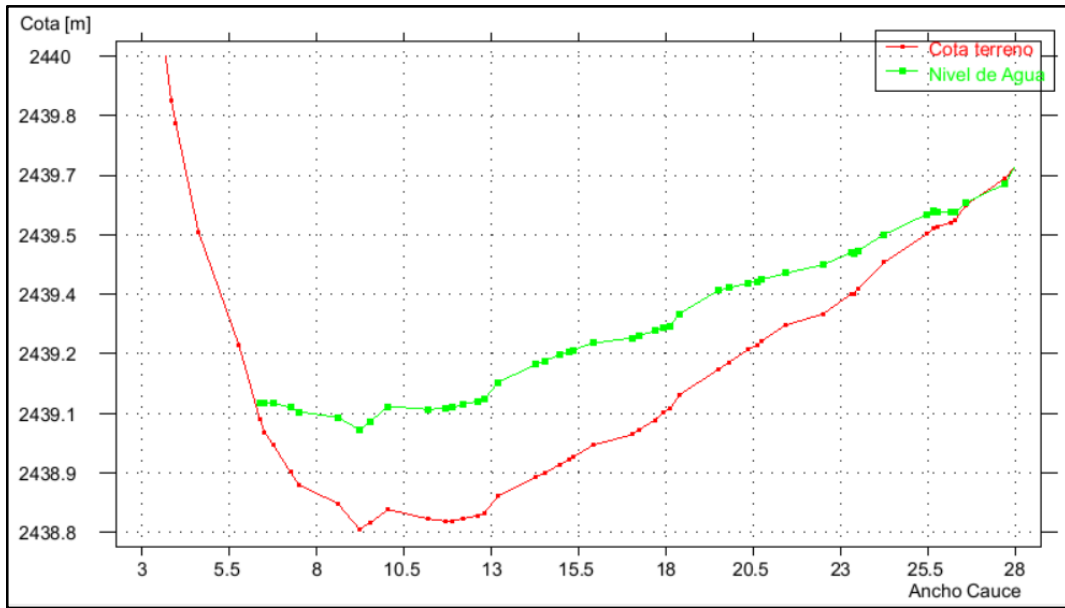
PERFILES TÍPICOS DE LOS TRAMOS CON TENDENCIA A DESBORDAMIENTO EN LA QUEBRADA COLCAQUI.

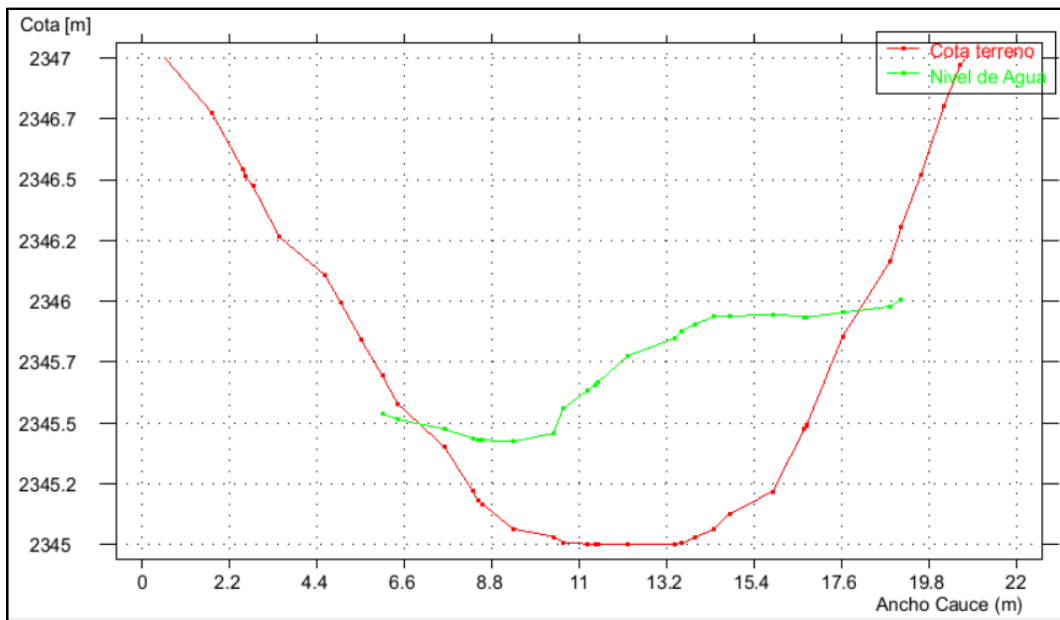
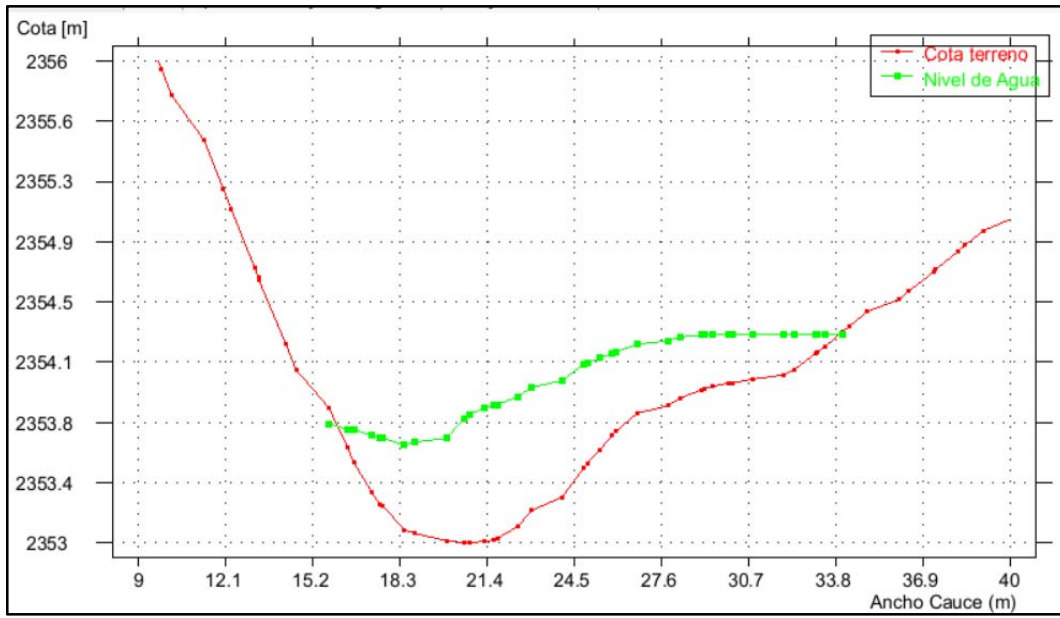
Perfil Longitudinal



