



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

NIVELES DE SOCAVACIÓN MEDIANTE MODELAMIENTO
HIDRÁULICO EN ESTRIBOS DE LOS PUENTES "EL
CALLEJÓN, LA RINCONADA Y CHONTA", UBICADOS EN
EL RÍO CHONTA - CAJAMARCA

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Bach. Jose Dayner TENORIO CHILCON

Bach. Cesar Eugenio VALDERA CHAVEZ

Asesor:

Dr. Ing. Luis VÁSQUEZ RAMÍREZ

Cajamarca - Perú

2020

DEDICATORIA

A mis padres, por darme el apoyo moral constante, por enseñarme a crecer, por enseñarme a levantar cuando caigo, por apoyarme y guiarme, por ser las bases que me ayudaron a llegar hasta aquí.

A mis hermanos, por su motivación y apoyo constante para lograr mis metas y objetivos.

José Tenorio

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando estuve a punto de caer; por ello, dedico mi trabajo a Dios.

De igual forma consagro este trabajo a mi hermana Natali y a mi sobrina Ivanna ya que gracias a ellas estoy presentando este proyecto, que con sus ánimos y sonrisas me dan coraje para seguir adelante.

Por otro lado, también dedicarle este proyecto a Beca 18 que me dio la oportunidad de realizar mis estudios superiores.

Así mismo, a mis padres y abuelos que siempre están pendiente de mi para así no poder decaer en el transcurso de la vida universitaria.

César Valdera

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme fuerza y salud cada día y por ayudarme en los momentos más difíciles
de mi vida.

A mis padres y hermanos por su apoyo moral y económico constante.

A Pronabec por el apoyo económico y la motivación permanente.

Al asesor Ing. Luis, Vásquez Ramírez por la orientación y recomendaciones en la
elaboración de la tesis. Finalmente, agradecer a los Ingenieros Wilder y Palermo por
guiarnos y apoyarnos en cada parte del proceso para realizar este trabajo.

José Tenorio

Agradecer a mi familia que siempre estado acompañándome en cada etapa de mi vida, con
sus consejos guiándome cada día para ser mejor persona.

A los docentes de la Universidad Privada del Norte por brindarnos una excelente
formación académica e inculcarnos conocimientos y valores.

A mi asesor, al Ingeniero VÁSQUEZ RAMÍREZ, Luis, que por sus orientaciones se pudo
realizar esta tesis; también, agradecer a los Ingenieros Wilder y Palermo que con sus
asesorías externas nos inculcaron hacia un buen camino para la realización de la tesis.

Así mismo, al Programa de Beca 18 ya que gracias ello estoy realizando mis estudios
superiores.

César Valdera

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ECUACIONES	11
RESUMEN	12
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Realidad problemática.....	13
1.2. Formulación del problema	20
1.3. Objetivos	20
1.4. Hipótesis.....	21
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	22
2.1. Población y muestra.....	22
2.2. Materiales, instrumentos, técnicas y métodos	22
2.3. Procedimiento de recolección datos.....	27
2.4. Procedimiento de Tratamiento y Análisis de Datos	32
CAPÍTULO III. RESULTADOS	97
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	107
4.1 Discusión.....	107
4.2 Conclusiones	108
REFERENCIAS	110
ANEXOS	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Parámetros de las Cuencas</i>	45
Tabla 2 <i>Intensidades Máximas de la Estación Weberbauer para Períodos Estándar (mm/hora)</i>	46
Tabla 3 <i>Transposición de Intensidades Cuenca Chonta</i>	48
Tabla 4 <i>Análisis por el Método Gumbel Cuenca Chonta</i>	50
Tabla 5 <i>Análisis por el Método Gumbel Cuenca Chonta</i>	52
Tabla 6 <i>Curvas IDF para Periodos de Retornos de 10, 25, 50, 100 y 150 años -Cuenca Chonta</i>	54
Tabla 7 <i>Hietogramas por el Método de Bloques Alternos para Tr: 10 años Cuenca Chonta</i>	55
Tabla 8 <i>Hietogramas por el Método de Bloques Alternos para Tr: 25 años Cuenca Chonta</i> <i>Hietogramas por el Método de Bloques Alternos para Tr: 25 años Cuenca Chonta</i>	56
Tabla 9 <i>Hietogramas por el Método de Bloques Alternos para Tr: 50 años Cuenca Chonta</i>	57
Tabla 10 <i>Hietogramas por el Método de Bloques Alternos para Tr: 100 años Cuenca Chonta</i>	58
Tabla 11 <i>Hietogramas por el Método de Bloques Alternos para Tr: 150 años Cuenca Chonta</i>	59
Tabla 12 <i>Transposición de Intensidades Cuenca El Callejón</i>	60
Tabla 13 <i>Análisis por el Método Gumbel Cuenca El Callejón</i>	62
Tabla 14 <i>Análisis por el Método Gumbel Cuenca El Callejón</i>	64
Tabla 15 <i>Curvas IDF para Periodos de Retornos de 10, 25, 50, 100 y 150 años Cuenca El Callejón</i>	66

Tabla 16 <i>Hietogramas por el Método de Bloques Alternos para Tr: 10 años Cuenca El Callejón</i>	67
Tabla 17 <i>Hietogramas por el Método de Bloques Alternos para Tr: 25 años Cuenca El Callejón</i>	68
Tabla 18 <i>Hietogramas por el Método de Bloques Alternos para Tr: 50 años Cuenca El Callejón</i>	69
Tabla 19 <i>Hietogramas por el Método de Bloques Alternos para Tr: 100 años Cuenca El Callejón</i>	70
Tabla 20 <i>Hietogramas por el Método de Bloques Alternos para Tr: 150 años Cuenca El Callejón</i>	71
Tabla 21 <i>Transposición de Intensidades Cuenca La Rinconada</i>	72
Tabla 22 <i>Análisis por el Método Gumbel Cuenca La Rinconada</i>	74
Tabla 23 <i>Análisis por el Método Gumbel Cuenca La Rinconada</i>	76
Tabla 24 <i>Curvas IDF para Periodos de Retornos de 10, 25, 50, 100 y 150 años Cuenca La Rinconada</i>	78
Tabla 25 <i>Hietogramas por el Método de Bloques Alternos para Tr: 10 años Cuenca La Rinconada</i>	79
Tabla 26 <i>Hietogramas por el Método de Bloques Alternos para Tr: 25 años Cuenca La Rinconada</i>	80
Tabla 27 <i>Hietogramas por el Método de Bloques Alternos para Tr: 50 años Cuenca La Rinconada</i>	81
Tabla 28 <i>Hietogramas por el Método de Bloques Alternos para Tr: 100 años Cuenca La Rinconada</i>	82
Tabla 29 <i>Hietogramas por el Método de Bloques Alternos para Tr: 150 años Cuenca La Rinconada</i>	83

Tabla 30	<i>Caudales de la Cuenca en los puentes La Rinconada, El Callejón y Chonta.....</i>	90
Tabla 31	<i>Caudales del Prototipo para la Cuenca Chonta</i>	91
Tabla 32	<i>Caudales para los puentes Rinconada y Chonta, E = 1/50</i>	91
Tabla 33	<i>Caudales para el puente Callejón, E = 1/100</i>	92
Tabla 34	<i>Socavación medida in situ del Puente La Rinconada</i>	97
Tabla 35	<i>Socavación medida in situ del Puente El Callejón.....</i>	98
Tabla 36	<i>Socavación medida in situ del Puente Chonta</i>	98
Tabla 37	<i>Socavación Mediante Modelamiento Hidráulico Puente Chonta</i>	99
Tabla 38	<i>Socavación Mediante Modelamiento Hidráulico Puente El Callejón</i>	100
Tabla 39	<i>Socavación Mediante Modelamiento Hidráulico Puente La Rinconada</i>	101
Tabla 40	<i>Tiempo de retorno para el que se ha producido la socavación máxima en los estribos de los puentes medidos en campo.</i>	103
Tabla 32	<i>Socavación máxima del Puente Chonta</i>	104
Tabla 42	<i>Socavación máxima del Puente El Callejón.....</i>	104
Tabla 43	<i>Socavación máxima del Puente La Rinconada</i>	105
Tabla 44	<i>Grado de Precisión del Modelo Hidráulico</i>	105
Tabla 45	<i>Socavaciones máximas para TR de 25, 50, 100 y 150 años por modelo hidráulico</i>	106

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Vista general del Puente Rinconada	27
<i>Figura 2.</i> Ubicación de los Puentes Seleccionados.....	28
<i>Figura 3.</i> Calicata Correspondiente al Puente Rinconada.....	29
<i>Figura 4.</i> Inicio de Levantamiento Topográfico en el Puente Rinconada.....	30
<i>Figura 5.</i> Levantamiento Topográfico en el Puente Rinconada.....	30
<i>Figura 6.</i> Medición de la socavación en campo	31
<i>Figura 7.</i> Topografía del Puente Rinconada (Coordenadas UTM WGS84 Zona 17S: 782383.79 E – 9212630.35 N)	32
<i>Figura 8.</i> Topografía del Puente Chonta (Coordenadas UTM WGS84 Zona 17S: 779897 E – 9207287.02 N).....	33
<i>Figura 9.</i> Topografía del Puente Callejón (Coordenadas UTM WGS84 Zona 17S: 781049.40 E – 9211206.54 N)	34
<i>Figura 10.</i> Realización de Ensayo de Granulometría en el Laboratorio de la Universidad Privada del Norte – Cajamarca.....	35
<i>Figura 11.</i> Curva Granulométrica de Agregado Fino – Puente Chonta.....	36
<i>Figura 12.</i> Curva Granulométrica de Agregado Fino – Puente El Callejón	36
<i>Figura 13.</i> Curva Granulométrica de Agregado Fino – Puente Rinconada	37
<i>Figura 14.</i> Ubicación del Punto Emisor.....	38
<i>Figura 15.</i> DEM para cuenca en estudio.....	38
<i>Figura 16.</i> Dirección de Flujo del DEM	39
<i>Figura 17.</i> Red hidrológica correspondiente al DEM	39
<i>Figura 18.</i> Delimitación de la Cuenca del emisor (Puente Chonta).....	40
<i>Figura 19.</i> Orden de los Ríos en la Cuenca.....	40

<i>Figura 20.</i> Longitud del Cauce Principal	41
<i>Figura 21.</i> Tabla Estadística de las 5 Sub Áreas	41
<i>Figura 22.</i> Mapa de Pendientes de la Cuenca	42
<i>Figura 23.</i> Visualización de TIN de la Cuenca	42
<i>Figura 24.</i> Shapefile correspondiente a la Cobertura Vegetal en la Cuenca.....	43
<i>Figura 25.</i> Llenado de vacíos en DEM	43
<i>Figura 26.</i> Raster que contiene los Valores de los CN	44
<i>Figura 27.</i> Tabla del Raster obtenido con el Número de Curva.....	44
<i>Figura 28.</i> Curvas IDF para la Cuenca Chonta	54
<i>Figura 29.</i> Hietograma de Precipitación para TR = 10 años Cuenca Chonta	55
<i>Figura 30.</i> Hietograma de Precipitación para TR = 25 años Cuenca Chonta	56
<i>Figura 31.</i> Hietograma de Precipitación para TR = 50 años Cuenca Chonta	57
<i>Figura 32.</i> Hietograma de Precipitación para TR = 100 años Cuenca Chonta	58
<i>Figura 33.</i> Hietograma de Precipitación para TR = 150 años Cuenca Chonta	59
<i>Figura 34.</i> Curvas IDF para la Cuenca El Callejón	66
<i>Figura 35.</i> Hietograma de Precipitación para TR = 10 años Cuenca El Callejón.....	67
<i>Figura 36.</i> Hietograma de Precipitación para TR = 25 años Cuenca El Callejón.....	68
<i>Figura 37.</i> Hietograma de Precipitación para TR = 50 años Cuenca El Callejón.....	69
<i>Figura 38.</i> Hietograma de Precipitación para TR = 100 años Cuenca El Callejón.....	70
<i>Figura 39.</i> Hietograma de Precipitación para TR = 150 años Cuenca El Callejón.....	71
<i>Figura 40.</i> Curvas IDF para la Cuenca La Rinconada	78
<i>Figura 41.</i> Hietograma de Precipitación para TR = 10 años Cuenca La Rinconada	79
<i>Figura 42.</i> Hietograma de Precipitación para TR = 25 años Cuenca La Rinconada	80
<i>Figura 43.</i> Hietograma de Precipitación para TR = 50 años Cuenca La Rinconada	81
<i>Figura 44.</i> Hietograma de Precipitación para TR = 100 años Cuenca La Rinconada	82

<i>Figura 45.</i> Hietograma de Precipitación para TR = 150 años.....	83
<i>Figura 46.</i> Creación del Proyecto.....	84
<i>Figura 47.</i> Creación de Basin Model Manager (Modelo de Cuenca)	84
<i>Figura 48.</i> Configuración del CN = 85 en Cuenca Chonta.....	85
<i>Figura 49.</i> Creación del Time Series Data Manager.....	85
<i>Figura 50.</i> Ingresando datos del Hietograma para Tr=10 años.....	86
<i>Figura 51.</i> Creación del Meteorologic Model Manager.....	86
<i>Figura 52.</i> Creación de Control Specifications Manager.....	87
<i>Figura 53.</i> Simulación sin errores	87
<i>Figura 54.</i> Caudal correspondiente a 170 m ³ /seg para Tr= 10 años, Cuenca Chonta	88
<i>Figura 55.</i> Caudal correspondiente a 216.8 m ³ /seg para Tr= 25 años, Cuenca Chonta	88
<i>Figura 56.</i> Caudal correspondiente a 254.8 m ³ /seg para Tr= 50 años, Cuenca Chonta	89
<i>Figura 57.</i> Caudal correspondiente a 291.3 m ³ /seg Tr= 100 años, Cuenca Chonta.....	89
<i>Figura 58.</i> Caudal correspondiente a 313.8 m ³ /seg Tr= 150 años, Cuenca Chonta.....	90
<i>Figura 59.</i> Elaboración de estribos.....	93
<i>Figura 60.</i> Replanteo para modelamiento	93
<i>Figura 61.</i> Modelo listo para ensayo.....	94
<i>Figura 62.</i> Calibración del caudal	94
<i>Figura 63.</i> Modelamiento hidráulico del puente Chonta	95
<i>Figura 64.</i> Medición de la socavación en el modelo.....	96
<i>Figura 65.</i> Socavación Estribo Izquierdo – Puente Chonta	102
<i>Figura 66.</i> Socavación Estribo Izquierdo – Puente Callejón	102
<i>Figura 67.</i> Socavación Estribo Derecho – Puente Rinconada	103