Perfil Transversal

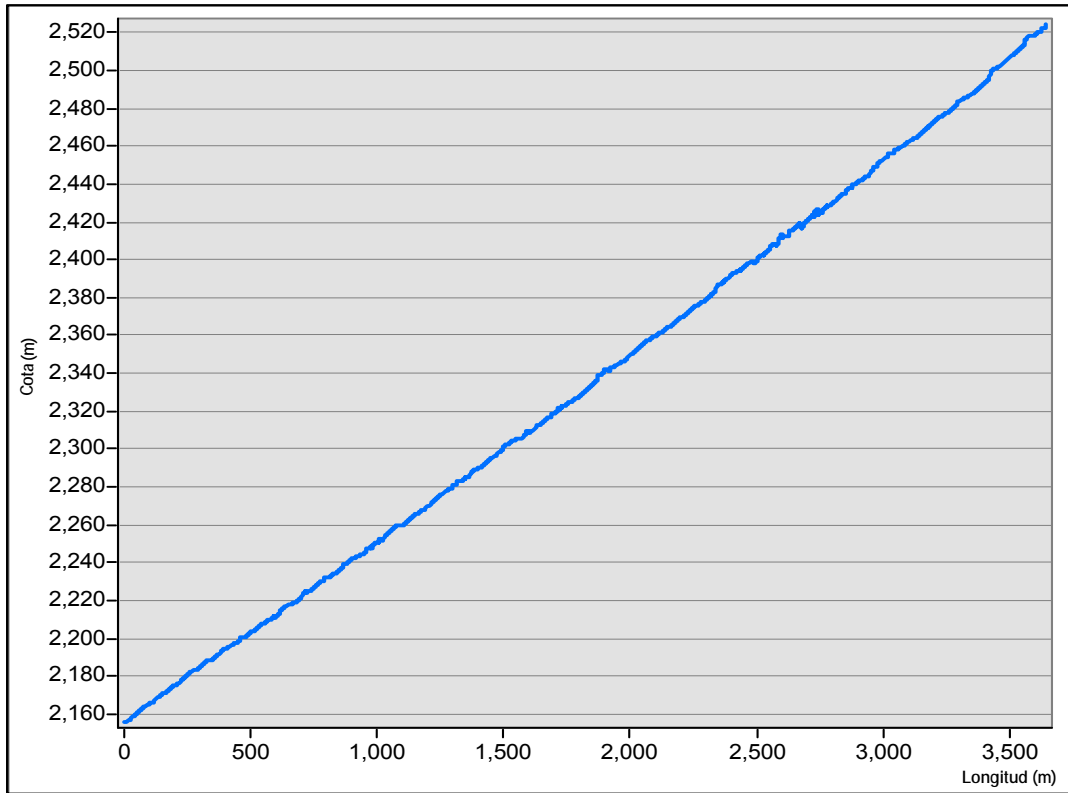




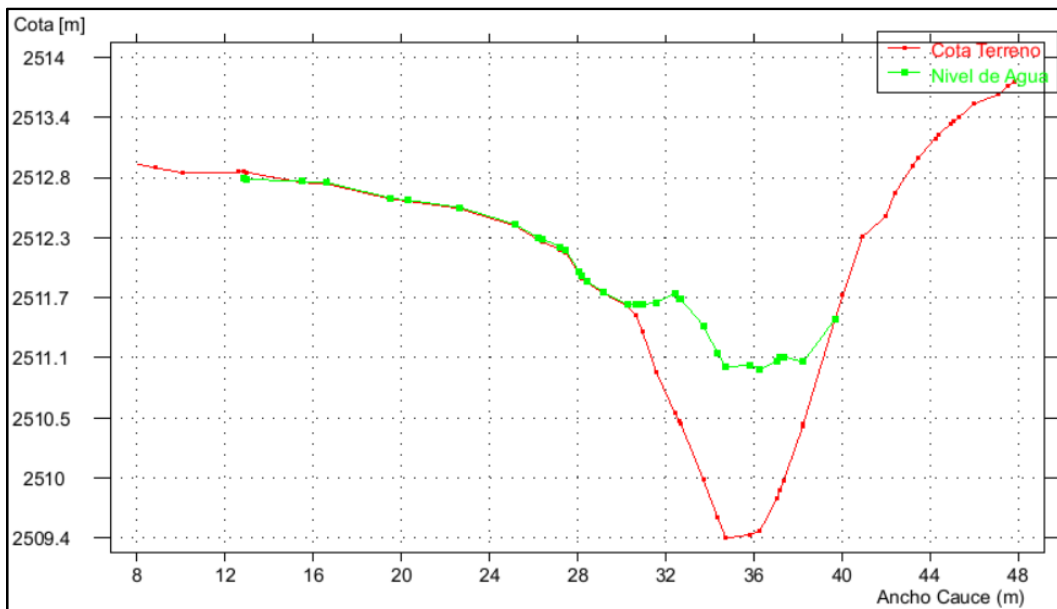


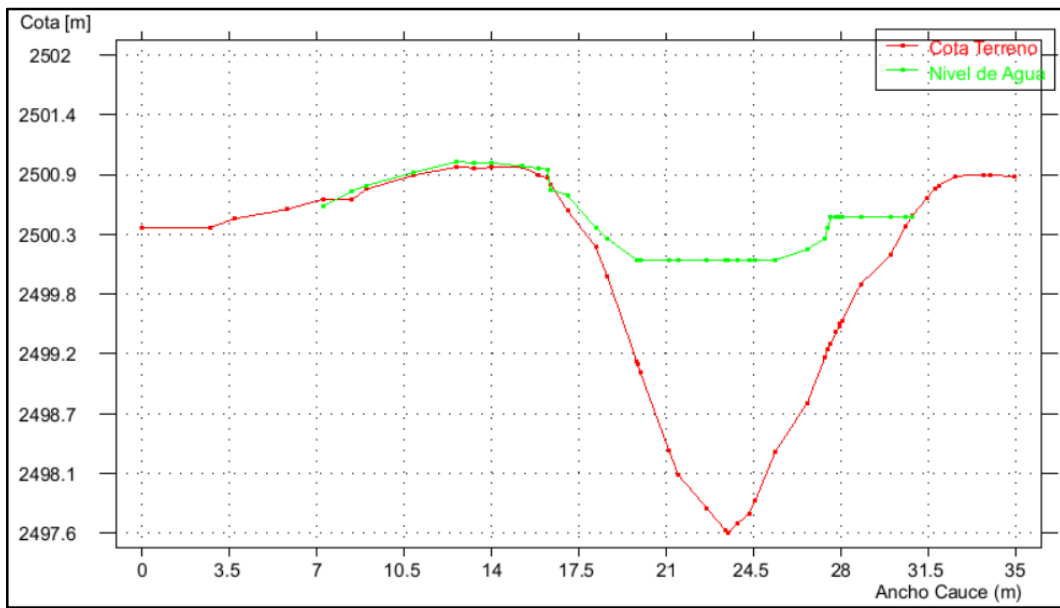
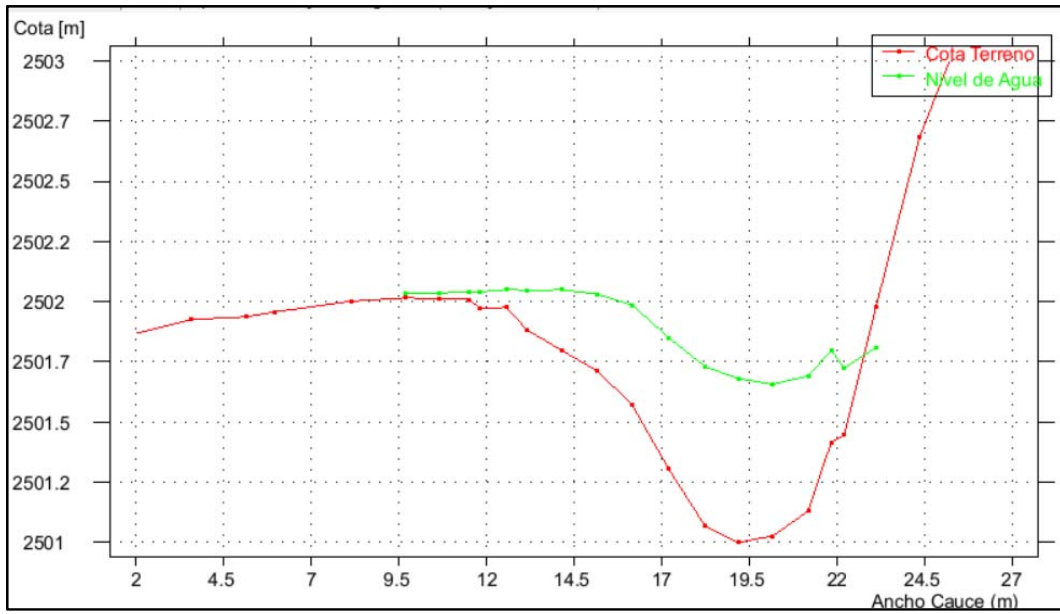
PERFILES TÍPICOS DE LOS TRAMOS CON TENDENCIA A DESBORDAMIENTO EN LA QUEBRADA SAHUANAY.

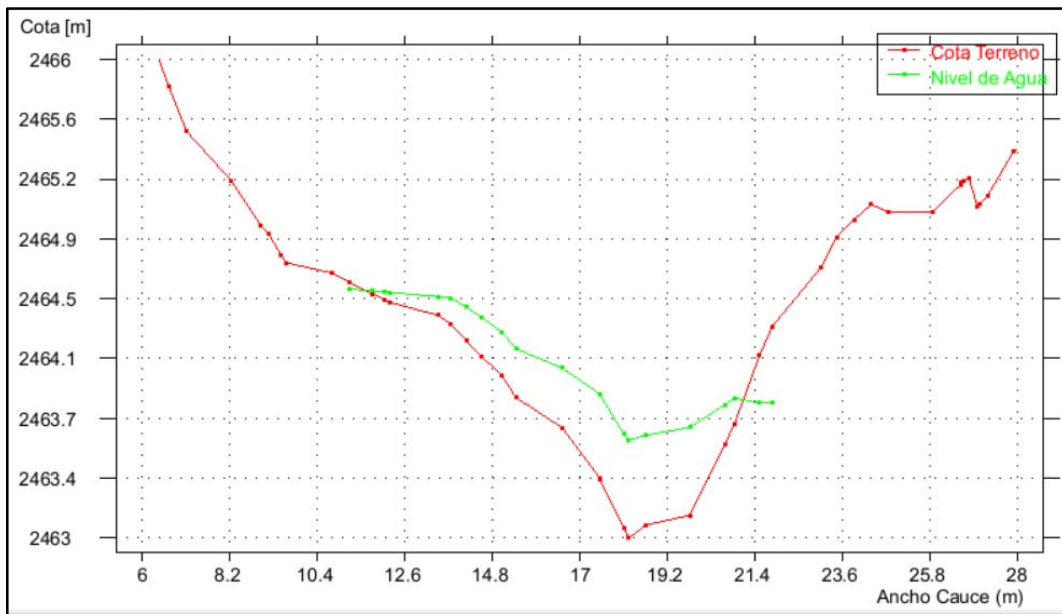
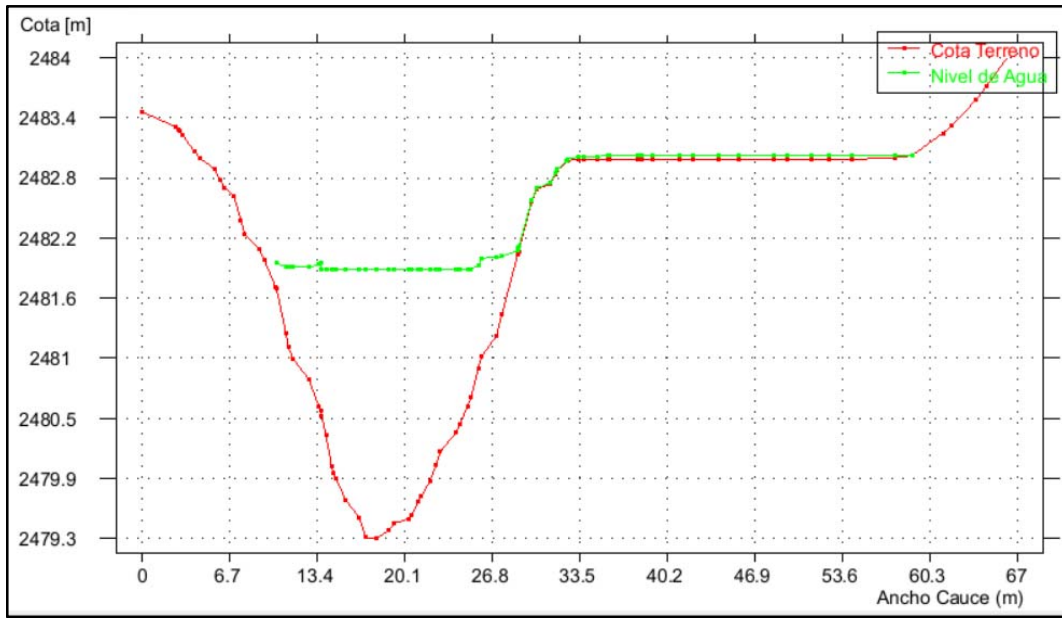
Perfil Longitudinal