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Semejanza Geométrica	25
Ecuación 2. Semejanza Cinemática.....	25
Ecuación 3. Semejanza Dinámica	25
Ecuación 4. Escala de velocidad del flujo	25
Ecuación 5. Grado de Precisión.....	26

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo principal estimar los niveles de socavación mediante modelamiento hidráulico en estribos de los puentes El Callejón, La Rinconada y Chonta, ubicados en el río Chonta – Cajamarca. Para ello, se recopiló la información hidrológica obtenida del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, la cual se analizó procesó y sintetizó información utilizando parámetros estadísticos y el modelo HEC-HMS para la determinación de los caudales máximos para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 150 años en la cuenca Chonta, por ser el área mayor que abarca al Puente Rinconada y Callejón. Con fines para el modelamiento se construyeron modelos físicos de los seis estribos en base a las medidas de los prototipos y se recreó la topografía del río a las condiciones en las que se produce la socavación, tomando en cuenta parámetros tales como la pendiente del río, el tamaño de los sedimentos y el caudal. Los caudales obtenidos mediante el software HEC-HMS da como resultados: 170 m³/s para T-10 años, 216 m³/s, para T-25 años, 254.8 m³/s para T-50 años, 291.3 m³/s para T-100 años y 313.8 m³/s para T-150 años en el Puente Chonta. De acuerdo a los datos de la socavación tomados, se obtiene un grado de precisión del 98.78% en el Puente Chonta, 96.67% para el Puente El Callejón y 96.59% para el Puente La Rinconada, cuya precisión sirvió para la calibración del modelo hidráulico con los datos obtenidos in situ, la cual cumple con la hipótesis del proyecto. Por consiguiente, se estimaron los niveles de socavación para caudales máximos probables con tiempos de retorno de 25 años, 50 años, 100 años y 150 años; obteniéndose profundidades entre 1.50m hasta 1.65m para el puente Chonta; 1.95m hasta 2.00m. para el puente El Callejón y 0.50m hasta 0.75m para el puente La Rinconada.

Palabras clave: Socavación, Modelamiento Hidráulico, Estribo, Prototipo, Modelo, Grado de Precisión.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

A medida que la población crece, las obras de ingeniería evolucionan con nuevas tecnologías, nuevos materiales y nuevos diseños, obteniendo un funcionamiento más válido y vertiginoso, mejorando así la calidad de vida de la población. Dentro de estas obras de ingeniería tenemos una serie de infraestructuras como son los puentes; las cuales, permiten asegurar vacíos como acantilados, cruce de ríos, lagos y mares; permitiendo que las personas se trasladen de manera cómoda y en menores tiempos.

Borges (2008) menciona que la socavación en puentes es un fenómeno bastante complejo en el que se aumenta la capacidad erosiva del flujo y, por lo tanto, el acarreo de sedimentos, material del fondo hacia los márgenes del río. En dicho proceso intervienen diferentes variables, tanto las referentes a las condiciones propias del cauce como las de las estructuras presentes en él, debido a que cualquier obra construida y que resulte obstrucción para el flujo, representa un factor que incrementa la socavación.

Rodríguez (2014), los estribos, son estructuras que sirven de apoyo extremo al puente y que además de soportar la carga de la superestructura, sirven de contención de los terraplenes de acceso y por consiguiente están sometidos al empuje de tierra y ser capaz de mantener el cauce del río estable. Los estribos, como son muros de contención, pueden ser de concreto simple (estribos de gravedad), concreto armado (muros en voladizo o con pantalla y contrafuertes). Por consiguiente, una de las principales causas de falla en los estribos es la socavación, puesto que suelen estar fundados a profundidades inferiores a las socavaciones que se presentan en esta parte del puente, cuando esto sucede, los estribos quedan expuestos y no hay suficiente

soporte para mantener en pie la estructura, ocasionando daños o colapsos de las mismas. (Borges, 2008)

Enciso (2015), en su trabajo de investigación, “Estudio Hidráulico y Estimación de Socavación en el Puente interconexión Muyurina – Ayacucho” hace alusión que: Para la obtención de sus resultados de socavación en los estribos del puente Muyurina (concreto armado), cuyas características del puente es de 3.10 m de ancho, 39.00 m de longitud y 5.00 m de altura, en donde utilizó un suelo no cohesivo del río Chacco, estribo en forma trapezoidal, trabajando con una relación del número de Froude de 0.33 a 0.95, con pendiente de 1.29% y el tamaño de partícula desde $d_{50}=13.23\text{mm}$, resultado de la comparación y estimación de socavación del expediente técnico, concluyendo que el estudio realizado por el “Expediente Técnico” presenta un caudal sobredimensionado de 460 m³/s para un tiempo de retorno de 200 años con una socavación promedio de 3.02 m en comparación del estudio que presenta un caudal de 189.40 m³/s para un tiempo de retorno de 200 años con una socavación promedio de 3.99 m con la utilización de diferentes fórmulas empíricas; al realizarse proyectos no se tienen las consideraciones necesarias o los estudios bien realizados ya que en dichos resultados hay una variación de socavación de 0.97m afectando la cimentación del puente pudiendo ocasionar el colapso total o parcial del puente.

Cusba (2011), por otro lado en su artículo “Estudio de las causas y soluciones Estructurales del Colapso Total o Parcial de los Puentes Vehiculares de Colombia desde 1986 Al 2011, y la Evaluación de las Consecuencias del Derrumbamiento de Uno de Ellos”, menciona que la principal causa por la cual colapsaron los puentes en Colombia en el lapso comprendido de 1986 hasta 2011 fue por crecientes y avalanchas 41%, seguido por socavación 35%, deficiencias estructurales y de diseño 15%,

sobrecarga e impacto 7% y deficiencias en la construcción e interventoría 2%. Esto demuestra que gran parte de los puentes son afectados por la erosión del suelo produciendo la socavación en estribos y/o pilares que son la parte fundamental de apoyo de la superestructura, que posteriormente conlleva a la inestabilidad de la estructura provocando fallas estructurales que más adelante pueden convertirse en pérdidas económicas, sociales y humanas.

Así mismo, Venegas (2011), en su investigación, "Socavación al Pie de Estribos de Puentes en Lechos No Cohesivos" realiza 135 ensayos de socavación al pie de estribos de puentes en el Laboratorio Nacional de Hidráulica empleando un canal de pendiente variable de 0.4 m. de ancho, 0.4 m. de alto y 12 m. de longitud, utilizando dos variedades de materiales no cohesivos, fino y grueso, estribos de formas rectangulares, trapezoidales y cilíndricos, con relaciones longitud de estribo entre ancho del canal L/B desde 0.125 hasta 0.25, relaciones longitud de estribo entre tirante de agua L/Y desde 1 hasta 5, Números de Froude de 0.2 hasta 1.5, pendientes de canal desde 0.25% hasta 3.50%, tamaños de partículas $d_{50} = 0.24\text{mm}$ y 1.25mm . Los ensayos permitieron percibir el proceso de socavación en diferentes formas de estribos, observándose formas distintas de perforación y diferente ubicación de máxima profundidad de socavación; para estribos trapezoidales o estribos con alas, la máxima socavación ocurre en el lado frontal del estribo, en estribos rectangulares en el lado lateral del estribo a la entrada del agua y en estribos cilíndricos al inicio del lado frontal del estribo.

Por otro lado, Campa y Astorga (2013) en su artículo "Métodos para el cálculo de la socavación en las pilas de puentes" mencionan que: La mayoría de las fallas de los puentes en el mundo son por socavación, principalmente debido a la socavación de sus

pilas o estribos, habiéndose determinado que el 50% de las fallas se deben a este fenómeno y otros estudios referentes a puentes y obras menores elevan el porcentaje de falla por socavación a un 90% del total de los casos.

A continuación, se presenta la conceptualización de los términos necesarios para el desarrollo de este trabajo de investigación como:

“Un puente, es una estructura que puede ser de concreto reforzado, madera, mampostería o una combinación de estos materiales, cuya función esencial es conectar dos puntos inaccesibles entre sí y salvar un obstáculo” (Polanco, 2014)

“Un fenómeno hidrodinámico, es la socavación, la cual es la causa más frecuente de falla que afecta las cimentaciones de los puentes. Dicho fenómeno es una combinación de distintos procesos, unos que se producen a largo plazo y otros transitorios por el paso de avenidas.” (Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje; 2012)

Así mismo, la hidrología, es la ciencia natural que estudia el agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos. (Cahuana y Yugar, 2009)

La Cuenca Hidrográfica, es el área de terreno donde las aguas de escorrentía, producto de la precipitación, se distribuyen en una red natural de drenaje, confluyendo luego hacia un colector común o curso principal. El límite o frontera de la cuenca hidrográfica se conoce como “Divortio Aquarum” o divisoria de aguas y el punto más bajo o de total confluencia es el punto emisor o de efluencia. (Ortiz, 2015)

Para delimitar una cuenca, ésta consiste en separar cuencas adyacentes mediante una línea imaginaria denominada “Divortium Aquarum”, la cual va a distribuir el escurrimiento originado por la precipitación, escurrimiento que finalmente fluye al punto de salida de la cuenca. (Villón, 2002), también menciona que la altitud media es el parámetro ponderado de las altitudes de la cuenca obtenidas en la carta o mapa topográfico. En cuencas andinas este parámetro está relacionado con la magnitud de la lámina de precipitación, variación lineal muy importante en estudios regionales donde la información local es escasa (Bustamante, 2018).

Tiempo de Concentración, es el tiempo necesario para que todo el sistema (toda la cuenca) contribuya eficazmente a la generación de flujo en el desagüe. Comúnmente el tiempo de concentración se define como, el tiempo que tarda una partícula de agua caída en el punto más alejado de la cuenca hasta la salida del desagüe. (Cahuana y Yugar, 2009)

La distribución de Valores Tipo I conocida como Distribución Gumbel o Doble Exponencial, tiene como función de distribución de probabilidades la siguiente expresión: (Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje; 2012)

Las pruebas de bondad de ajuste, son pruebas de hipótesis que se usan para evaluar si un conjunto de datos es una muestra independiente de la distribución elegida. (Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje; 2012)

(Sotelo Ávila, 1977; Vergara, M., 1993; Streeter, et al., 1999; Rodríguez Díaz, H.A., 2001; Potter M. C. & Wiggert D.C. 2002, citado en Ortiz 2016), menciona que, en la ingeniería hidráulica, existe similitud geométrica entre modelo y prototipo cuando ambos poseen una forma idéntica, lo cual se diferencia por su tamaño, conocido como

factor de escala y en algunas ocasiones, es imposible representar todas las similitudes por un mismo factor de escala recurriéndose casi siempre a una distorsión, lo cual afecta negativamente a la semejanza.

Cahuana y Yugar (2009), hace alusión que el Hietograma de Diseño, es un gráfico de barras que expresa precipitación en función del tiempo en intervalos regulares de tiempo, en la que el intervalo de tiempo depende del tamaño de la cuenca; así mismo, menciona que los hietogramas son muy utilizados en el diseño de tormentas, para el estudio de caudales máximos, y se deriva de la curva de masa, la que está por debajo de área del hietograma, la que representa la precipitación total recibida en ese período.

Ven Te Chow (2000), hace mención que el método del bloque alterno es una forma simple para desarrollar un hietograma de diseño utilizando una curva de IDF, la cual es el hietograma de diseño que es producido por este método, la cual especifica la profundidad de precipitación que ocurre en "n" intervalos de tiempos sucesivos de duración Δt sobre una duración total de $T_d = n\Delta t$; por ello, la profundidad de precipitación correspondiente se encuentra al multiplicar la intensidad y la duración.

El periodo de retorno, es el número de años en que, en promedio, se presenta un evento se llama periodo de retorno, intervalo de recurrencia o simplemente frecuencia y se acostumbra a denotarlo por la letra T; por ejemplo, el periodo de retorno de la precipitación máxima en 24 horas de 500 mm es de 25 años, cuando en promedio, se presenta una precipitación de esa magnitud o mayor una vez cada 25 años (Gámez, 2009).

El programa HEC-HMS permite simular eventos aislados de crecientes asociados con un patrón de tormenta de diseño para un cierto período de retorno, para que la suposición de que el período de retorno de la tormenta coincida con el período de retorno de la creciente respectiva ha despertado muchas controversias entre los investigadores en hidrología haciendo evidente que el tratamiento probabilístico de los dos fenómenos aunque no es mutuamente excluyente si depende de otros factores entre ellos es el área de la cuenca considerada las condiciones antecedentes de humedad en los suelos para períodos largos y los cambios introducidos por el hombre en el uso y conservación de los suelos (Cáceres y Castillo , 2018, p. 18).

La mayoría de los puentes son vulnerables ante las máximas avenidas producto de la socavación que se origina en los apoyos llamados estribos, que, al no hacerse las estimaciones adecuadas para dicho problema, se esperan daños severos en la estructura quedando inservibles parcialmente o, totalmente cuando estas llegan al colapso. Ante dicha realidad reflejado a nivel nacional y con la poca importancia que existe por realizar mantenimiento preventivo o correctivo para evitar pérdidas mayores, la posibilidad de falla de dichas estructuras por este problema sigue latente, a consecuencias de ello, la probabilidad de que grupos humanos quede incomunicados por vías terrestres se incrementa. Ante lo anteriormente expuesto el problema de investigación para el desarrollo de este estudio es: ¿Es posible estimar los niveles de socavación mediante modelamiento hidráulico para diversos tiempos de retorno en los estribos de los puentes El Callejón, La Rinconada y Chonta, ubicados en el río Chonta – Cajamarca?

Debido a la poca importancia que se da a la problemática existente referido a la socavación en estribos de puentes, para este trabajo de investigación se plantea “Estimar los niveles de socavación mediante modelamiento hidráulico para diversos tiempos de retorno en estribos de los puentes El Callejón, La Rinconada y Chonta, ubicados en el río Chonta – Cajamarca”, con la finalidad de proyectar la socavación que se puede presentar en los estribos de los puentes en estudio y estas ¿puedan ser usados para la prevención de daños futuros.