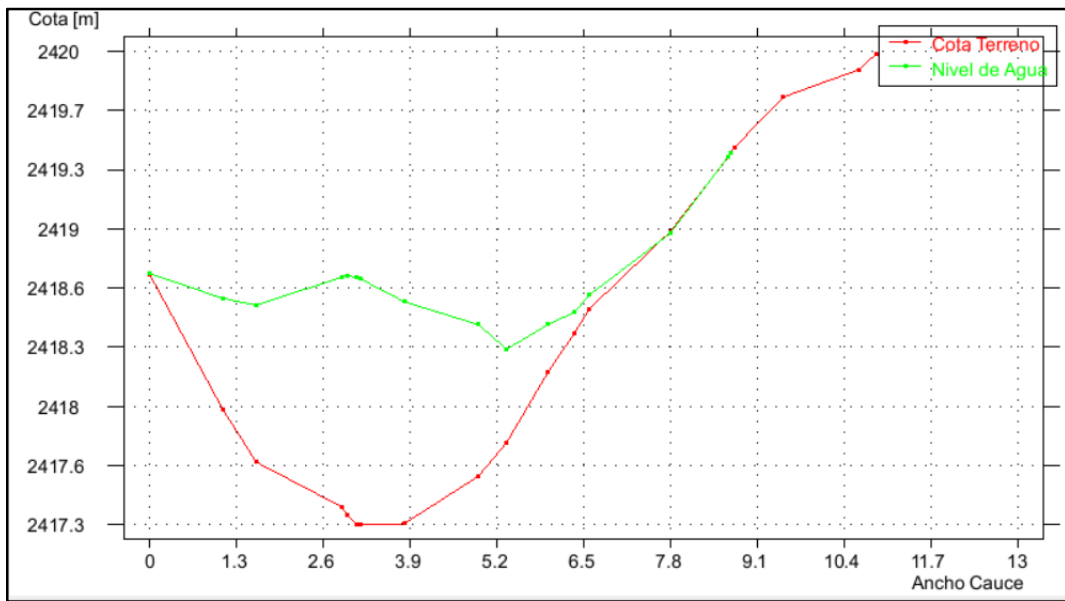
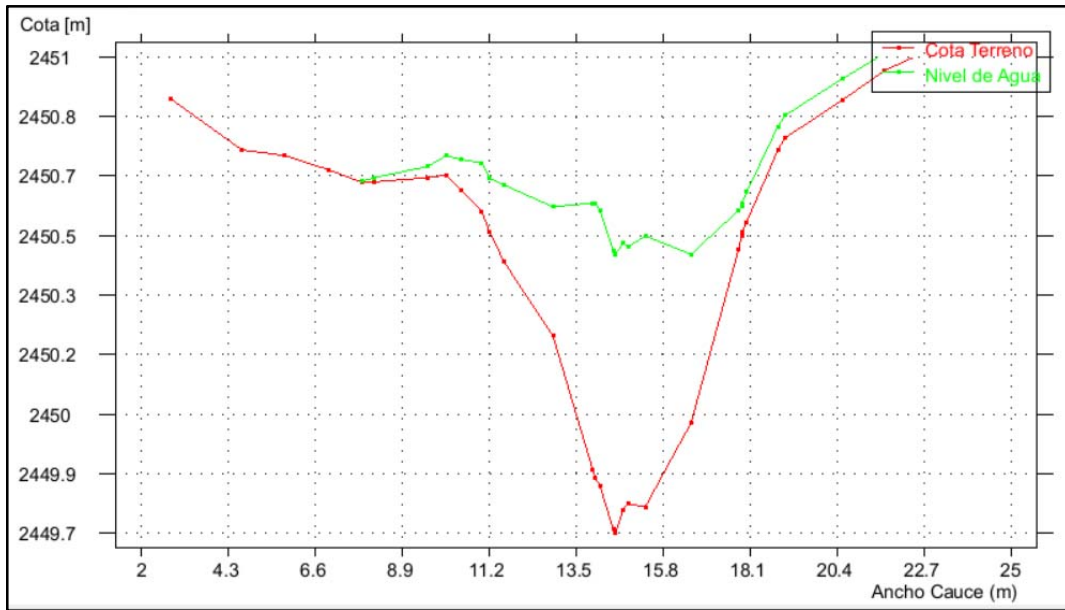


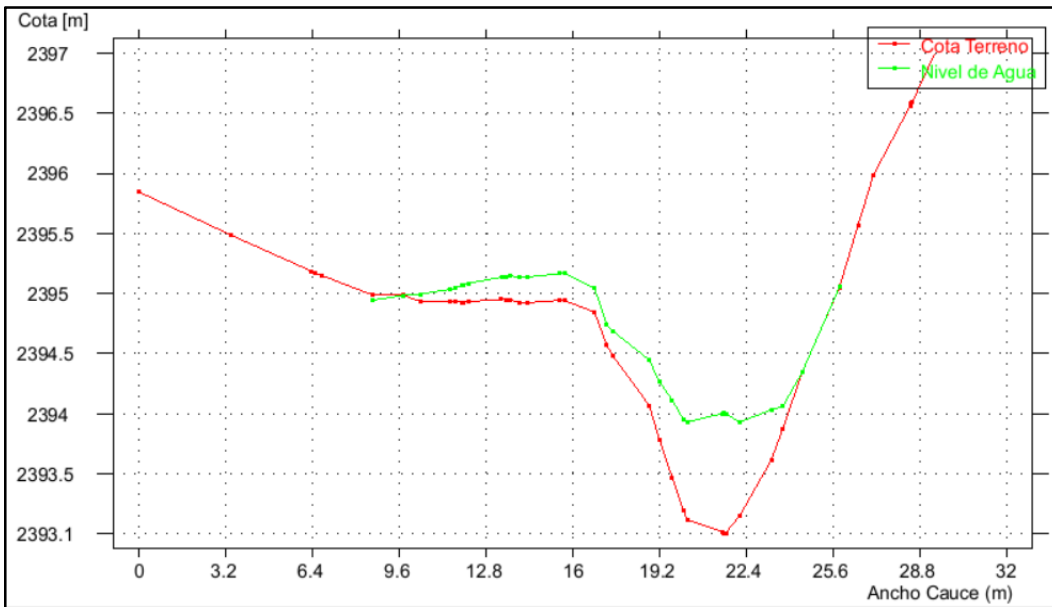
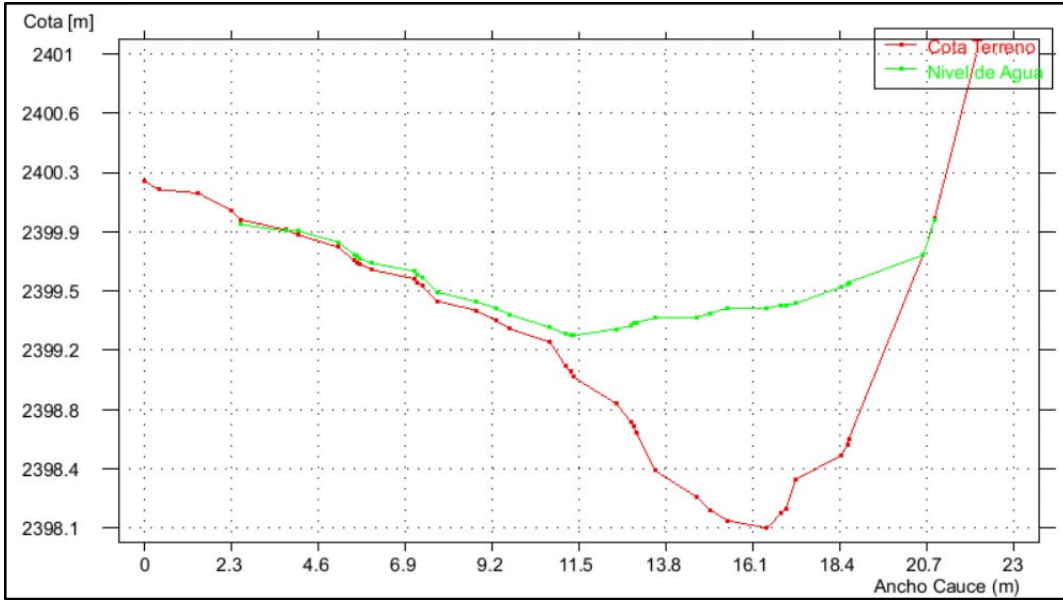
Perfil Transversal

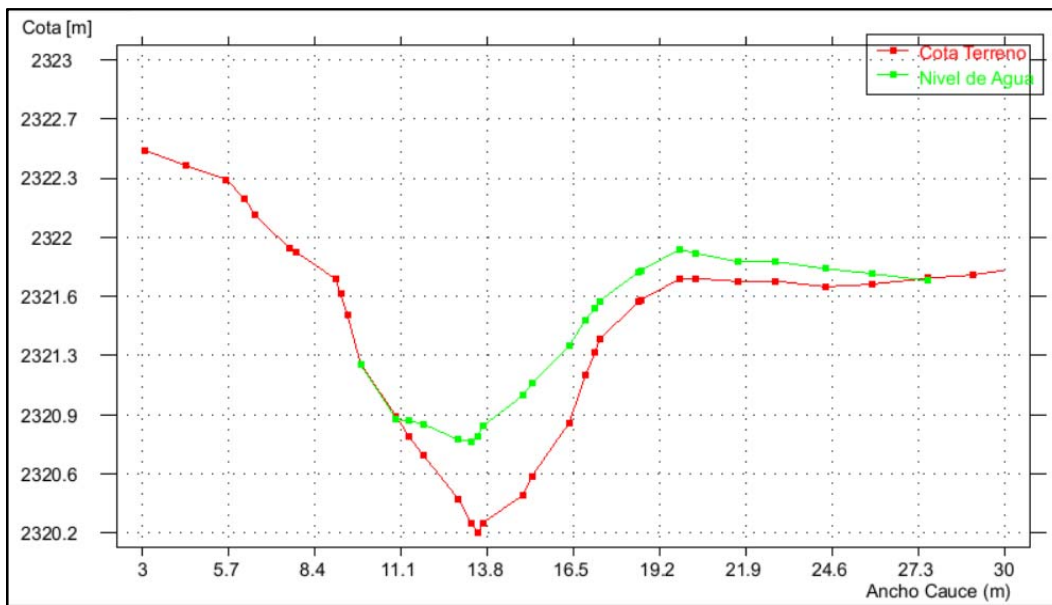
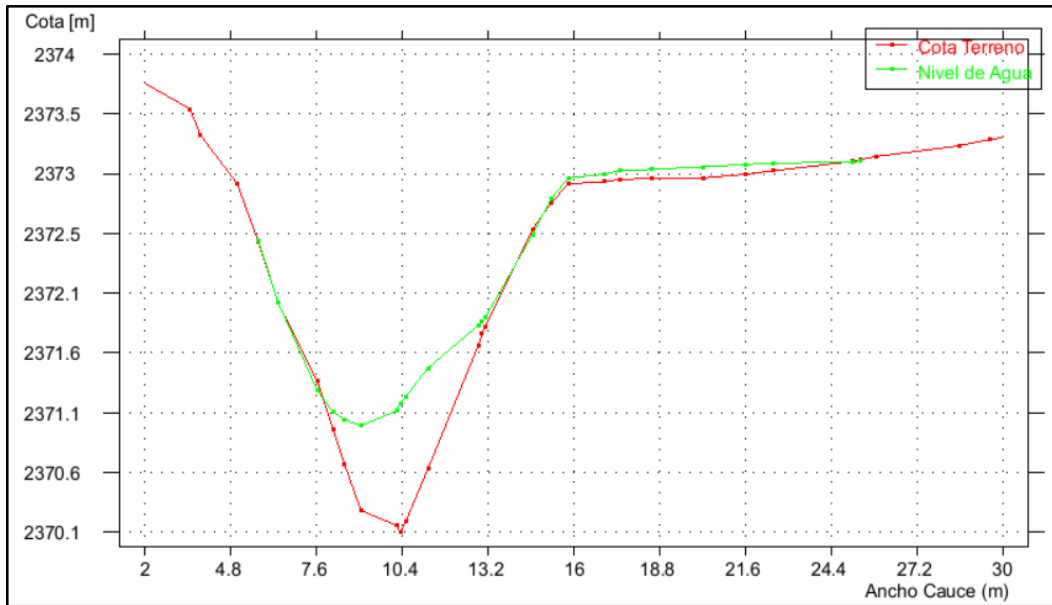


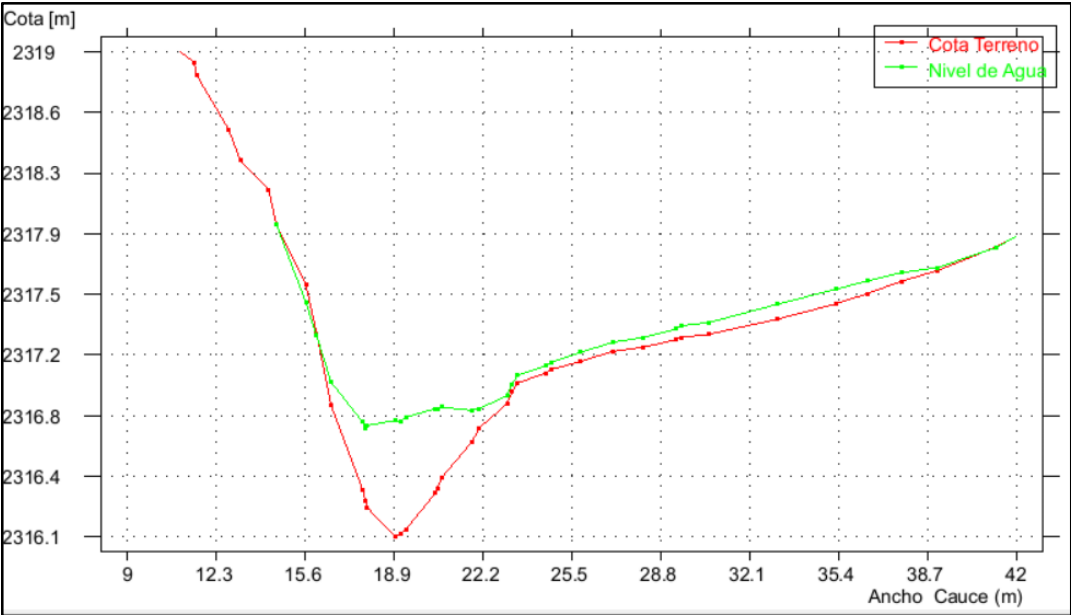






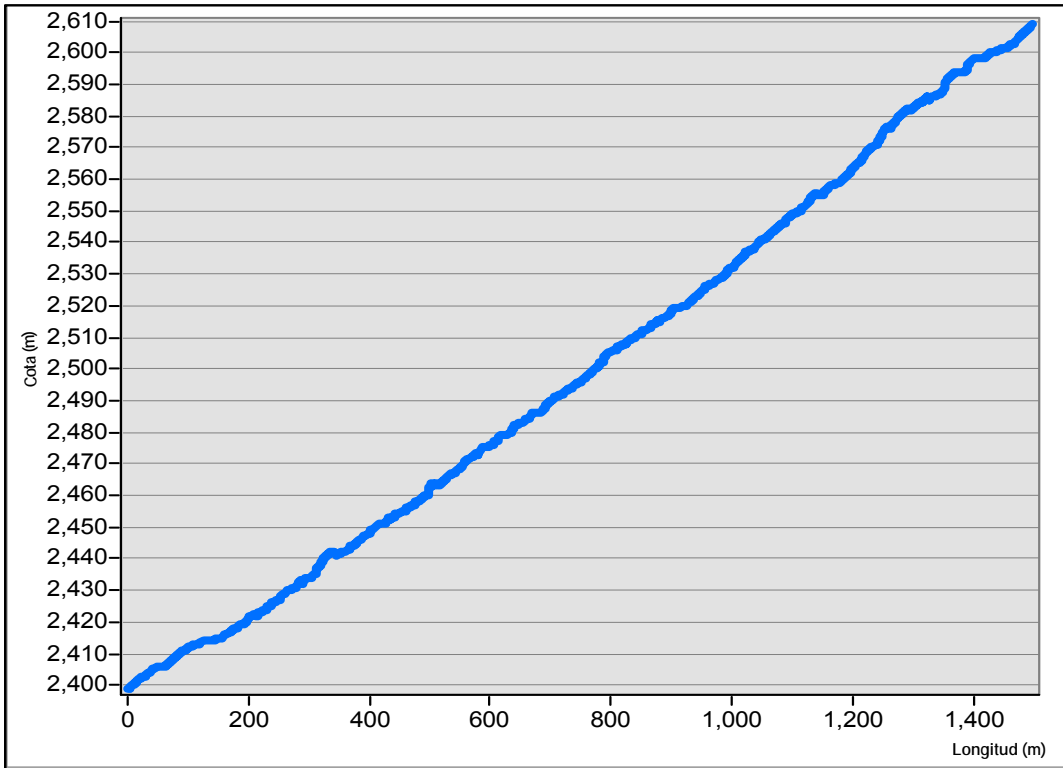




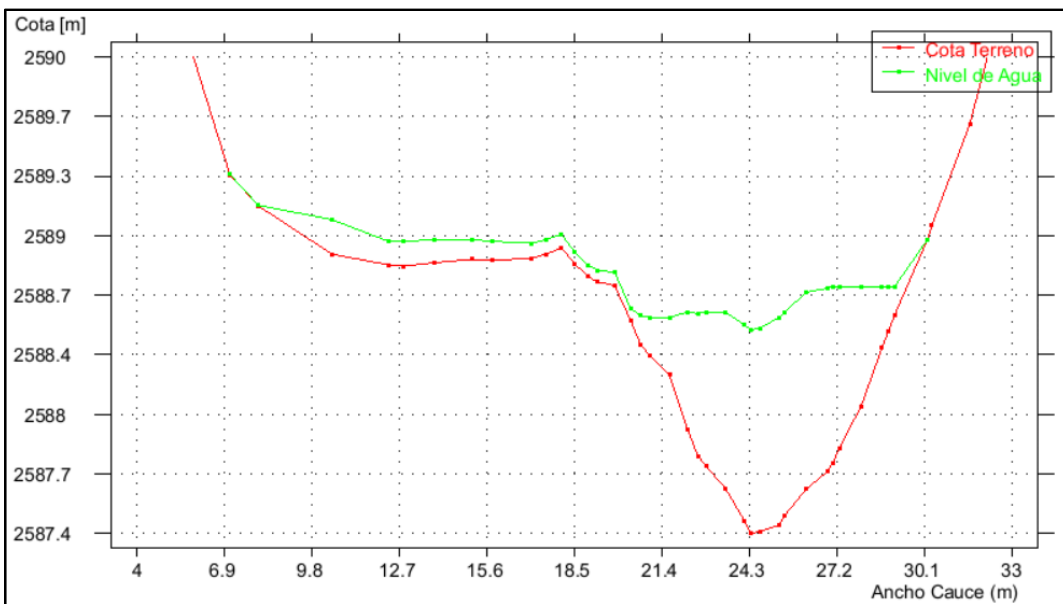


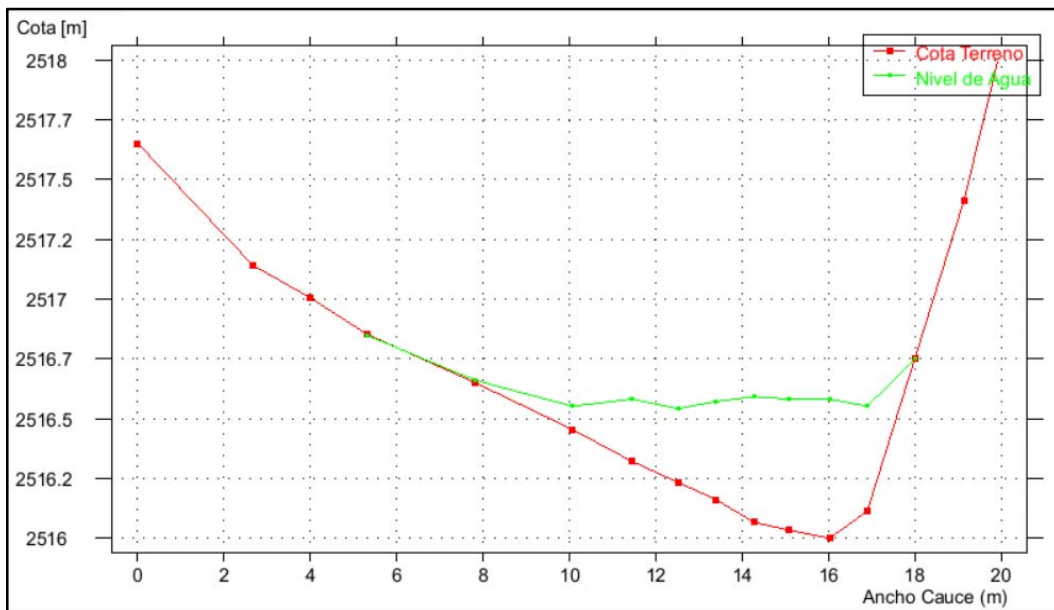
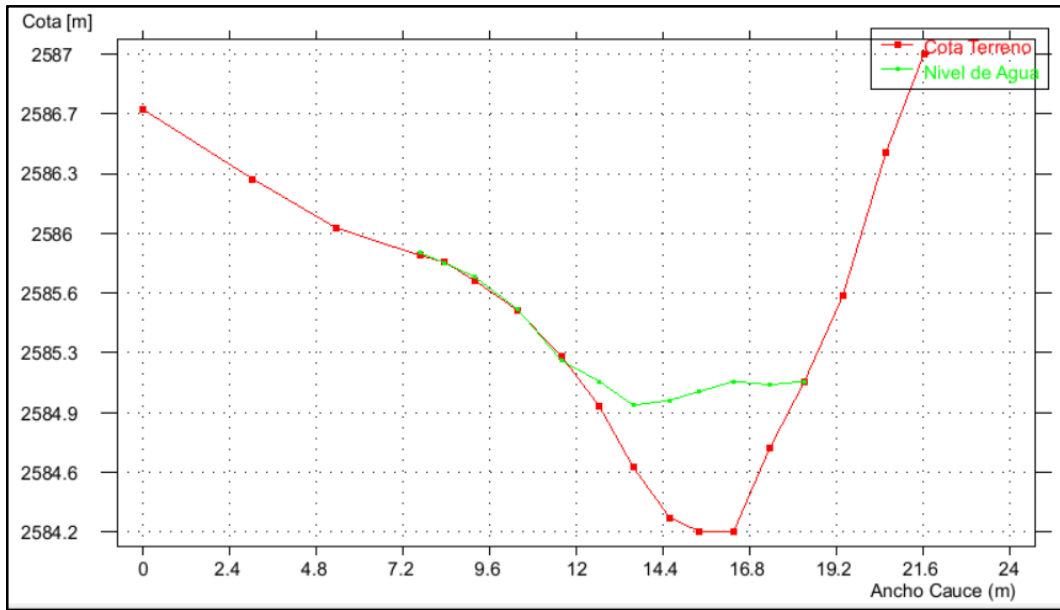
PERFILES TÍPICOS DE LOS TRAMOS CON TENDENCIA A DESBORDAMIENTO EN LA QUEBRADA ULLPUHUAYCCO.