1.2. Formulación del problema

¿Es posible estimar los niveles de socavación mediante modelamiento hidráulico para diversos tiempos de retorno en los estribos de los puentes El Callejón, La Rinconada y Chonta, ubicados en el río Chonta – Cajamarca?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Estimar los niveles de socavación mediante modelamiento hidráulico en estribos de los puentes El Callejón, La Rinconada y Chonta, ubicados en el río Chonta – Cajamarca

1.3.2. Objetivos específicos

Calibrar un modelo hidráulico físico con datos obtenidos in situ.

Estimar los Caudales Máximos para los puentes El Callejón, La Rinconada y Chonta ubicados en el río Chonta mediante el modelamiento hidrológico con Hec Hms para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 150 años.

Realizar el modelamiento hidráulico para los caudales y periodos de retornos establecidos para la estimación de la socavación en los estribos de los puentes El Callejón, La Rinconada y Chonta.

Realizar las mediciones de socavación in situ en los estribos de los puentes El Callejón, La Rinconada y Chonta.

1.4. Hipótesis

Los niveles de socavación obtenidos mediante el modelamiento hidráulico de los estribos en los puentes El Callejón, La Rinconada y Chonta, con respecto a la socavación medida in situ, presentan un grado de presión de hasta el 95 %.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Población y muestra

Población

Los 7 puentes de Concreto Armado con estribos ubicados en el cauce del río Chonta, Cajamarca.

Muestra

El muestreo fue por conveniencia, seleccionando 3 puentes con los siguientes criterios:

Material	: Concreto Armado
Tipo de puente	: Viga Losa con estribos en el lecho del río, sin pilares
Uso	: Vehicular y Peatonal
Ubicación	: Río Chonta

2.2. Materiales, instrumentos, técnicas y métodos

Materiales

Para la realización del modelamiento hidráulico y la toma de datos tanto in situ como en el prototipo, se hizo uso de los siguientes materiales:

06 bloques (Prototipo) de concreto a escala (Figura 59) teniendo en cuenta las dimensiones de los estribos de los puentes (Modelo) El Callejón, La Rinconada y Chonta.

Yeso, wincha de 5 m y cordel, lo cuales fueron usados para delimitar y/o delinear la geometría de los ríos en estudio (Figura 60)

Pico y pala, que sirvieron para realizar calicatas (Figura 3) para su estudio de Granulometría; así mismo, con ello se dio forma al terreno, respecto a los ríos antes mencionados. (Figura 61)

Motobomba de 2HP, para la calibración del Caudal. (Figura 62)

Vara de madera de 3m, para la toma de datos de socavación in situ. (Figura 6)

Instrumentos

Equipo completo de estación Total, para Levantamiento Topográfico. (Figura 4 y 5)

Uso de protocolos de Granulometría de la UPN-Cajamarca. (Anexo 9) para determinar la muestra representativa para el modelo.

Ficha Técnica para la toma de datos in situ de la socavación obtenida en los estribos (Anexo 10), la cual sirve para recopilar información ordenada para su posterior procesamiento.

Ficha Técnica para la toma de datos de los resultados del modelamiento (Anexo 11), la cual sirve para recopilar información ordenada para su posterior procesamiento.

Escalímetro, para la medición de la socavación del modelo.

El uso de programas para la realización del trabajo de investigación como: ArcGis 10.3, HEC-HMS, ArcSWAT, Raster y Shapefiles 14f, 14g, 15f, 15g, AutoCAD Civil 3D y Office2016, todos en versión estudiantil. Así mismo, el Internet.

Técnicas

Documentación de datos hidrológicos.

Observación in situ.

Realización del muestreo in situ, para la determinación del estudio de suelos.

Modelamiento hidrológico

Estudio de Mecánica de Suelos y Modelamiento Hidráulico

Métodos

En la investigación se utilizó el método CUASIEXPERIMENTAL, a través del modelamiento físico, en la cual se realizó la medición DIRECTA Y CUANTITATIVA en campo. Además, para obtener los resultados esperados, se realizó una observación general tanto aguas arriba, como aguas abajo de cada puente para su delimitación posterior y así tener en cuenta la geometría, tipo de suelo, vegetación, entre otros factores que permitan obtener los parámetros de la cuenca para el desarrollo del trabajo de investigación.

Para la obtención de los parámetros de las cuencas, éstas se realizaron mediante el uso de imágenes DEM del Geoservidor del Ministerio de Ambiente y las Cartas Nacionales, en los softwares ArcGis 10.3, en versión estudiantil.

Con respecto a la hidrología, primero se realizó el procesamiento de las intensidades máximas de la Estación Weberbauer comprendiendo los años de 1973 al 2015.

Con el software HEC-HMS, se procede a hacer el modelamiento hidrológico para la determinación de los Caudales máximos para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 150 años.

Por consiguiente, para el modelamiento hidráulico, se realizaron prototipos, teniendo en cuenta las siguientes ecuaciones de: Semejanza Geométrica (Ec. 01), Semejanza Cinemática (Ec. 02), Semejanza Dinámica (Ec. 03) y para modelar el proceso de sedimentación se utiliza la semejanza del número de Froude y ha de tenerse en cuenta que la escala de velocidad del flujo. (Ec. 04).

$$L_e = \frac{L_m}{L_p}; L_m^2 = \frac{A_m}{A_p}; L_e^3 = \frac{U_m}{U_p} \dots \dots \dots (01)$$

Siendo: L_e = Factor de escala, L_m = Longitud homóloga del modelo, L_p = Longitud homóloga del prototipo, A_m = Área del modelo, A_p = Área del prototipo, U_m = Volumen del modelo, U_p = Volumen del prototipo. (Ortiz, 2015)

$$V_e = \frac{V_p}{V_m}; T_e = \frac{T_p}{T_m} \dots \dots \dots (02)$$

Siendo: V_e = Escala de Velocidades, T_e = Escala de Tiempos, T_m = Tiempo del modelo, T_p = Tiempo del prototipo. (Ortiz, 2015)

$$F_e = \frac{F_m}{F_p} = \frac{M_m a_m}{M_p a_p} = \frac{\rho_m L_m^3 L_m t_m^{-2}}{\rho_p L_p^3 L_p t_p^{-2}} = \rho_e L_e^4 t_e^{-2} \dots \dots \dots (03)$$

Donde: F_e , escala de fuerzas; F_m , fuerza homóloga en el modelo; F_p , fuerza homóloga en el prototipo; ρ_e , escala de densidades. (Vergara, 1993)

$$V_r = W_r = L_r^{0.5} \dots \dots \dots (04)$$

Siendo: V_r = es la relación entre velocidades del flujo entre modelo y prototipo, W_r = relación de velocidad de caída del sedimento entre modelo y prototipo, L_r = Relación entre escalas de longitudes. (Ortiz, 2015)

Para que el modelo sea semejante al prototipo, se ha tenido en cuenta ciertos criterios como: Granulometría, pendiente y forma de cada partícula dentro del cauce a estudiar.

Para el Análisis Granulométrico, se realizó con los protocolos de la Universidad Privada del Norte, sede Cajamarca y el uso del laboratorio de Suelos del mismo centro de estudios.

Una vez identificado el tipo de suelo, vegetación o elementos que están dentro del cauce, se procede a la aplicación en el modelo, simulando las máximas avenidas con los diversos tiempos de concentración en cada puente. Al realizar, el modelamiento, se procede hacer las mediciones respectivas en los puntos de socavación con ayuda de un escalímetro, teniendo en cuenta las escalas de los modelos. Al tener los puntos socavados, éstas se plasman en la ficha (Anexo 11). Por otro lado, las socavaciones medidas en el modelo, se realizaron, teniendo en cuenta los puntos en las que se presentan dichos niveles de depresión del suelo.

Las mediciones se realizaron teniendo en cuenta el nivel de las zapatas de los estribos; ya que estas se encuentran a la misma altura de la superficie del río, verificando la presencia de socavación in situ, siendo plasmadas en fichas técnicas. (Anexo 10)

Por último, para obtener el grado de precisión entre la socavación presentada en la realidad y socavación presentada en el prototipo para el mismo periodo de retorno, por lo que servirá como la calibración del prototipo, por ello se aplicó la siguiente ecuación:

$$G_p = 100\% - \frac{|S_{real} - S_{prototipo}|}{S_{real}} \times 100 \dots \dots \dots (05)$$

Siendo: G_p = Grado de Precisión, S_{real} = Socavación real y $S_{prototipo}$ = Socavación en el prototipo.

2.3. Procedimiento de recolección datos

El procedimiento seguido para el desarrollo de la investigación se realizó en las siguientes fases:

Primera fase: Identificación de la zona de estudio. Se realizó el recorrido del río Chonta para la identificación de todos los puentes emplazados en el cauce del río, con el fin de determinar sus características geométricas, tipo de material, lugar de emplazamiento y tipo de servicio que brindan, para establecer criterios de estudio y selección; así mismo, se hace una visualización en la base de los estribos, con la finalidad de evidenciar la presencia de socavación actual en dichos elementos de los puentes.



Figura 1. Vista general del Puente Rinconada

Segunda fase: Selección de puentes para modelamiento hidráulico. Luego del recorrido realizado, se eligió tres puentes para el desarrollo de la investigación: La Rinconada, El Callejón y El puente Chonta, los cuales presentan características semejantes y con la característica principal que es la ubicación de los estribos en el cauce del río, con el fin de poder estudiar el fenómeno de socavación.

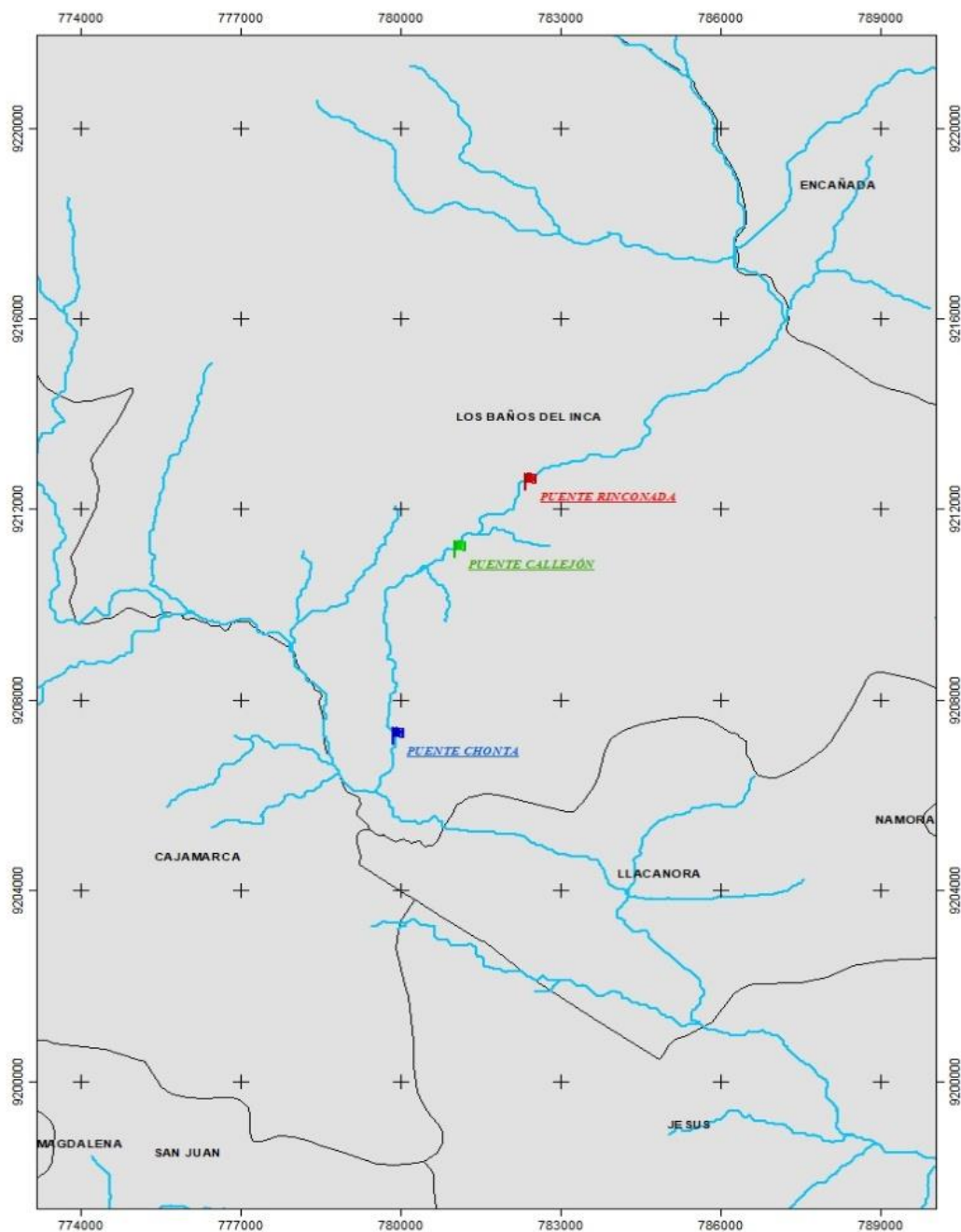


Figura 2. Ubicación de los Puentes Seleccionados.

Tercera fase: Toma de muestra del material sedimentado en lecho del río. Se realizó el muestreo del material sedimentario presente en los alrededores del estribo en el cauce del río para determinar la ubicación de las calicatas respectivas y la posterior toma de muestras para análisis en laboratorio. Por consiguiente, se realizaron 03 calicatas de 0.80 x 0.80 x 1.00 m, en cada puente, cuyo punto fue a un costado del lecho del río y lo más cercano a cada estructura respectivamente, con el fin de poder determinar la granulometría de los sedimentos y posteriormente ser plasmado en el modelo según las características de cada una de ellas.



Figura 3. Calicata Correspondiente al Puente Rinconada

Cuarta fase: Levantamiento topográfico de la zona de estudio. Para poder realizar modelamiento hidráulico, se efectuó el levantamiento topográfico en cada uno de los puentes a 100 m aguas arriba, 100m aguas abajo de cada puente y 20 metros en los laterales del cauce del río con el fin de obtener la forma de emplazamiento del puente y poder elaborar el modelo hidráulico para realizar el estudio.



Figura 4. Inicio de Levantamiento Topográfico en el Puente Rinconada



Figura 5. Levantamiento Topográfico en el Puente Rinconada

Quinta fase: Toma de datos In situ. Para la toma de datos de la socavación in situ, se efectuaron en 07 puntos de los estribos de cada lado de los puentes, con la finalidad de poder saber la socavación máxima en dichos puntos. Dichos datos, se tomaron, teniendo en cuenta la ficha de toma de datos in situ (Anexo 10).



Figura 6. Medición de la socavación en campo

Sexta fase: Descarga de datos Meteorológicos del SENAMHI. Para poder obtener los datos de la Estación Weberbauer (Cajamarca), se ingresó a la página oficial del Senamhi; la cual, se bajó la información de las precipitaciones de dicha estación, ya que es la estación más cercana a las cuencas en las que se desarrollaran este trabajo de investigación. Siendo los datos de los años de 1973 al 2015.

2.4. Procedimiento de Tratamiento y Análisis de Datos

Para el tratamiento y análisis de datos se realizó las siguientes fases:

Primera fase: Realización de Planos Topográficos. Mediante el uso del Software Civil3D (versión estudiantil) se procedió hacer los planos topográficos correspondiente a cada puente, obteniendo del plano las curvas de nivel, perfil longitudinal del cauce y secciones transversales del río y la pendiente de la misma, con la finalidad de plasmarlas al modelo.

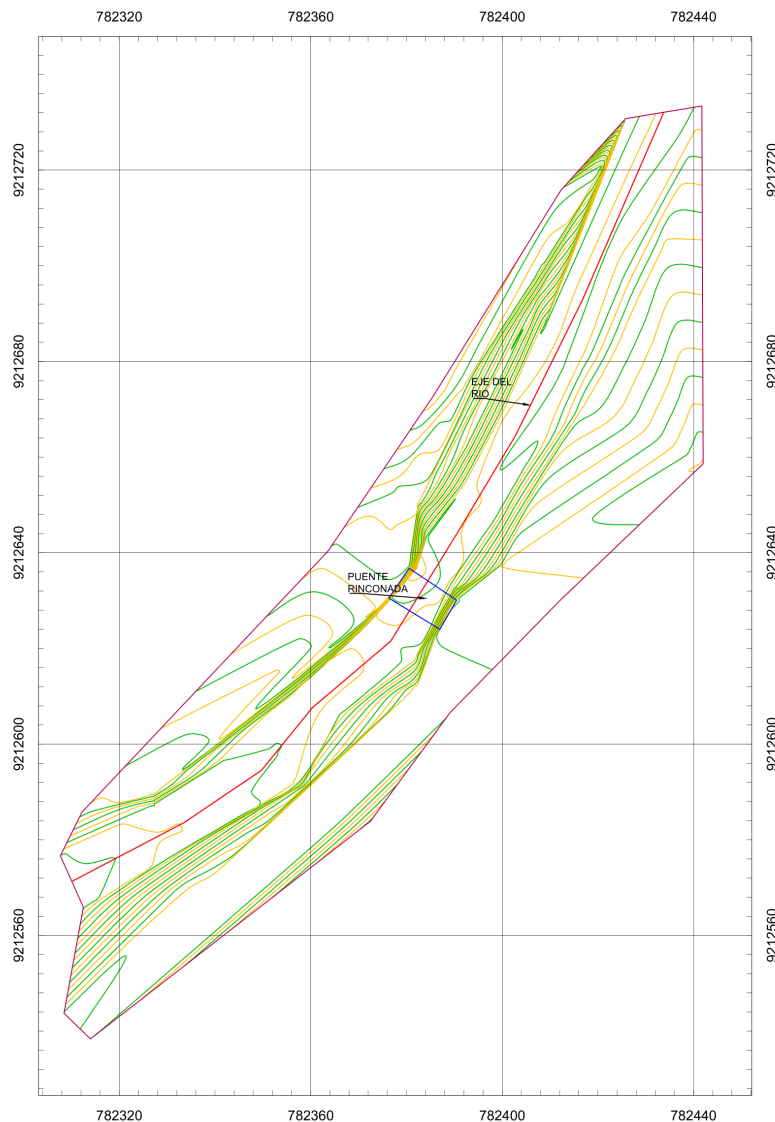


Figura 7. Topografía del Puente Rinconada (Coordenadas UTM WGS84 Zona

17S: 782383.79 E – 9212630.35 N)

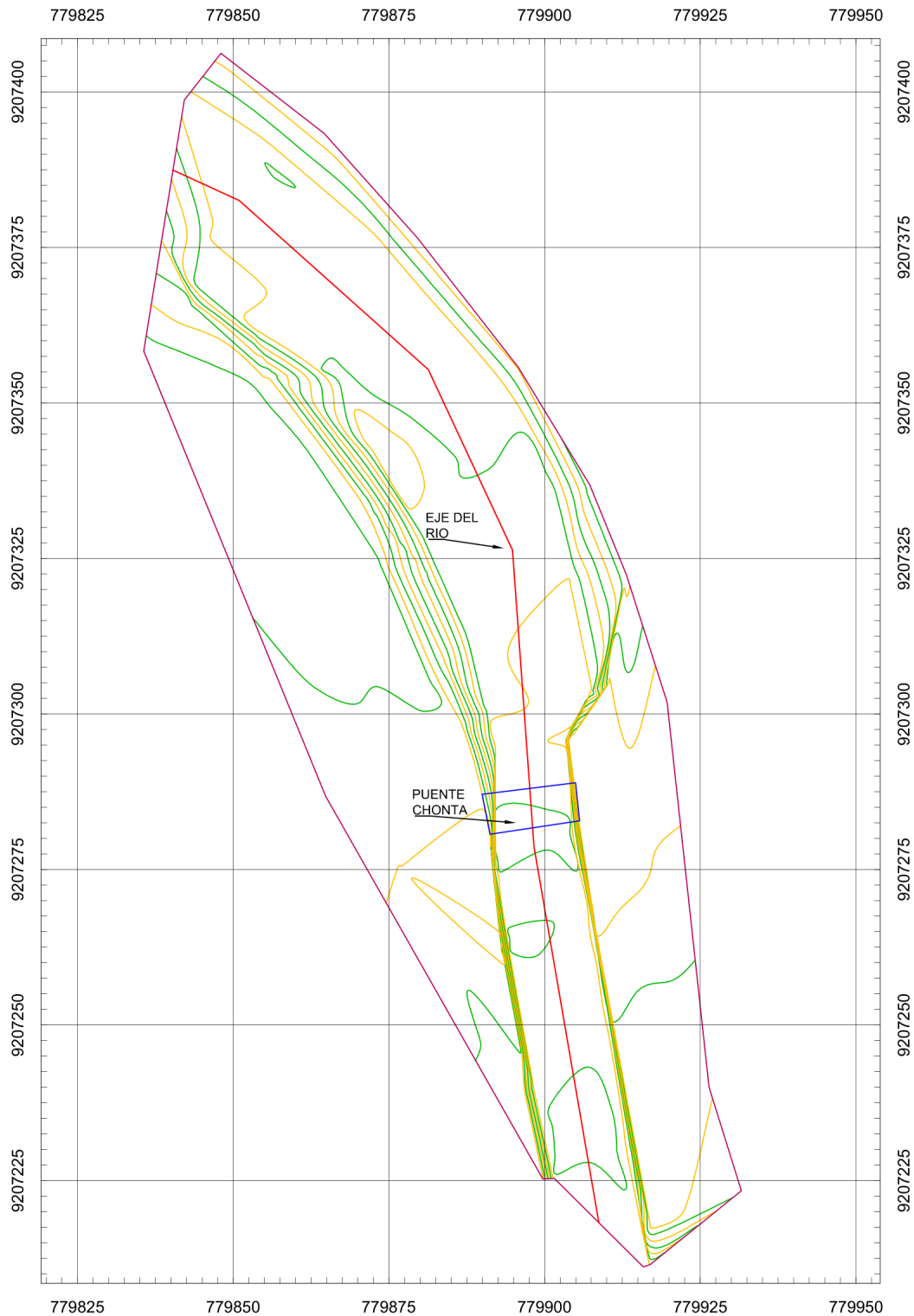


Figura 8. Topografía del Puente Chonta (Coordenadas UTM WGS84 Zona 17S: 779897 E
– 9207287.02 N)

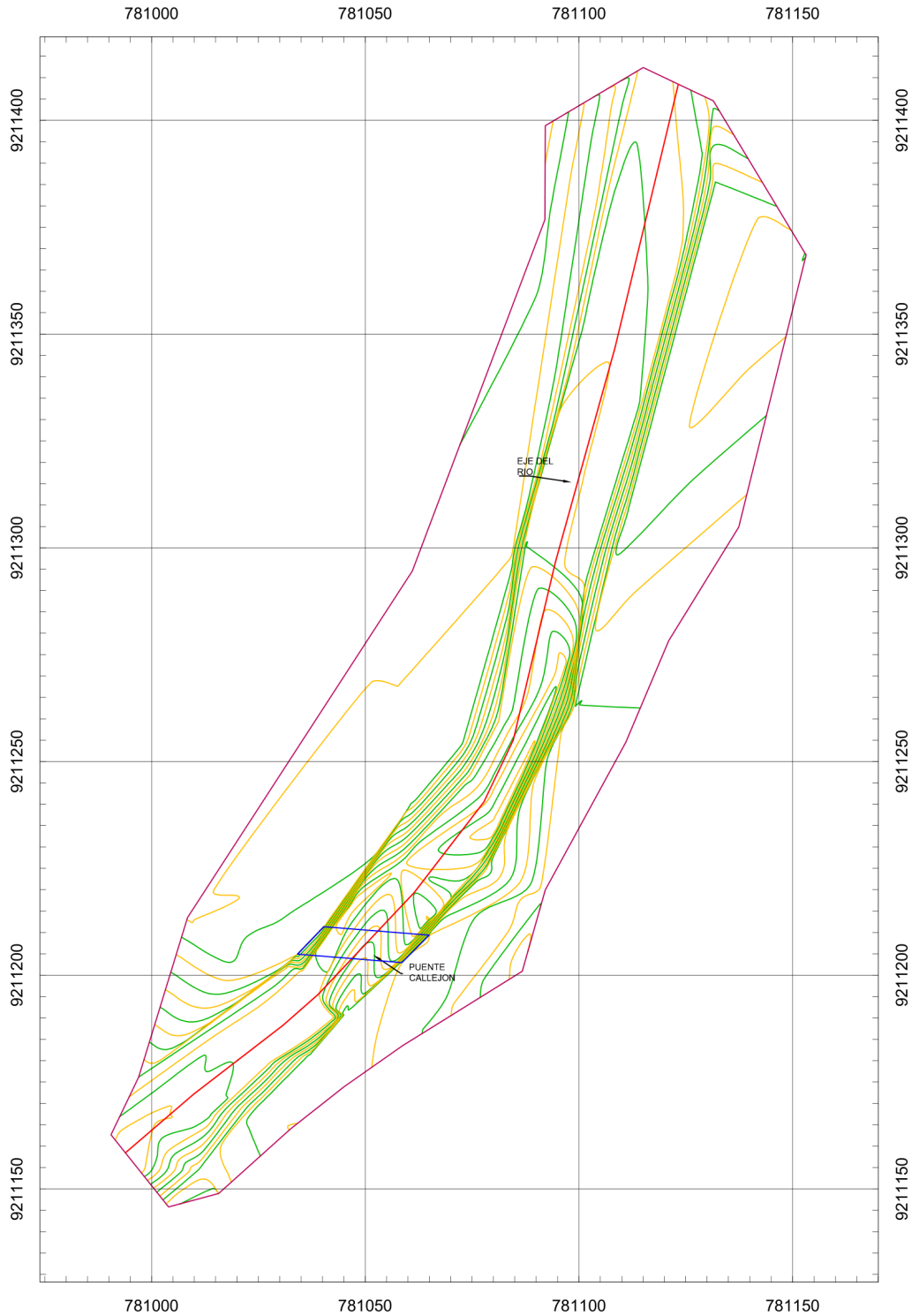


Figura 9. Topografía del Puente Callejón (Coordenadas UTM WGS84 Zona 17S:

781049.40 E – 9211206.54 N)

Segunda fase: Análisis Granulométrico. Para realizar este análisis se tomaron en cuenta los protocolos de Granulometría de acuerdo a la Universidad Privada del Norte – Cajamarca (Anexo 9). Dichos ensayos se realizaron en el Laboratorio del mismo Centro de estudio, con la finalidad de obtener la muestra significativa para la aplicación en el modelo.