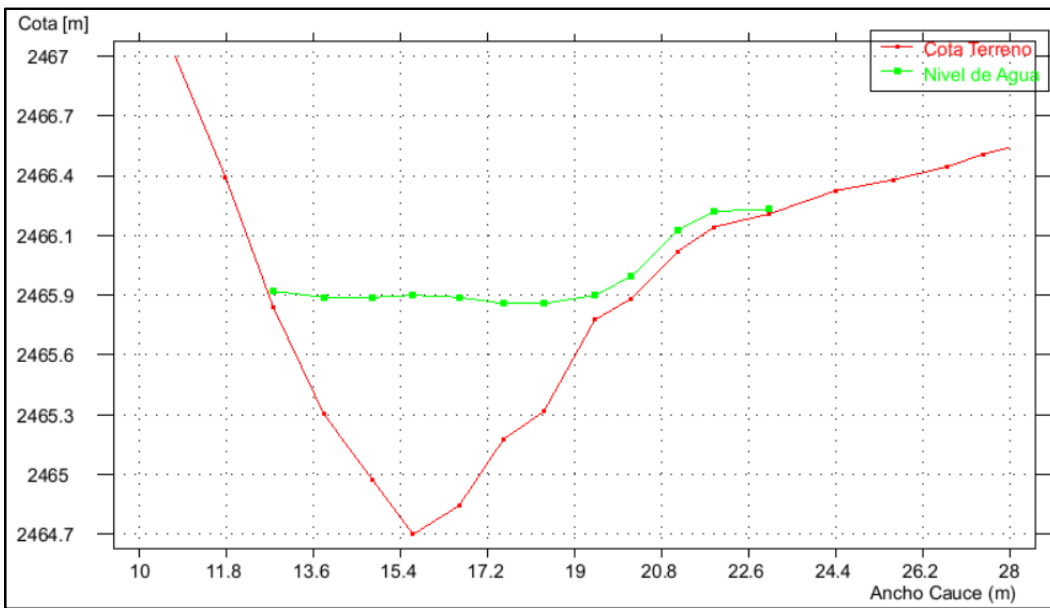
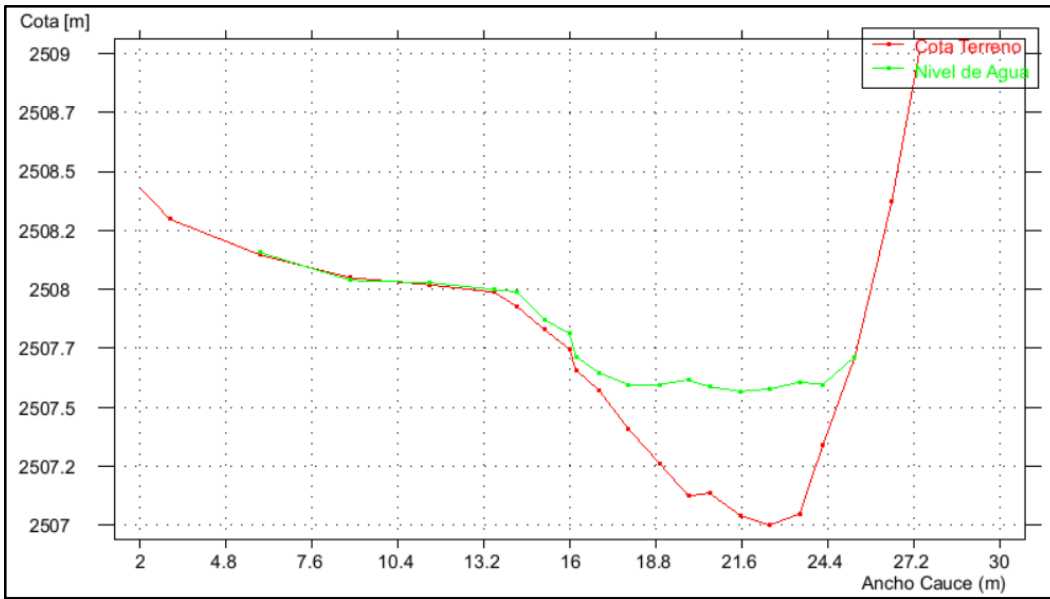
Perfil Longitudinal