Figura 10. Realización de Ensayo de Granulometría en el Laboratorio de la Universidad Privada del Norte – Cajamarca

De las calicatas realizadas en los puentes Chonta, Callejón y Rinconada se obtuvieron resultados de sus granulometrías, cuyos coeficientes de uniformidad son de 5.48, 5.83 y 9.74 respectivamente, como puede observarse en las gráficas se trata de un suelo no uniforme y bien graduado

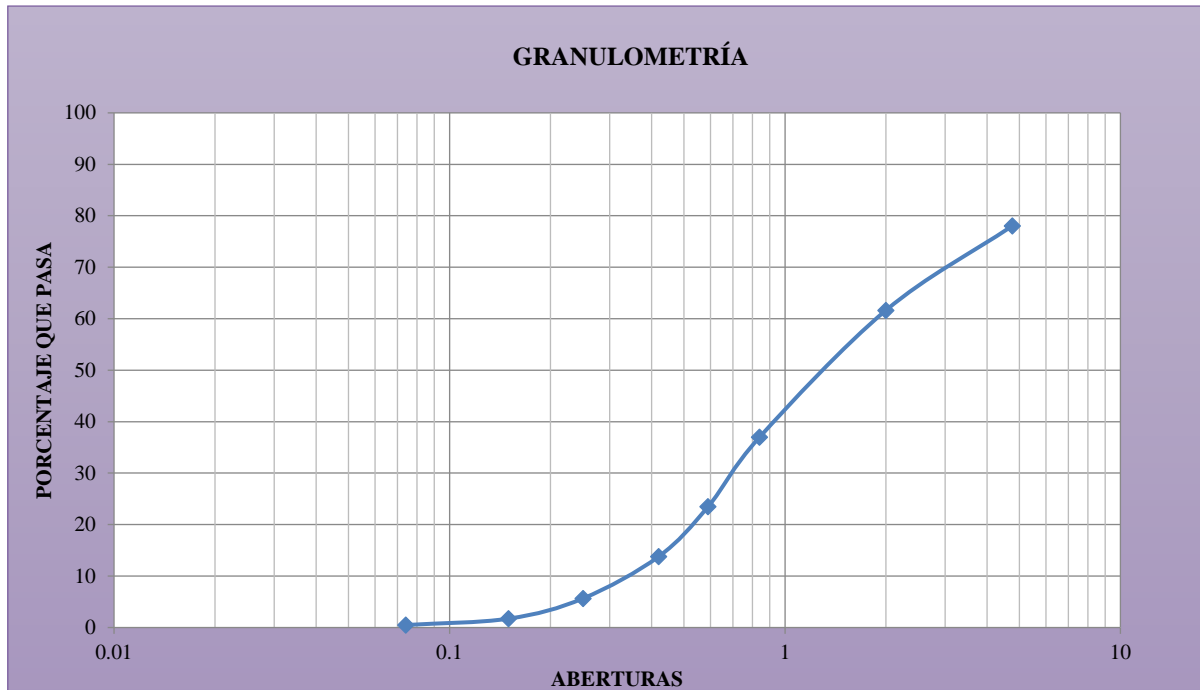


Figura 11. Curva Granulométrica de Agregado Fino – Puente Chonta

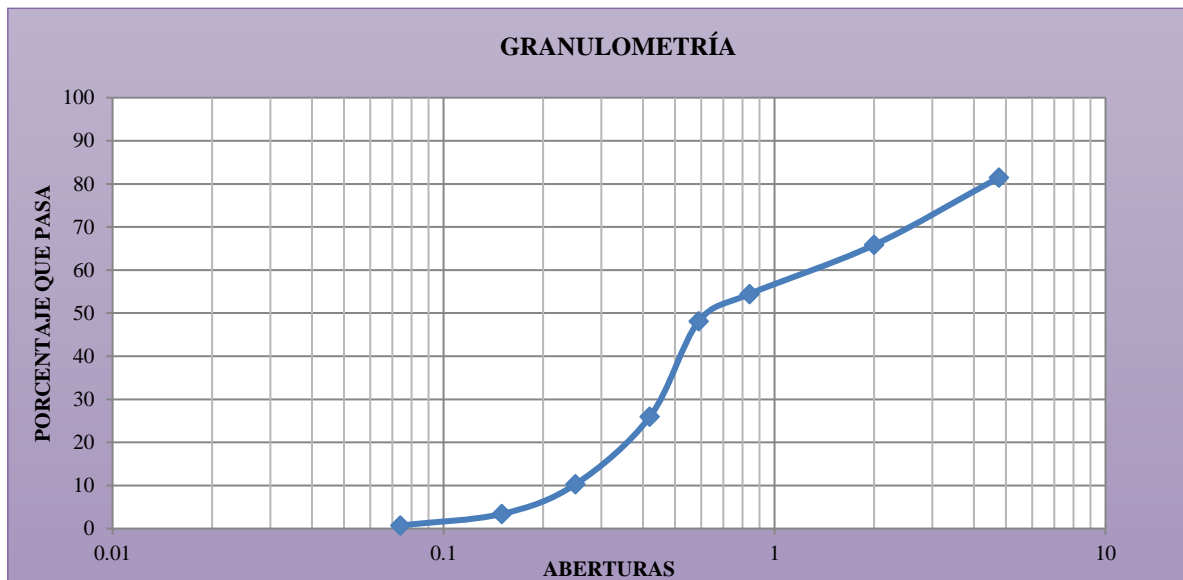


Figura 12. Curva Granulométrica de Agregado Fino – Puente El Callejón

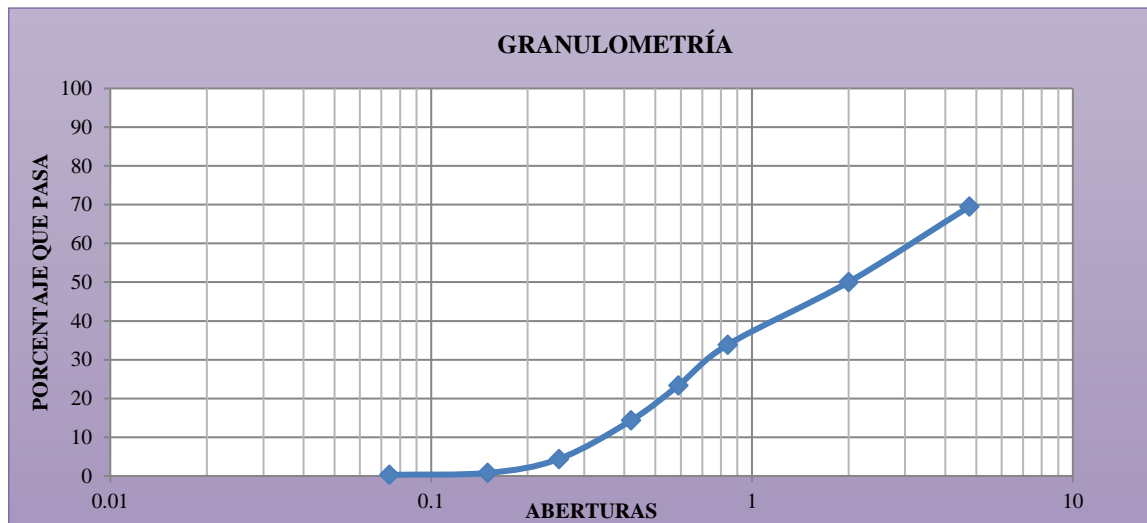


Figura 13. Curva Granulométrica de Agregado Fino – Puente Rinconada

Los diámetros de partículas del lecho móvil, se obtuvo con el d50, que es un diámetro representativo de cada zona en estudio, para lo cual se ubicaron puntos estratégicos en cada puente para la excavación de calicatas con dimensiones 0.8x0.8m y 1m de profundidad. Luego de hacer el ensayo de granulometría se determinó los d50 de la curva granulométrica realizada para cada puente con material fino, los cuales fueron: 2mm, 0.62mm, 1.35mm para el puente la Rinconada, El Callejón y Chonta respectivamente, con los cuales se realizará el modelamiento.

Tercera fase: Delimitación de las Subcuencas. Mediante el uso del Software ArcGIS y con las imágenes DEM del Geoservidor del Ministerio de Ambiente y las Cartas Nacionales se realizó la delimitación de las subcuencas para cada punto de descarga que en este caso son cada uno de los puentes en estudio: La Rinconada, El Callejón y el puente Chonta.

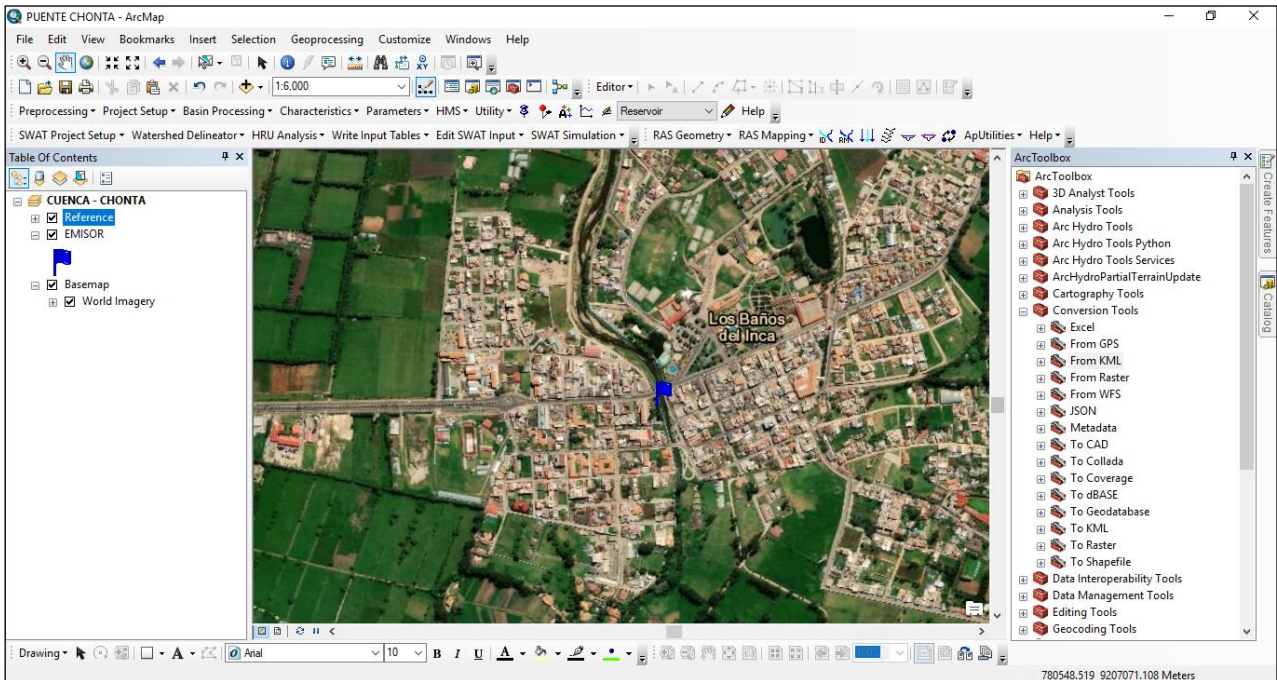


Figura 14. Ubicación del Punto Emisor.

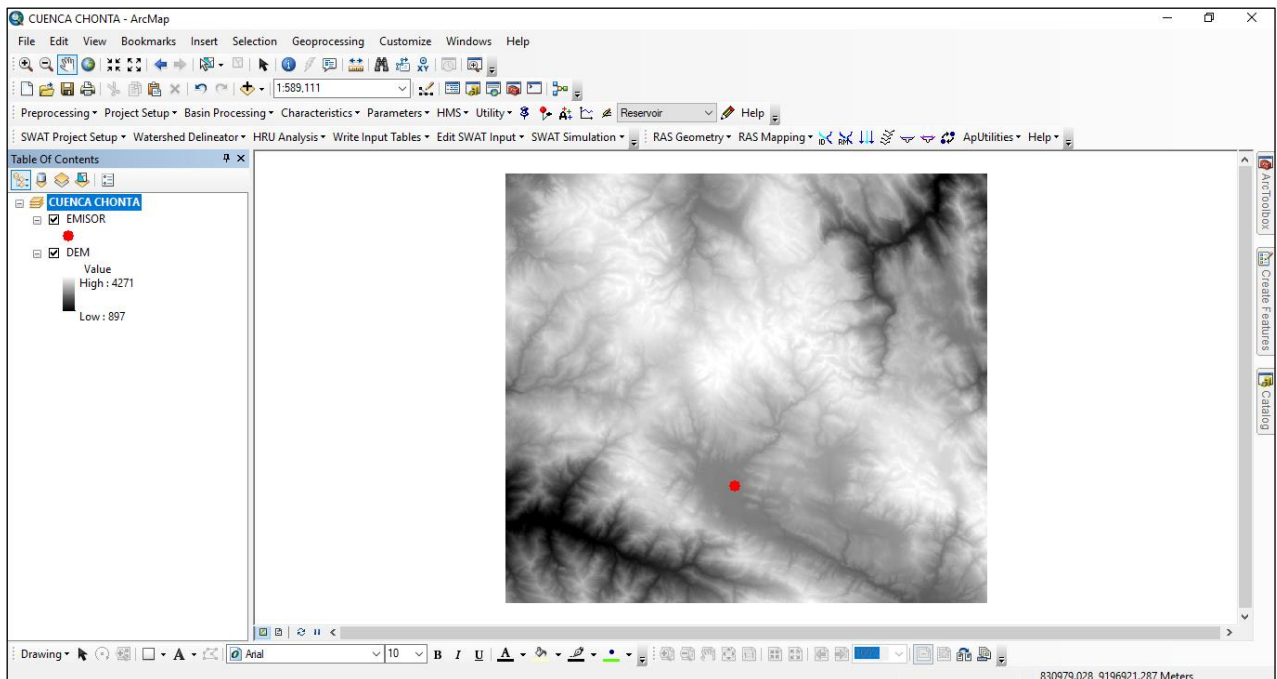


Figura 15. DEM para cuenca en estudio

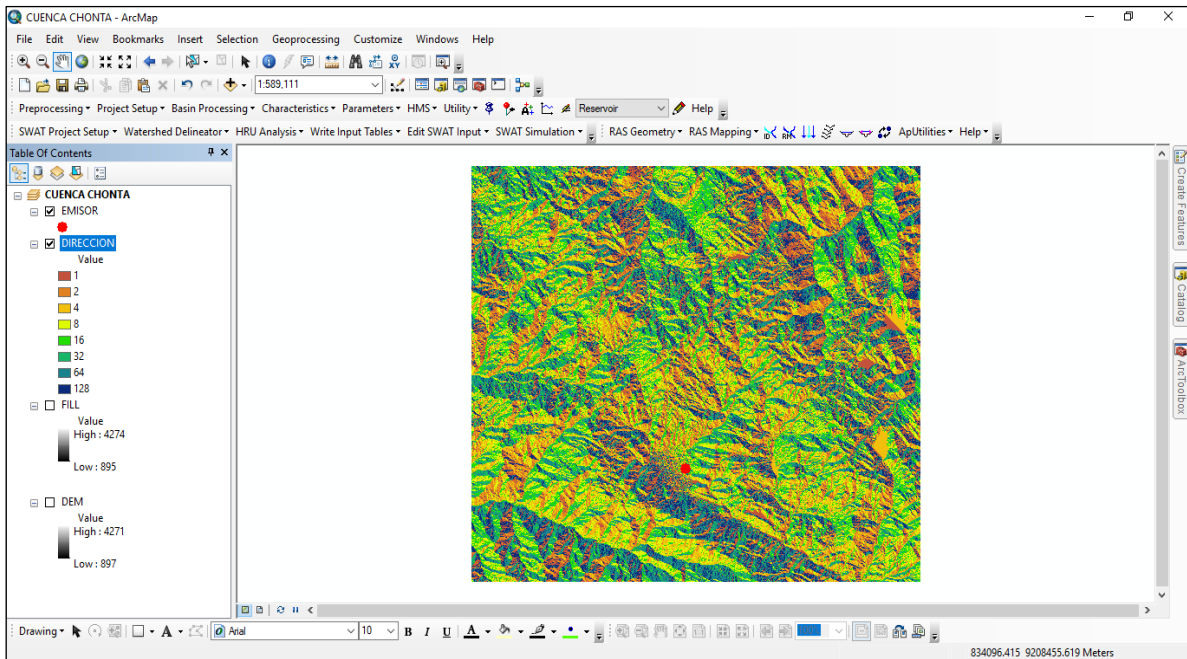


Figura 16. Dirección de Flujo del DEM

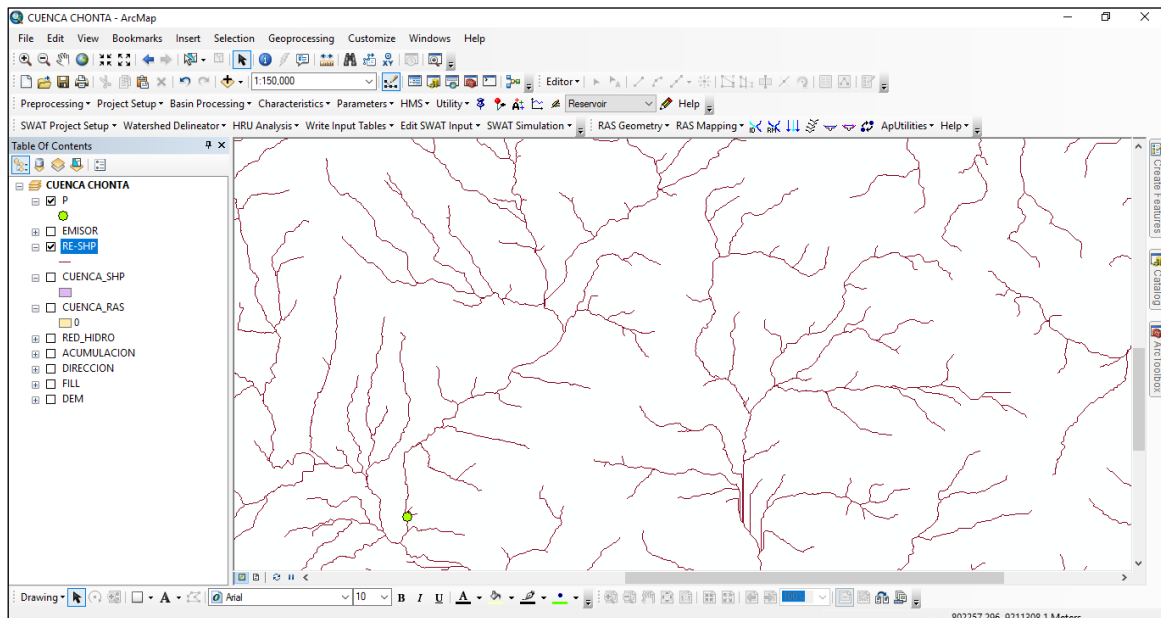


Figura 17. Red hidrológica correspondiente al DEM

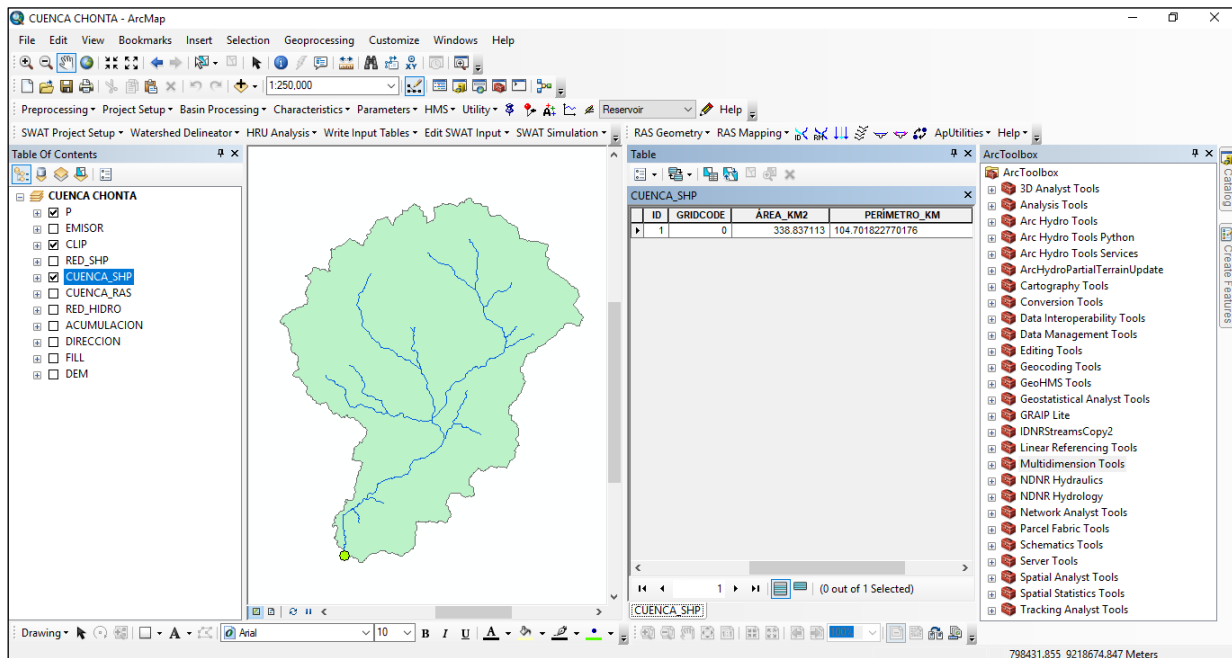


Figura 18. Delimitación de la Cuenca del emisor (Puente Chonta)