Perfil Transversal

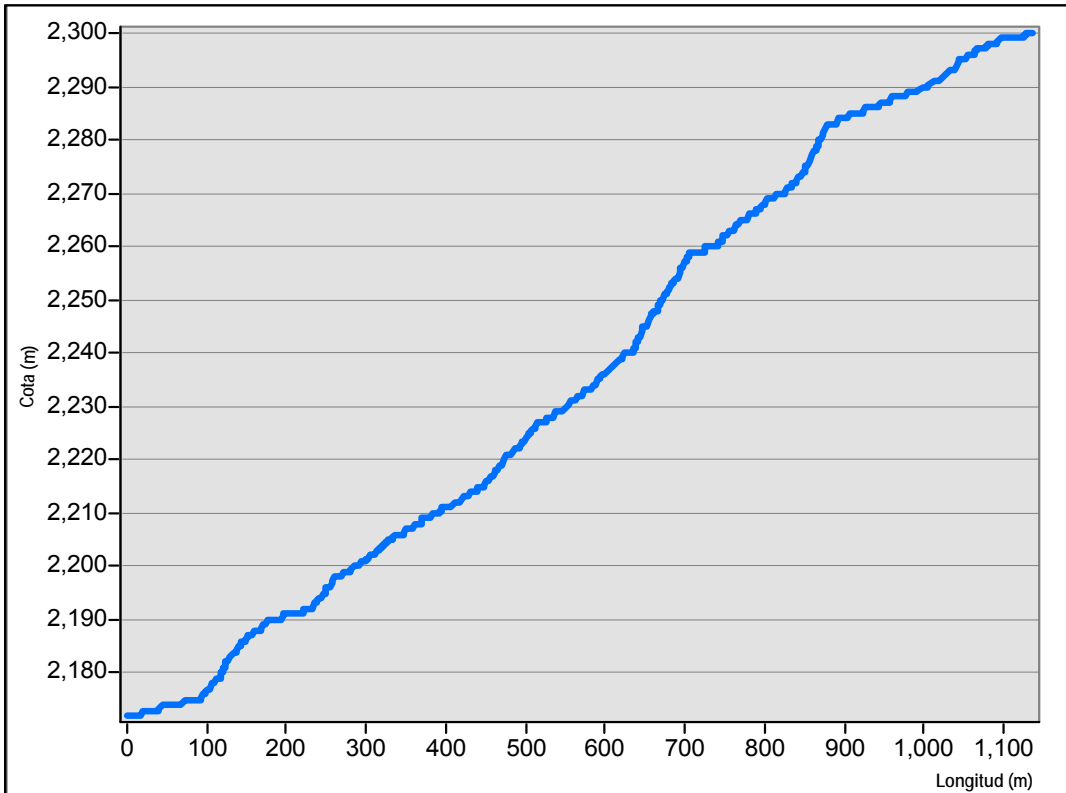




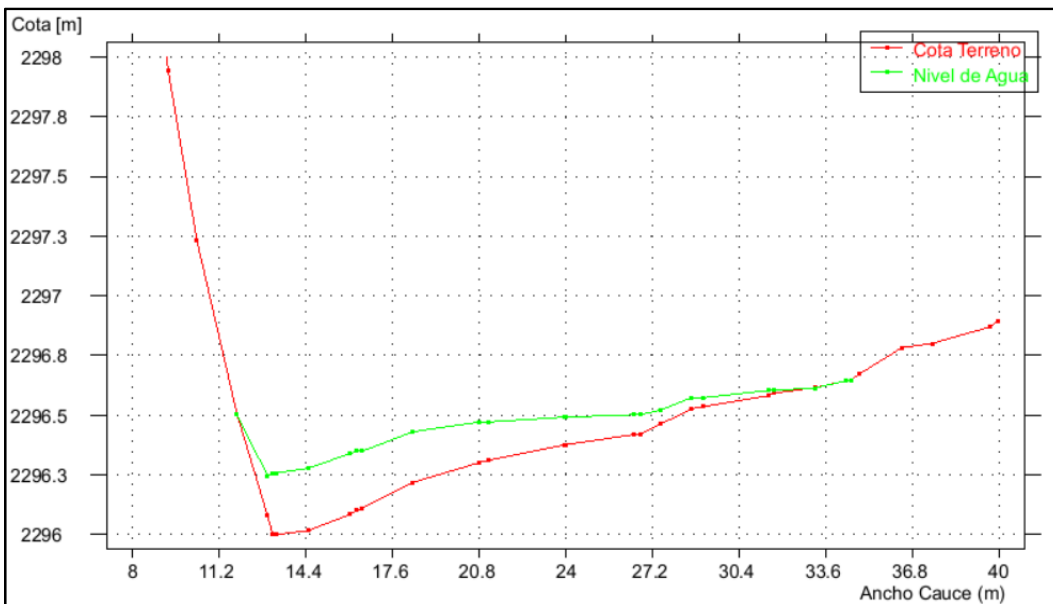


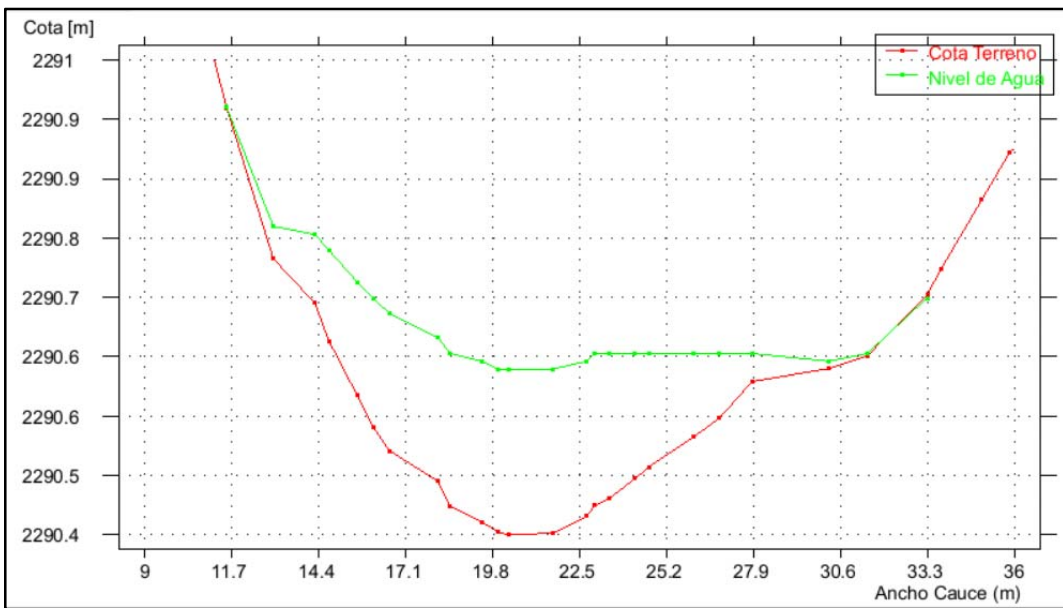
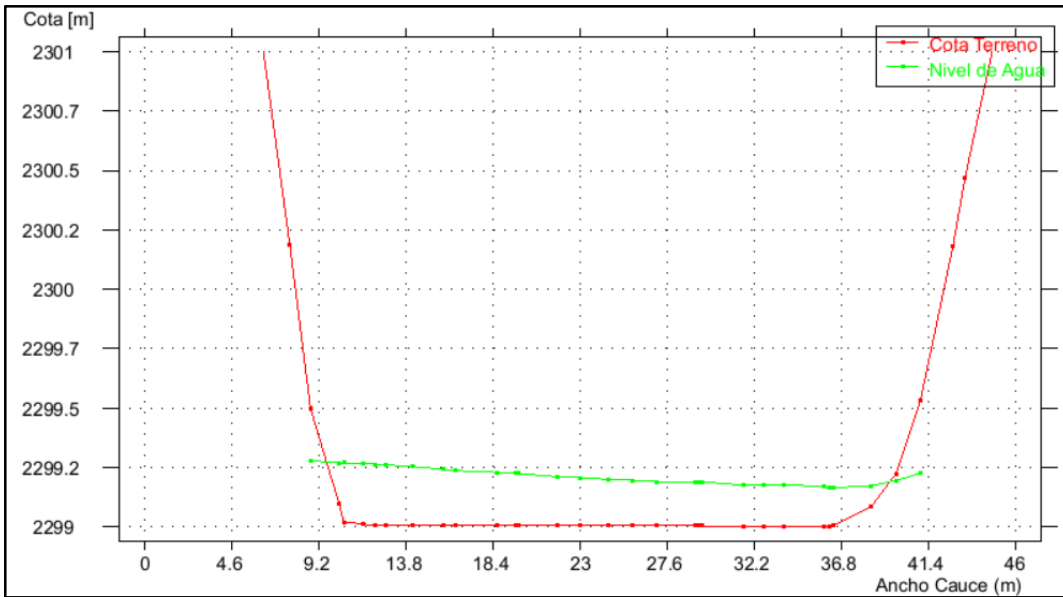
PERFILES TÍPICOS DE LOS TRAMOS CON TENDENCIA A DESBORDAMIENTO EN LA QUEBRADA ULLPUHUAYCCO.

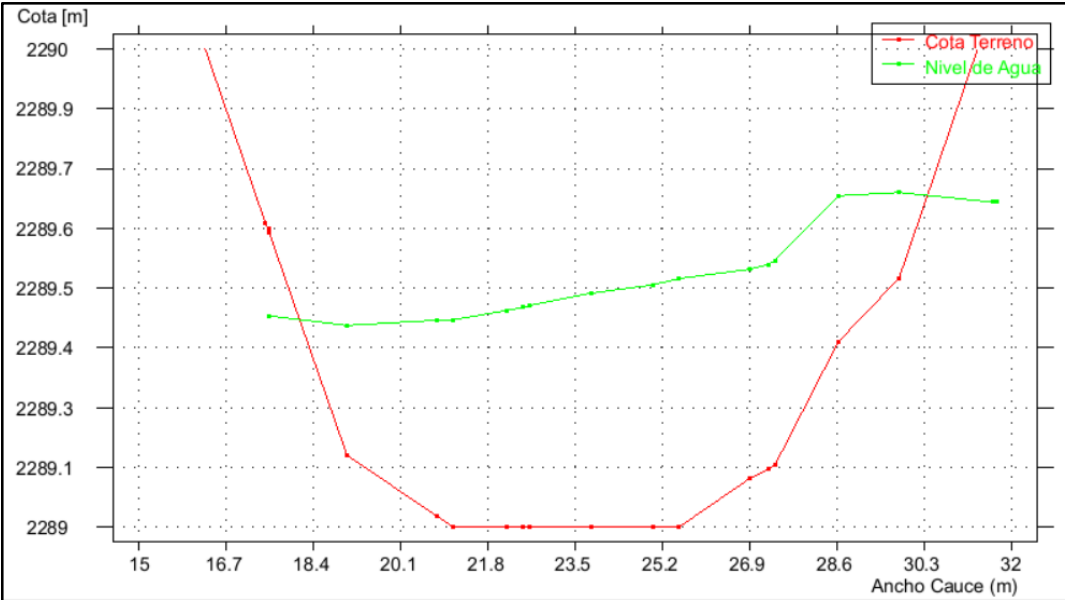
Perfil Longitudinal



Perfil Transversal

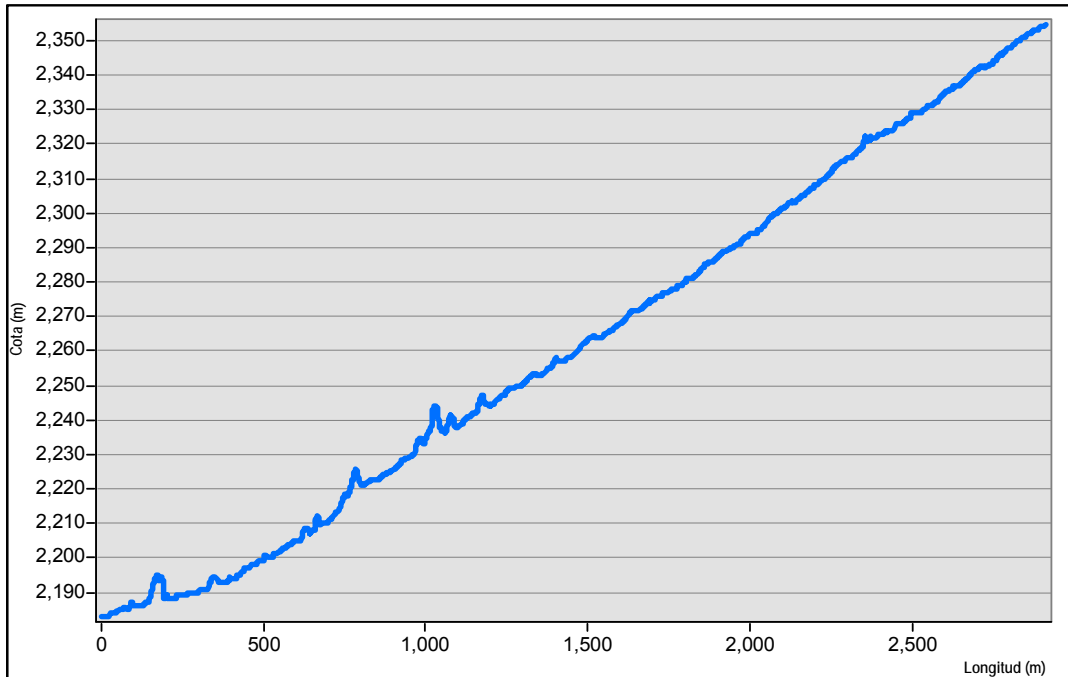




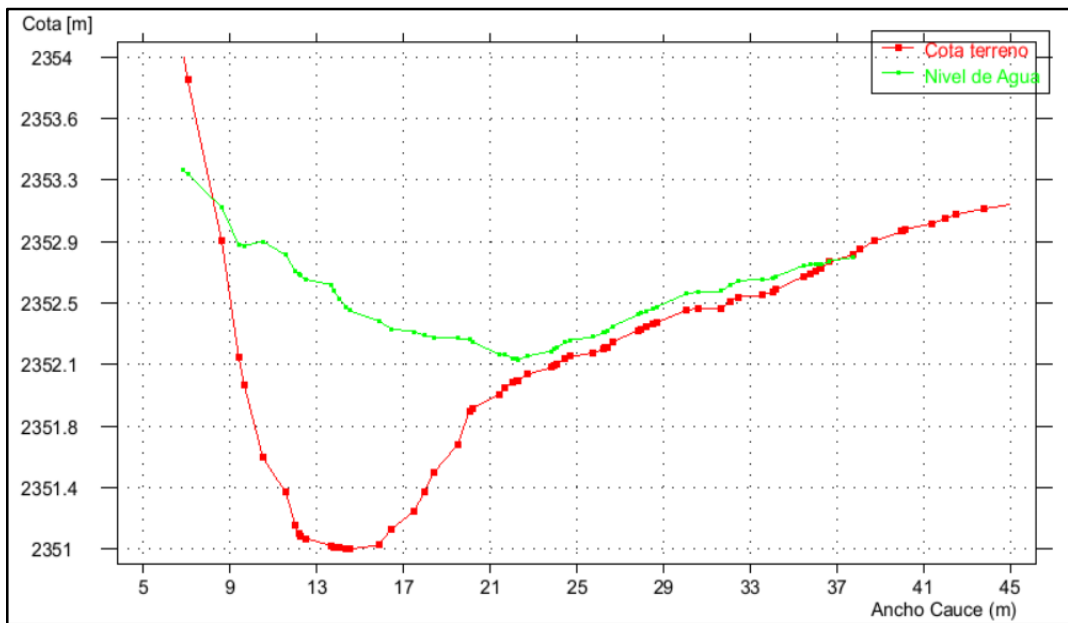


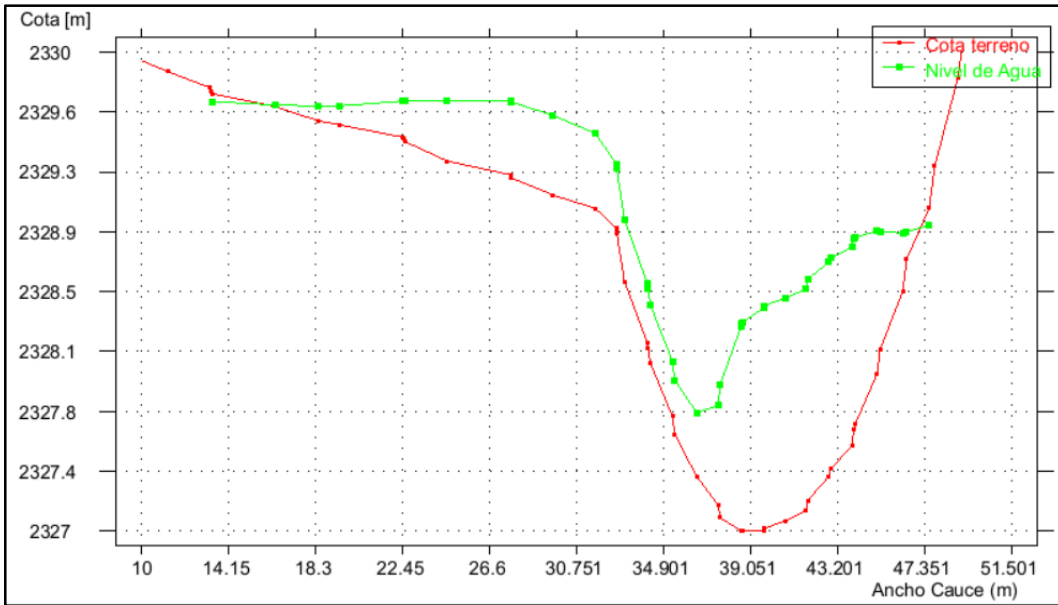
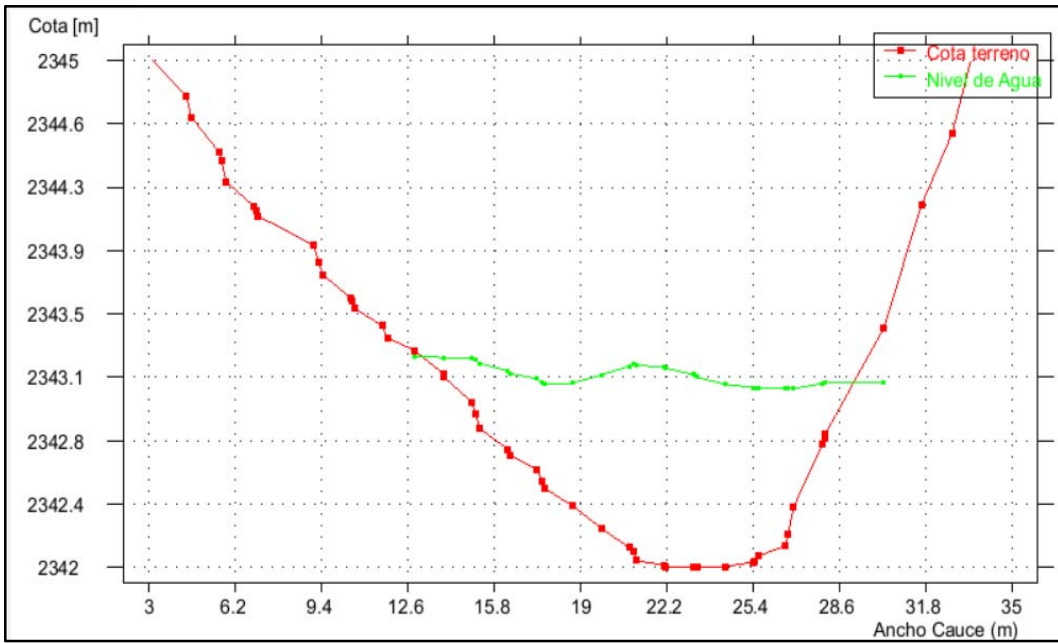
PERFILES TÍPICOS DE LOS TRAMOS CON TENDENCIA A DESBORDAMIENTO EN EL RÍO MARIÑO.

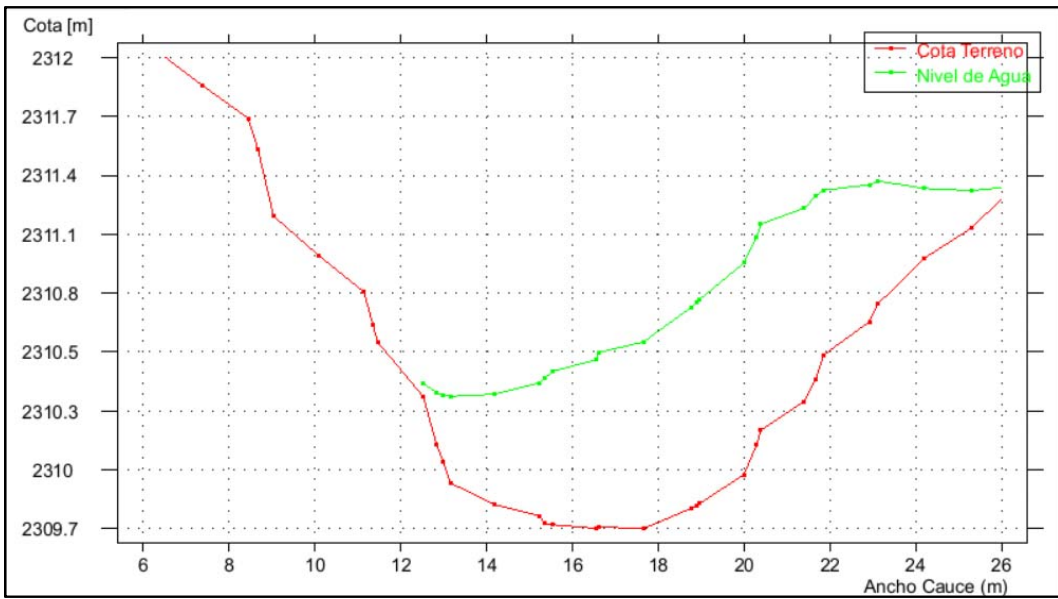
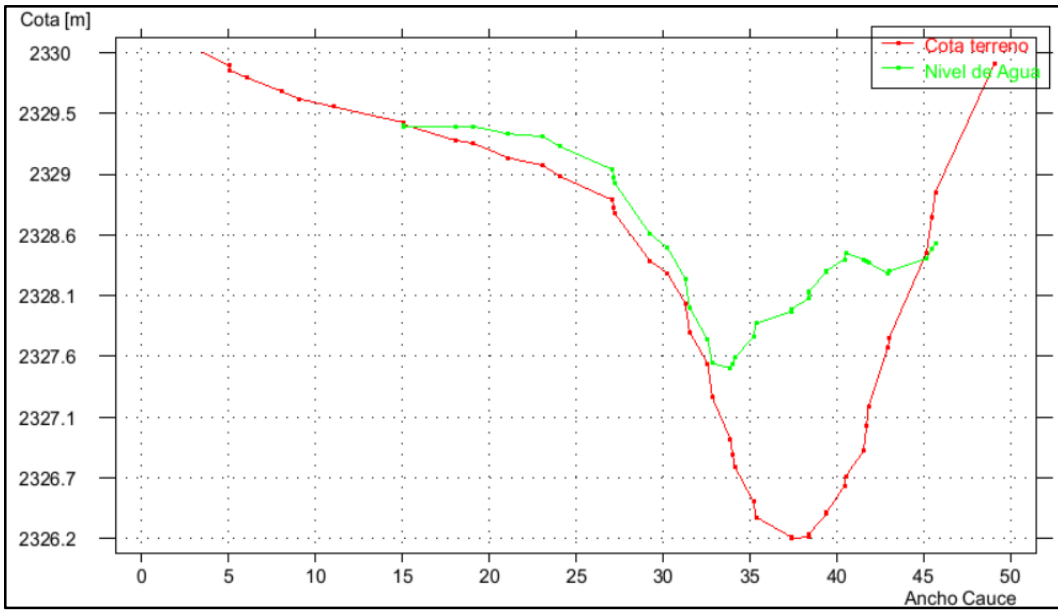
Perfil Longitudinal

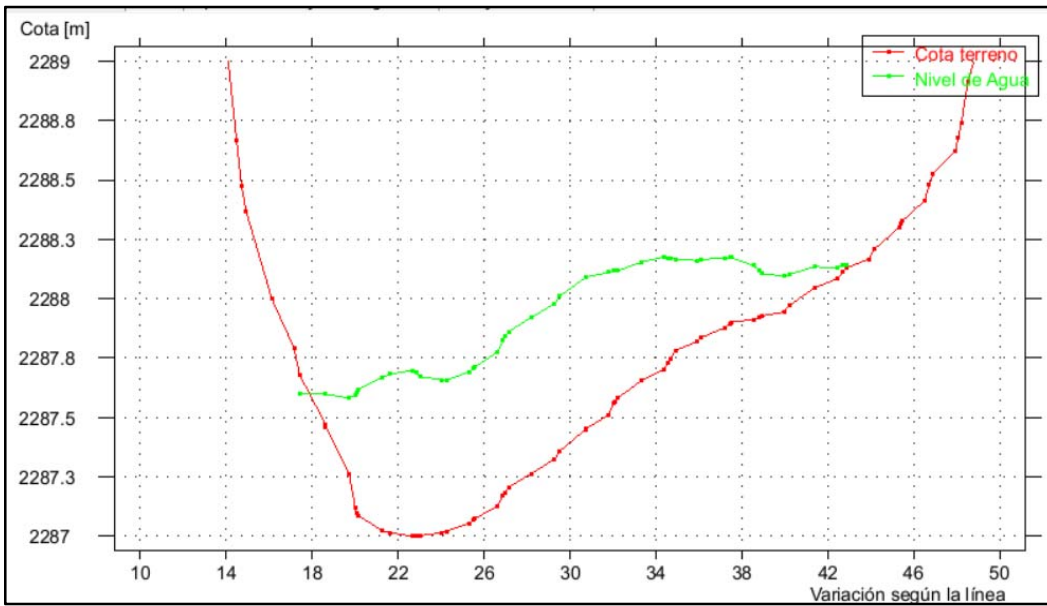
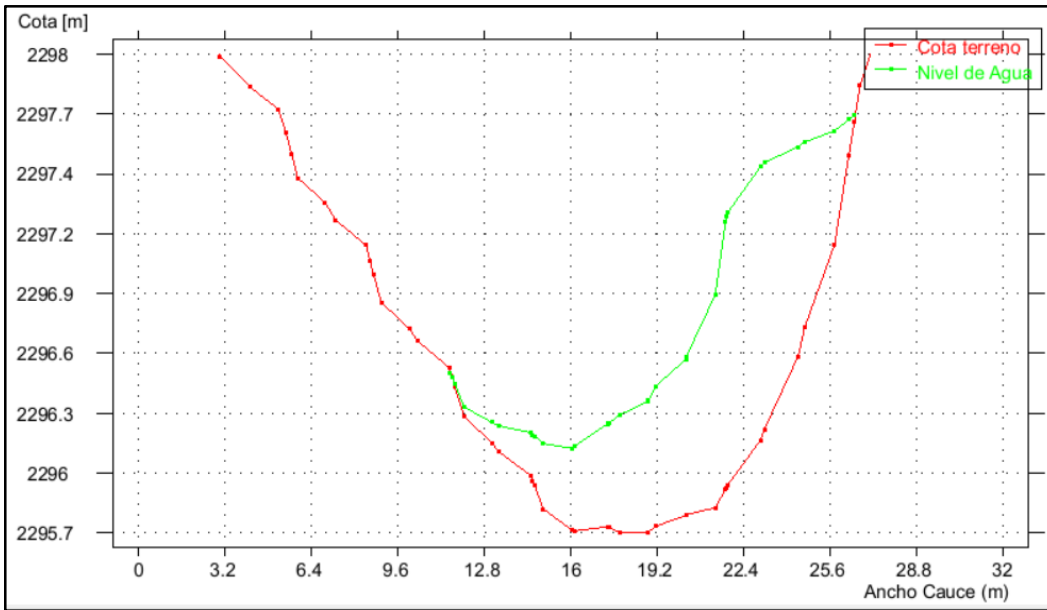