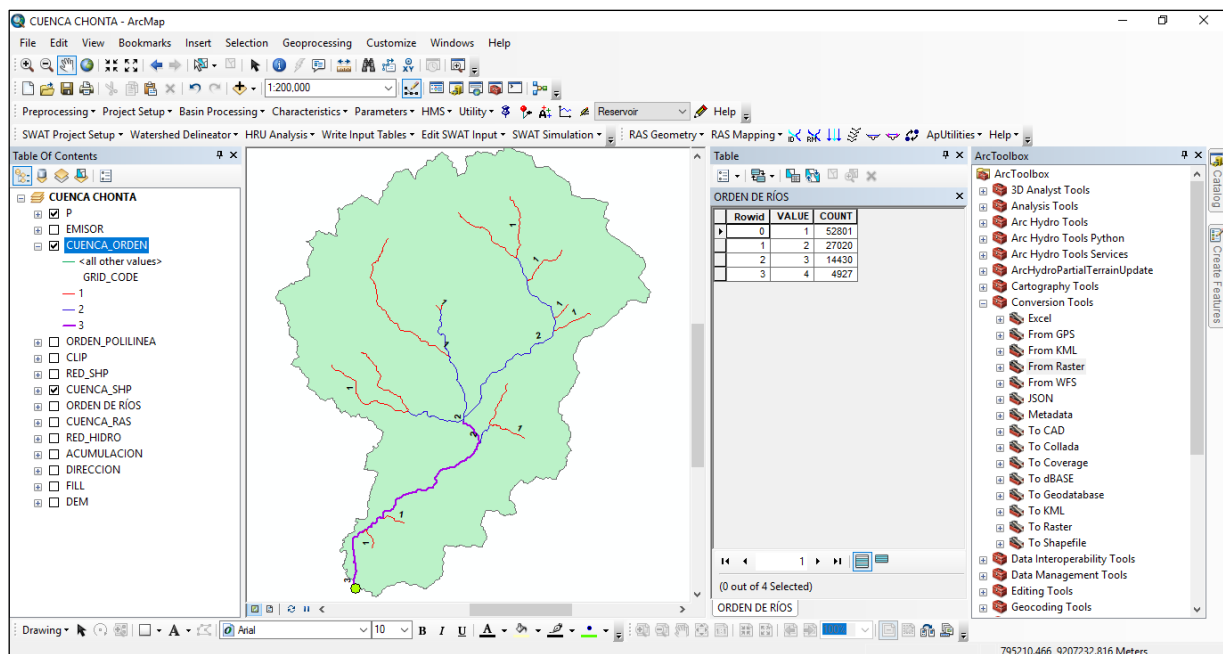


Figura 19. Orden de los Ríos en la Cuenca

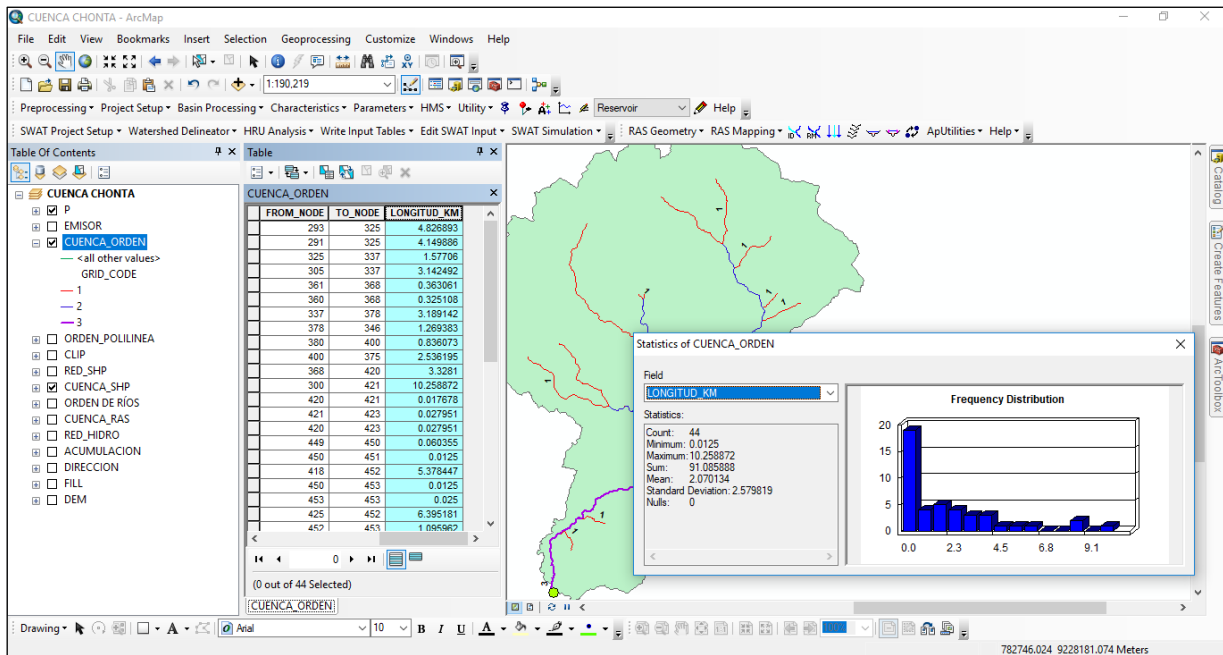


Figura 20. Longitud del Cauce Principal

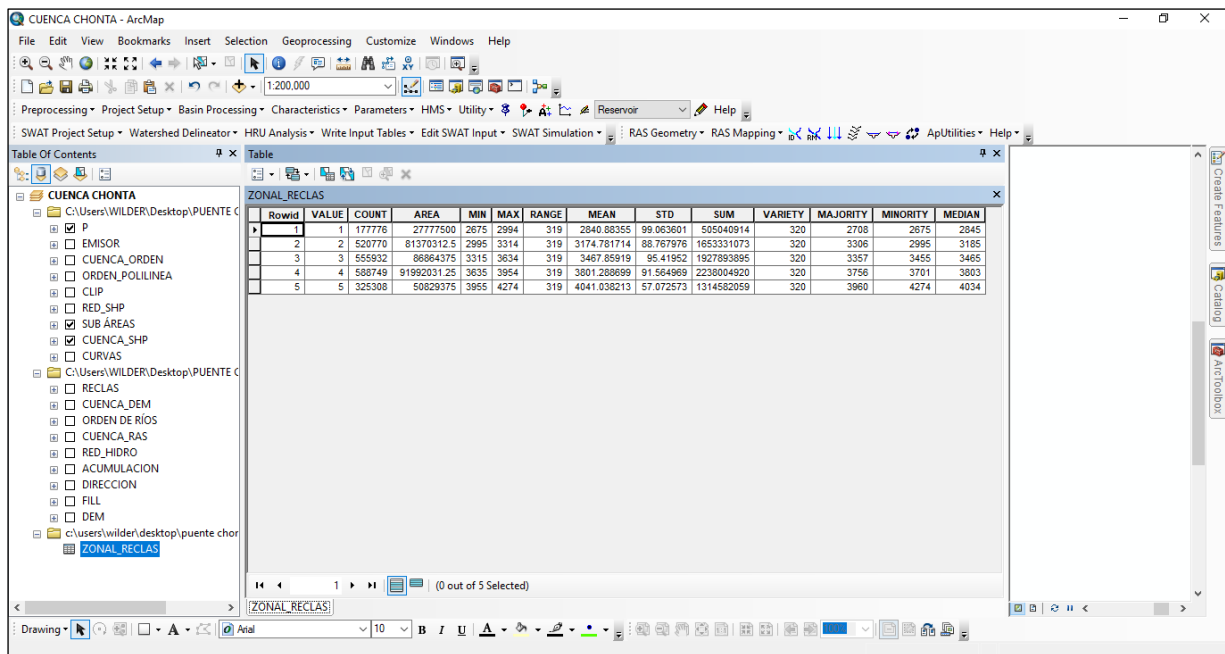


Figura 21. Tabla Estadística de las 5 Sub Áreas

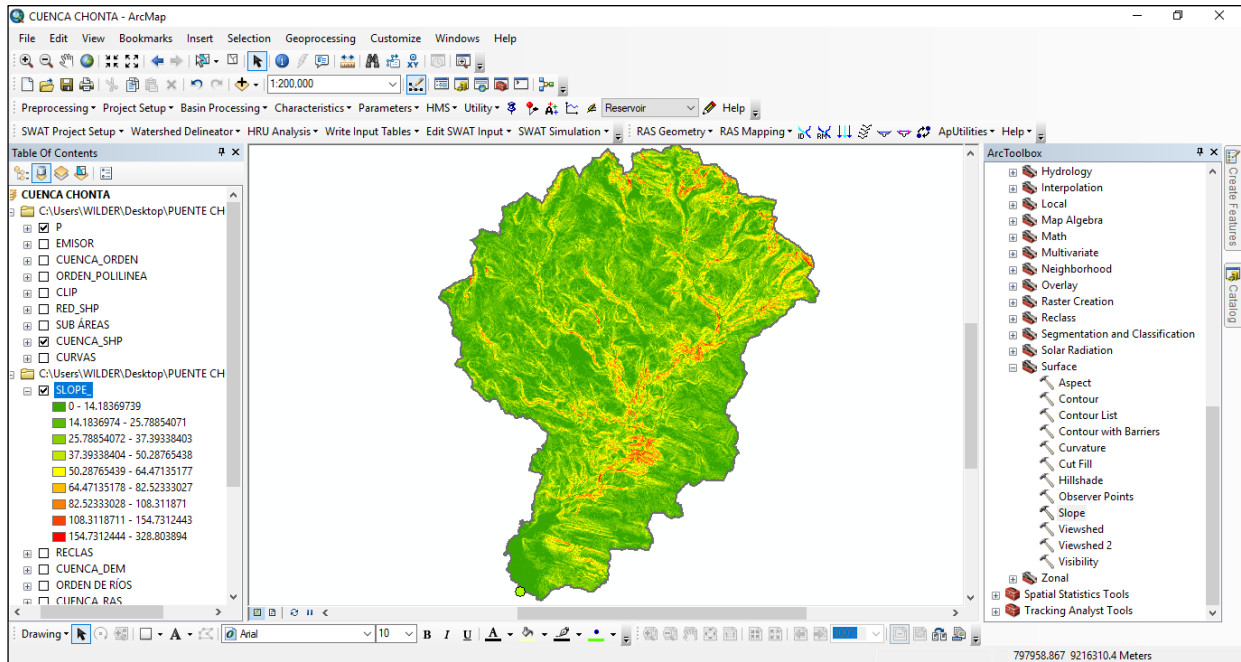


Figura 22. Mapa de Pendientes de la Cuenca

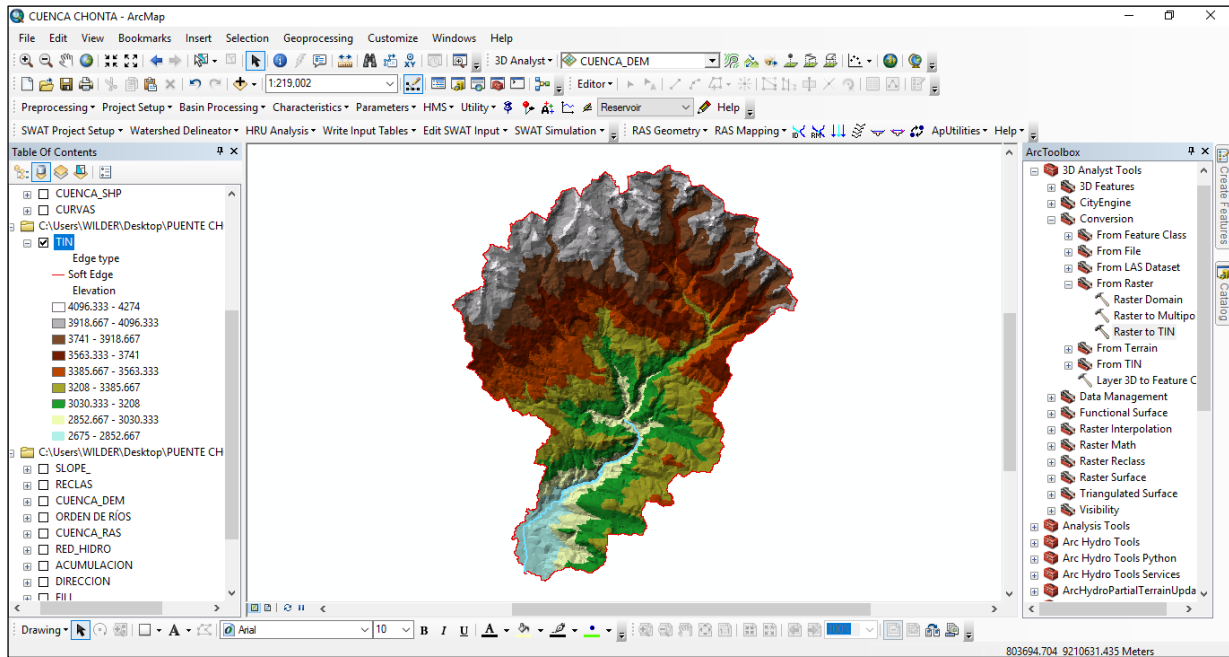


Figura 23. Visualización de TIN de la Cuenca

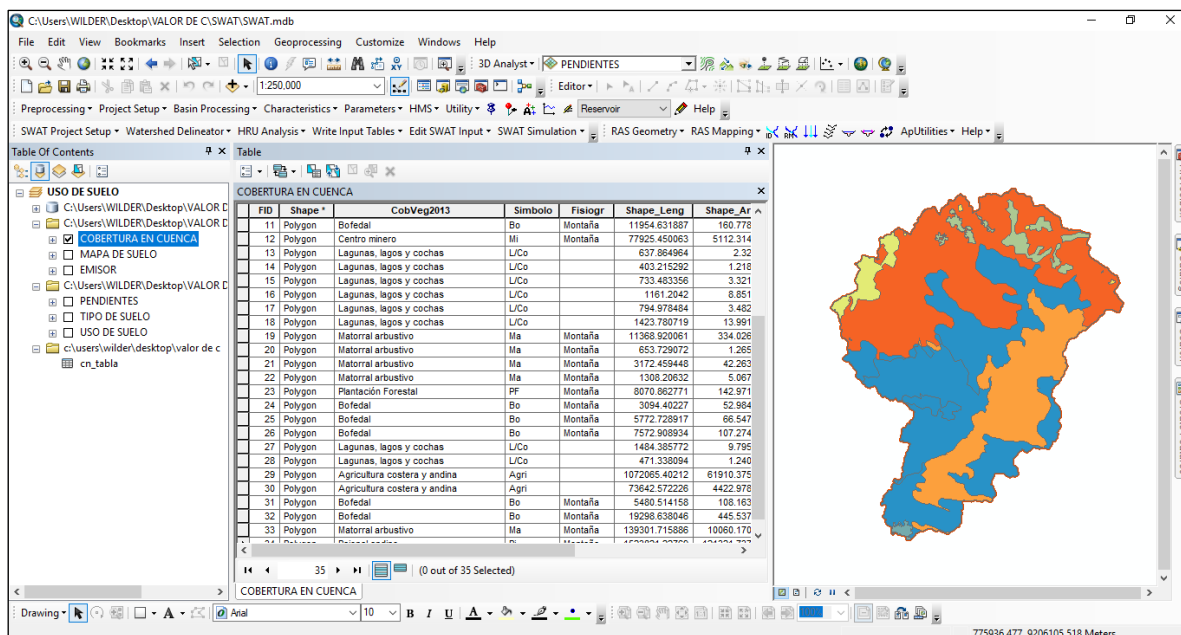


Figura 24. Shapefile correspondiente a la Cobertura Vegetal en la Cuenca

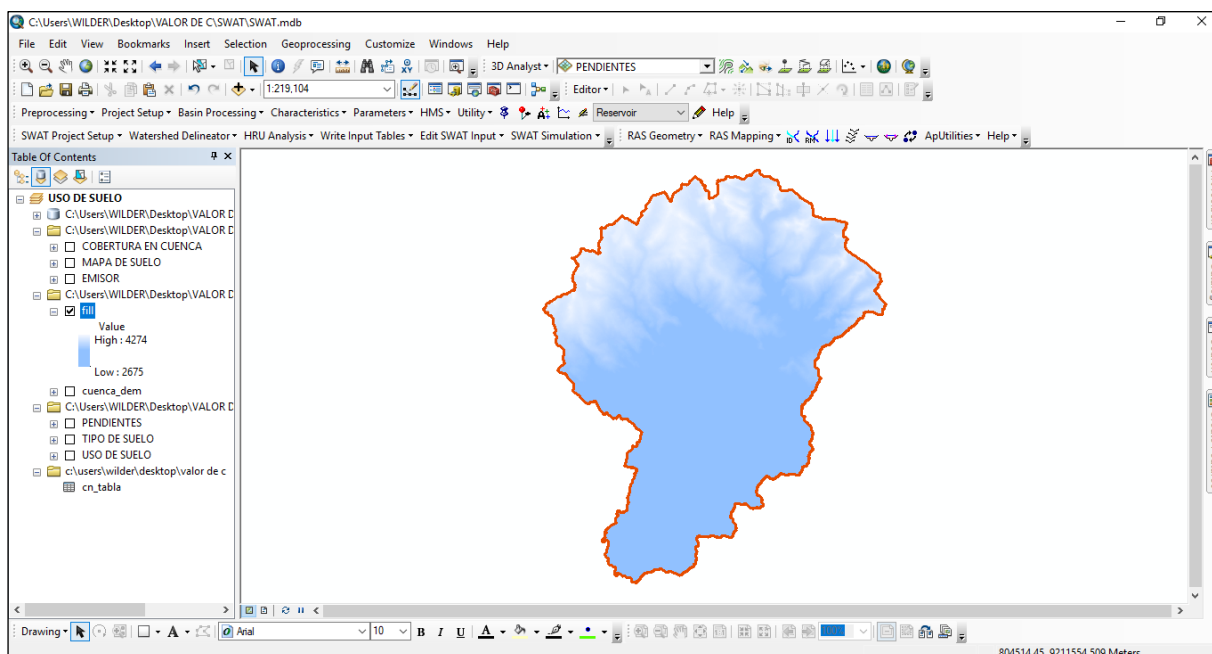


Figura 25. Llenado de vacíos en DEM

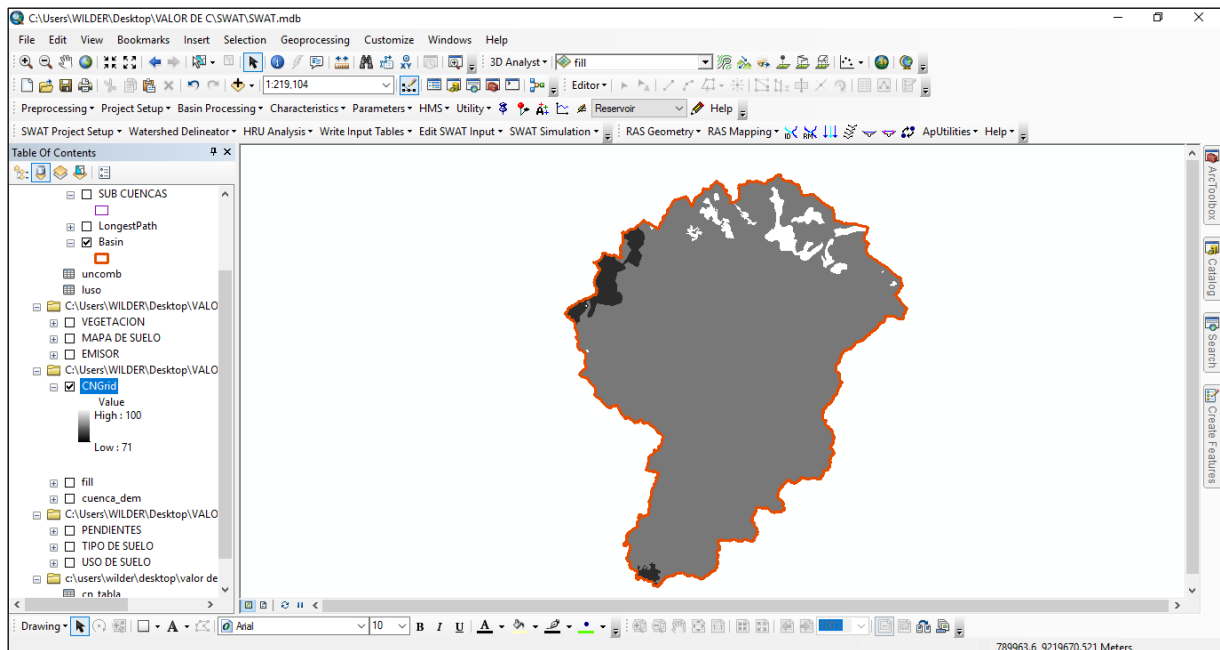


Figura 26. Raster que contiene los Valores de los CN

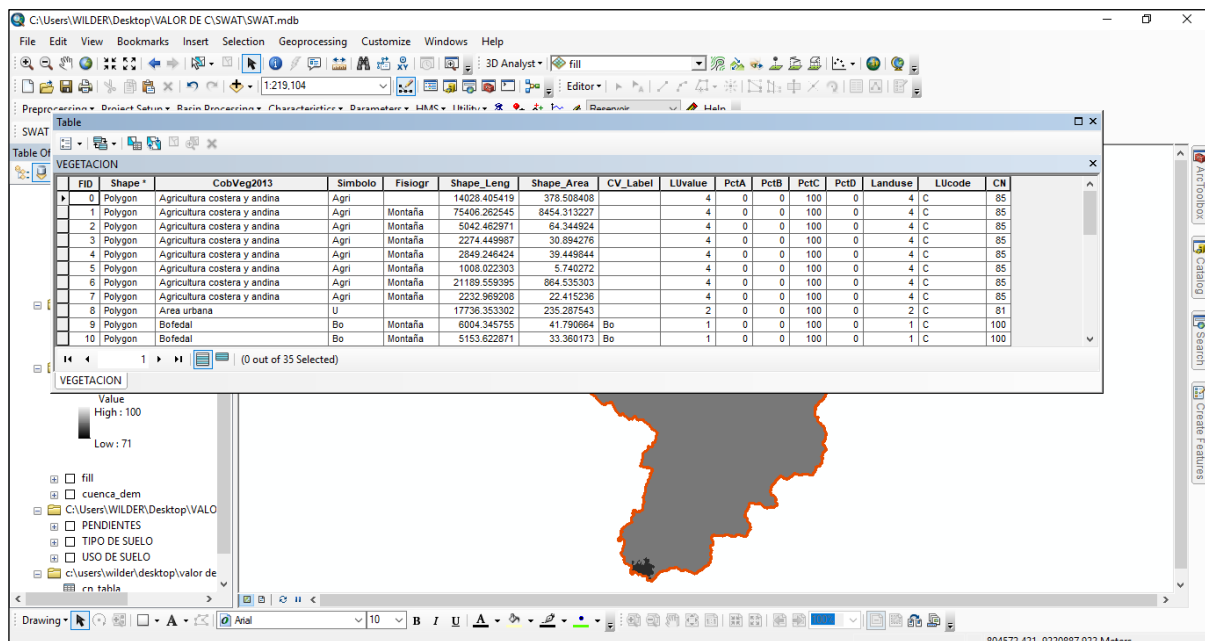


Figura 27. Tabla del Raster obtenido con el Número de Curva

A continuación, se muestra los resultados de la evaluación de los parámetros más importantes en las respectivas cuencas en estudio. Como podemos ver el parámetro de Gravelius arroja valores por encima de 1, con ello podemos decir que la cuenca es de forma alargada produciendo hidrogramas de escorrentía no atenuados, de menor vulnerabilidad al socavamiento. En la medida que el Coeficiente de Forma de una cuenca determinada sea más bajo, estará menos sujeta a crecientes.