Perfil Transversal









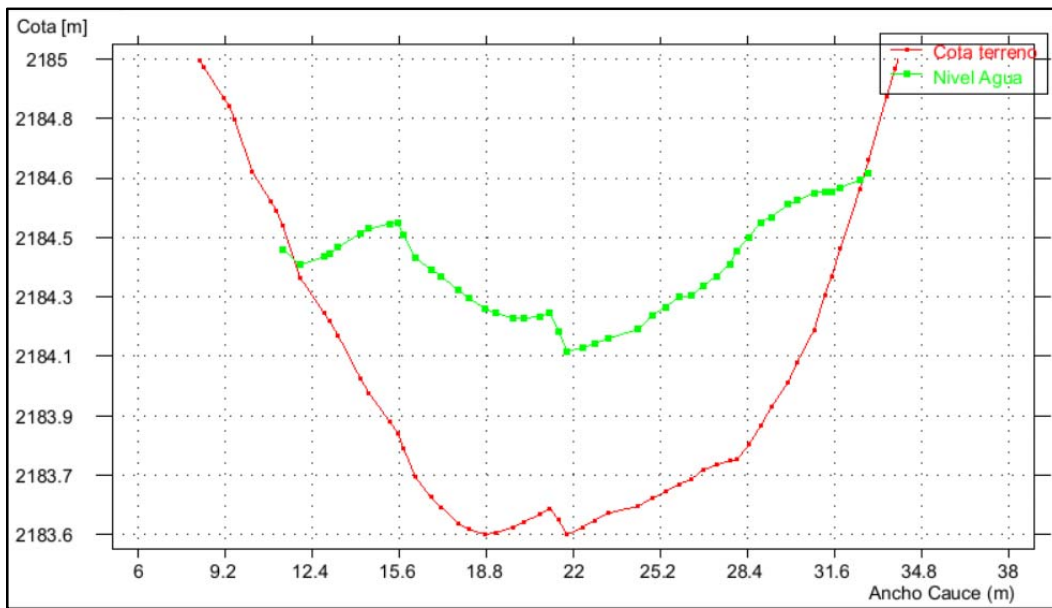
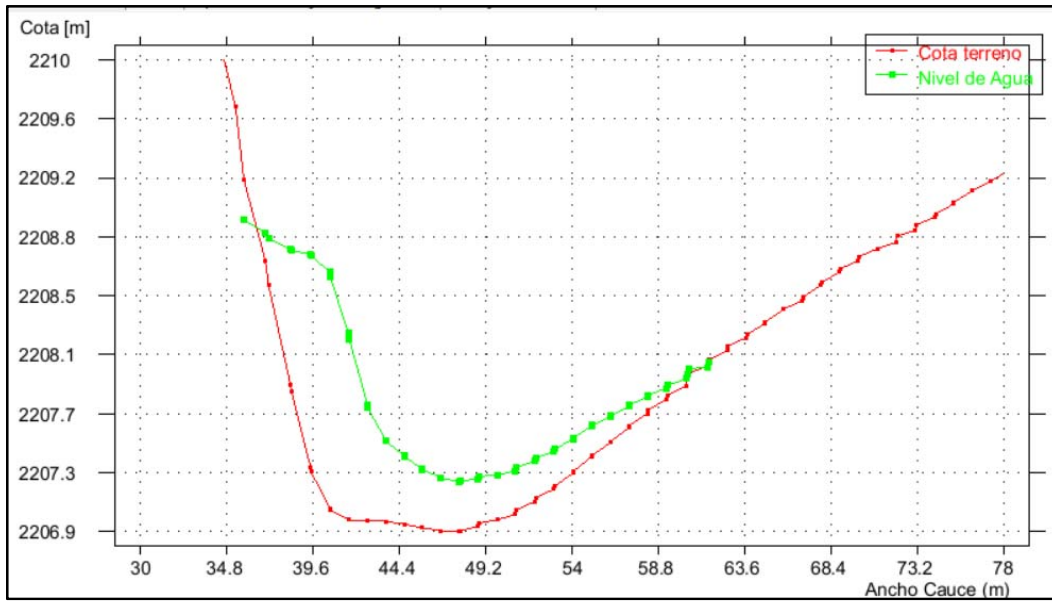




Foto N° 1: Invasión de los espacios públicos hidráulicos por construcción de criaderos de trucha



Foto N° 2: Invasión de los espacios públicos hidráulicos por construcción de viviendas y criaderos de trucha



Foto N° 3: Invasión de los espacios públicos hidráulicos por construcción de viviendas Qda. Marcahuasi



Foto N° 4: Invasión de los espacios públicos hidráulicos por construcción de viviendas Qda. Marcahuasi



Foto N° 5: Invasión de los espacios públicos hidráulicos por construcción de viviendas Qda. Colcaqui.



Foto N° 6: Botaderos de basura en los espacios públicos hidráulicos Qda. Colcaqui.



Foto N° 7: Invasión de los espacios públicos hidráulicos por construcción de viviendas Qda. Colcaqui.



Foto N° 8: Invasión de los espacios públicos hidráulicos por construcción de viviendas Qda. Colcaqui.



Foto N° 9: Vertimientos directos de desagües.



Foto N° 10: Haciendo de conocimiento la importancia de la faja marginal, quebrada Colcaqui.



Foto N° 11: Construcción de cercos perimétricos dentro de los espacios públicos hidráulicos, quebrada Sahuanay



Foto N° 12: Verificación de técnica de campo por el personal del ANA y la municipalidad a la invasión de los espacios públicos hidráulicos, quebrada Sahuanay.



Foto N° 13: Construcción de viviendas en ambas márgenes Qda. Sahuanay



Foto N° 14: Viviendas construidas sobre el cauce, quebrada Saahuanay



Foto N° 15: Viviendas construidas en ambas márgenes de la quebrada Sahuanay.

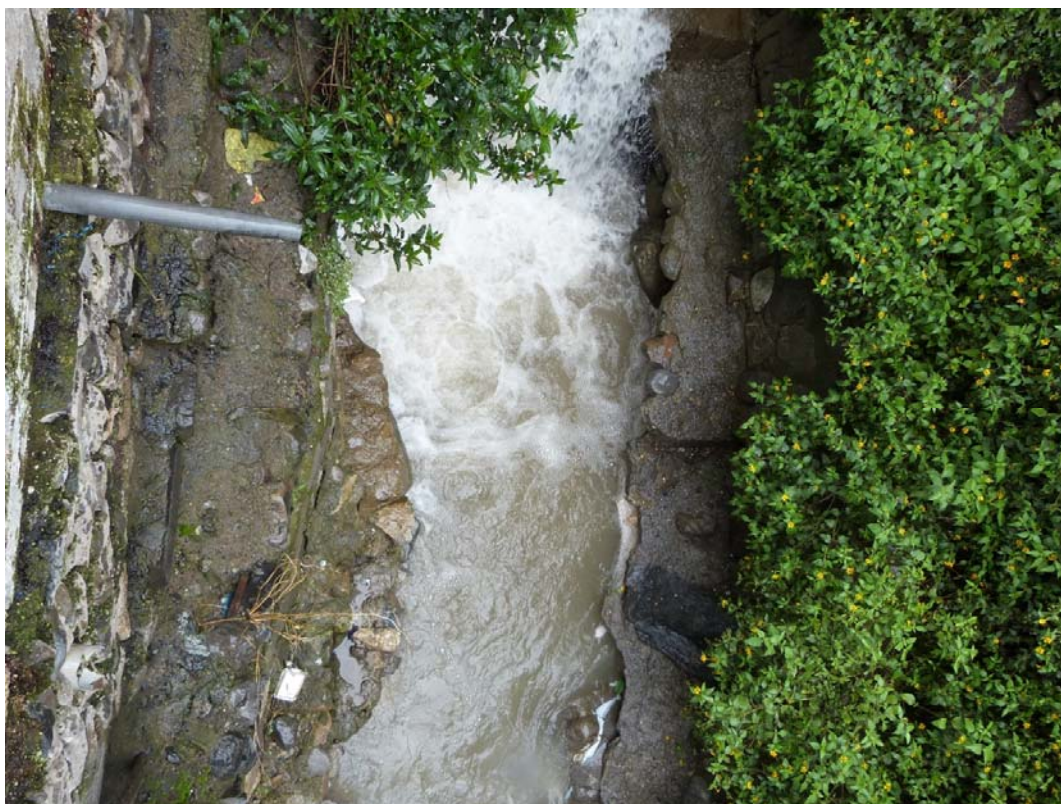


Foto N° 16: Socavación de los muros de las viviendas construidas



Foto N° 17: Trabajos de levantamiento topográfico



Foto N° 18: Trabajos de delimitación de la faja marginal



Foto N° 19: Georreferenciación de los hitos de la faja marginal quebrada Ullpuhuaycco.