Tabla 1
Parámetros de las Cuencas

PARAMETROS	UND	CUENCA		
		CHONTA	EL CALLEJON	LA RINCONADA
Superficie total de la cuenca	Km ²	338.840	319.910	303.306
Perímetro	Km	104.700	94.220	88.326
Longitud del Cauce Principal	Km	16.240	10.970	8.440
Altitud Mediana	msnm	3540.00	3560.00	3600.00
Altitud Media Ponderada	msnm	3528.50	3563.03	3589.26
Altitud Media Simple	msnm	3474.50	3499.50	3517.00
Índice de Gravelius	S/U	1.60	1.49	1.43
Longitud de Lado Mayor	Km	45.26	39.33	36.09
Longitud de Lado Menor	Km	7.49	8.13	8.40
Factor Forma	S/U	0.17	0.21	0.23
Densidad de Drenaje	S/U	0.27	0.26	0.26
Coef. De Torrencialidad	S/U	0.056	0.044	0.053
Coef. De Masividad	S/U	10.45	11.13	11.87
Tiempo de Concentración	Min	271.45	233.66	213.45
Índice de Pendiente	S/U	5.82	6.10	6.27
Pendiente de la Cuenca	%	3.53	3.94	4.20
Pendiente Media de la Cuenca	%	29.48	9.25	8.98

Cuarta fase: Cálculos Hidrológicos. Para la realización de los cálculos hidrológicos, se procedió a realizar lo siguiente:

Intensidades Máximas de la Estación Weberbauer para Períodos Estándar (mm/hora)

Altitud	: 2536 msnm	Distrito	: Cajamarca
Longitud	: 78°30´	Provincia	: Cajamarca
Latitud	: 07°10´	Departamento	: Cajamarca

Tabla 2

Intensidades Máximas de la Estación Weberbauer para Períodos Estándar (mm/hora)

Año	5 min	10 min	30min	60min	120min
1973	101.00	71.00	24.00	14.00	11.00
1974	73.00	58.00	34.00	18.00	19.00
1975	90.00	50.00	24.00	16.00	10.00
1976	68.00	63.00	37.00	19.00	9.00
1977	65.00	53.00	37.00	21.00	11.00
1978	26.00	24.00	21.00	12.00	6.00
1979	60.00	60.00	38.00	23.00	14.00
1980	73.02	60.10	33.80	21.08	9.24
1981	67.20	54.80	29.13	15.54	13.02
1982	88.29	75.15	37.20	23.10	13.27
1983	75.30	50.40	31.40	23.71	13.99
1984	112.80	71.80	27.60	15.63	9.80
1985	59.31	54.40	25.56	14.70	8.05
1986	84.60	65.40	30.11	15.60	8.23
1987	76.00	49.20	21.60	13.20	7.95
1988	70.40	52.80	23.00	13.79	7.85
1989	73.60	47.80	28.00	16.00	9.60
1990	111.60	75.00	37.94	23.00	12.00
1991	83.00	73.00	41.00	26.00	14.00
1992	56.00	39.00	19.00	10.00	5.00
1993	58.00	51.00	28.00	18.00	10.00
1994	91.49	64.18	36.22	19.04	12.91
1995	71.11	56.25	28.66	16.72	9.32
1996	81.30	60.21	32.44	17.88	11.12
1997	82.20	68.10	35.04	17.86	8.94

1998	92.00	66.34	40.60	27.10	13.50
1999	70.80	38.30	13.80	9.90	6.40
2000	46.80	32.40	23.00	15.81	7.95
2001	67.20	49.90	25.40	17.28	9.70
2002	28.20	20.60	13.80	8.70	4.40
2003	70.80	42.60	15.90	9.80	6.10
2004	84.60	84.60	33.00	18.70	9.40
2005	45.60	43.80	20.50	11.10	6.50
2006	30.00	30.00	15.00	10.30	6.90
2007	72.00	64.00	32.70	19.40	12.30
2008	47.00	33.24	22.80	13.66	9.83
2009	68.00	49.20	32.04	22.00	4.05
2010	86.40	38.50	30.67	20.28	10.89
2011	62.40	36.60	26.80	16.60	10.00
2012	64.00	42.20	23.60	15.20	6.80
2014	119.10	69.30	27.24	15.87	9.23
2015	100.00	63.89	27.28	15.90	9.89

Fuente: UNC – SENAMHI

Generación de Intensidades por Transferencia de Información para las diferentes Cuencas: Chonta, Callejón y Rinconada, teniendo en cuenta sus altitudes medias respectivamente. Luego de transferir la información de intensidades a cada cuenca, se procede a estimar los parámetros del modelo (α y β). Así mismo, se genera las Probabilidades Observadas y Simuladas de la Prueba de Bondad de Ajuste.

Se generan las Curvas de Intensidad – Duración - Frecuencia para cada cuenca con periodos de retornos de 10, 25, 50, 100 y 150 años.

Se realiza los hietogramas de precipitación a partir de las curvas IDF, teniendo en cuenta los tiempos de concentración de cada cuenca. Cuenca Chonta $T_c = 270$ min, Cuenca Callejón $T_c = 240$ min y Cuenca Rinconada $T_c = 210$ min. Por consiguiente, con los hietogramas obtenidos analizamos los caudales máximos por modelamiento con el software Hec – Hms.

Se utilizó el método de transferencia de información de intensidades máximas, el cual es exclusivo para cuencas altoandinas, con el fin de obtener las intensidades máximas para las zonas en estudio, ver (Tabla N° 3, 12 y 21).

Tabla 3
Transposición de Intensidades Cuenca Chonta

INTENSIDADES MÁXIMAS EN mm/hora					
AÑO	5 min	10 min	30min	60min	120min
1973	140.99	99.11	33.50	19.54	15.35
1974	101.90	80.96	47.46	25.13	26.52
1975	125.63	69.79	33.50	22.33	13.96
1976	94.92	87.94	51.65	26.52	12.56
1977	90.73	73.98	51.65	29.31	15.35
1978	36.29	33.50	29.31	16.75	8.38
1979	83.75	83.75	53.04	32.11	19.54
1980	101.93	83.89	47.18	29.43	12.90
1981	93.80	76.50	40.66	21.69	18.17
1982	123.24	104.90	51.93	32.25	18.52
1983	105.11	70.35	43.83	33.10	19.53
1984	157.46	100.23	38.53	21.82	13.68
1985	82.79	75.94	35.68	20.52	11.24
1986	118.09	91.29	42.03	21.78	11.49
1987	106.09	68.68	30.15	18.43	11.10
1988	98.27	73.70	32.11	19.25	10.96
1989	102.74	66.72	39.09	22.33	13.40
1990	155.78	104.69	52.96	32.11	16.75
1991	115.86	101.90	57.23	36.29	19.54

1992	78.17	54.44	26.52	13.96	6.98
1993	80.96	71.19	39.09	25.13	13.96
1994	127.71	89.59	50.56	26.58	18.02
1995	99.26	78.52	40.01	23.34	13.01
1996	113.49	84.05	45.28	24.96	15.52
1997	114.74	95.06	48.91	24.93	12.48
1998	128.42	92.60	56.67	37.83	18.84
1999	98.83	53.46	19.26	13.82	8.93
2000	65.33	45.23	32.11	22.08	11.10
2001	93.80	69.66	35.46	24.12	13.54
2002	39.36	28.76	19.26	12.14	6.14
2003	98.83	59.47	22.19	13.68	8.51
2004	118.09	118.09	46.06	26.10	13.12
2005	63.65	61.14	28.62	15.49	9.07
2006	41.88	41.88	20.94	14.38	9.63
2007	100.50	89.34	45.65	27.08	17.17
2008	65.61	46.40	31.83	19.07	13.73
2009	94.92	68.68	44.72	30.71	5.65
2010	120.61	53.74	42.81	28.31	15.21
2011	87.10	51.09	37.41	23.17	13.96
2012	89.34	58.91	32.94	21.22	9.49
2014	166.25	96.74	38.03	22.15	12.89
2015	139.59	89.18	38.08	22.19	13.81

Tabla 4
Análisis por el Método Gumbel Cuenca Chonta

# DE ORDEN	5 min	10 min	30 min	60 min	120 min.
	INTEN. MÁX. (mm/hora)	INTEN. MÁX. (mm/hora)	INTEN. MÁX. (mm/hora)	INTEN. MÁX. (mm/hora)	INTEN. MÁX. (mm/hora)
1	166.25	118.09	57.23	37.83	26.52
2	157.46	104.90	56.67	36.29	19.54
3	155.78	104.69	53.04	33.10	19.54
4	140.99	101.90	52.96	32.25	19.53
5	139.59	100.23	51.93	32.11	18.84
6	128.42	99.11	51.65	32.11	18.52
7	127.71	96.74	51.65	30.71	18.17
8	125.63	95.06	50.56	29.43	18.02
9	123.24	92.60	48.91	29.31	17.17
10	120.61	91.29	47.46	28.31	16.75
11	118.09	89.59	47.18	27.08	15.52
12	118.09	89.34	46.06	26.58	15.35
13	115.86	89.18	45.65	26.52	15.35
14	114.74	87.94	45.28	26.10	15.21
15	113.49	84.05	44.72	25.13	13.96
16	106.09	83.89	43.83	25.13	13.96
17	105.11	83.75	42.81	24.96	13.96
18	102.74	80.96	42.03	24.93	13.81
19	101.93	78.52	40.66	24.12	13.73
20	101.90	76.50	40.01	23.34	13.68

21	100.50	75.94	39.09	23.17	13.54
22	99.26	73.98	39.09	22.33	13.40
23	98.83	73.70	38.53	22.33	13.12
24	98.83	71.19	38.08	22.19	13.01
25	98.27	70.35	38.03	22.15	12.90
26	94.92	69.79	37.41	22.08	12.89
27	94.92	69.66	35.68	21.82	12.56
28	93.80	68.68	35.46	21.78	12.48
29	93.80	68.68	33.50	21.69	11.49
30	90.73	66.72	33.50	21.22	11.24
31	89.34	61.14	32.94	20.52	11.10
32	87.10	59.47	32.11	19.54	11.10
33	83.75	58.91	32.11	19.25	10.96
34	82.79	54.44	31.83	19.07	9.63
35	80.96	53.74	30.15	18.43	9.49
36	78.17	53.46	29.31	16.75	9.07
37	65.61	51.09	28.62	15.49	8.93
38	65.33	46.40	26.52	14.38	8.51
39	63.65	45.23	22.19	13.96	8.38
40	41.88	41.88	20.94	13.82	6.98
41	39.36	33.50	19.26	13.68	6.14
42	36.29	28.76	19.26	12.14	5.65
Media	101.47	74.88	39.38	23.65	13.56
Devestan.	29.33	20.72	10.12	6.23	4.20
α	0.04	0.06	0.13	0.21	0.31
β	88.27	65.56	34.82	20.84	11.67

Tabla 5
Análisis por el Método Gumbel Cuenca Chonta

P(x) = m/(n+1)	- P(x)	Tr (Años) 1/P(x)	F(X)	DELTA D = F(X) - P(X)
0.02	0.98	43.00	0.97	0.01
0.05	0.95	21.50	0.95	0.00
0.07	0.93	14.33	0.95	0.02
0.09	0.91	10.75	0.91	0.00
0.12	0.88	8.60	0.90	0.02
0.14	0.86	7.17	0.84	0.02
0.16	0.84	6.14	0.84	0.00
0.19	0.81	5.38	0.82	0.01
0.21	0.79	4.78	0.81	0.01
0.23	0.77	4.30	0.78	0.02
0.26	0.74	3.91	0.76	0.02
0.28	0.72	3.58	0.76	0.04
0.30	0.70	3.31	0.74	0.04
0.33	0.67	3.07	0.73	0.06
0.35	0.65	2.87	0.72	0.07
0.37	0.63	2.69	0.63	0.00
0.40	0.60	2.53	0.62	0.01
0.42	0.58	2.39	0.59	0.01
0.44	0.56	2.26	0.58	0.02
0.47	0.53	2.15	0.58	0.04
0.49	0.51	2.05	0.56	0.05
0.51	0.49	1.95	0.54	0.05

0.53	0.47	1.87	0.53	0.07
0.56	0.44	1.79	0.53	0.09
0.58	0.42	1.72	0.52	0.11
0.60	0.40	1.65	0.47	0.08
0.63	0.37	1.59	0.47	0.10
0.65	0.35	1.54	0.46	0.11
0.67	0.33	1.48	0.46	0.13
0.70	0.30	1.43	0.41	0.11
0.72	0.28	1.39	0.38	0.11
0.74	0.26	1.34	0.35	0.09
0.77	0.23	1.30	0.30	0.06
0.79	0.21	1.26	0.28	0.07
0.81	0.19	1.23	0.25	0.07
0.84	0.16	1.19	0.21	0.05
0.86	0.14	1.16	0.07	0.07
0.88	0.12	1.13	0.07	0.05
0.91	0.09	1.10	0.05	0.04
0.93	0.07	1.08	0.00	0.07
0.95	0.05	1.05	0.00	0.05
0.98	0.02	1.02	0.00	0.02
			D MÁX	0.130
			Δ	0.21

Tabla 6

Curvas IDF para Periodos de Retornos de 10, 25, 50, 100 y 150 años -Cuenca Chonta

INTENSIDAD MÁXIMA EN (mm/h)					
Tr (años)	5 min	10 min	30 min	60 min	120 min
10	139.73	101.92	52.58	31.77	19.05
25	161.41	117.24	60.07	36.38	22.16
50	177.49	128.60	65.62	39.79	24.46
100	193.46	139.88	71.13	43.18	26.75
150	202.77	146.46	74.34	45.16	28.09

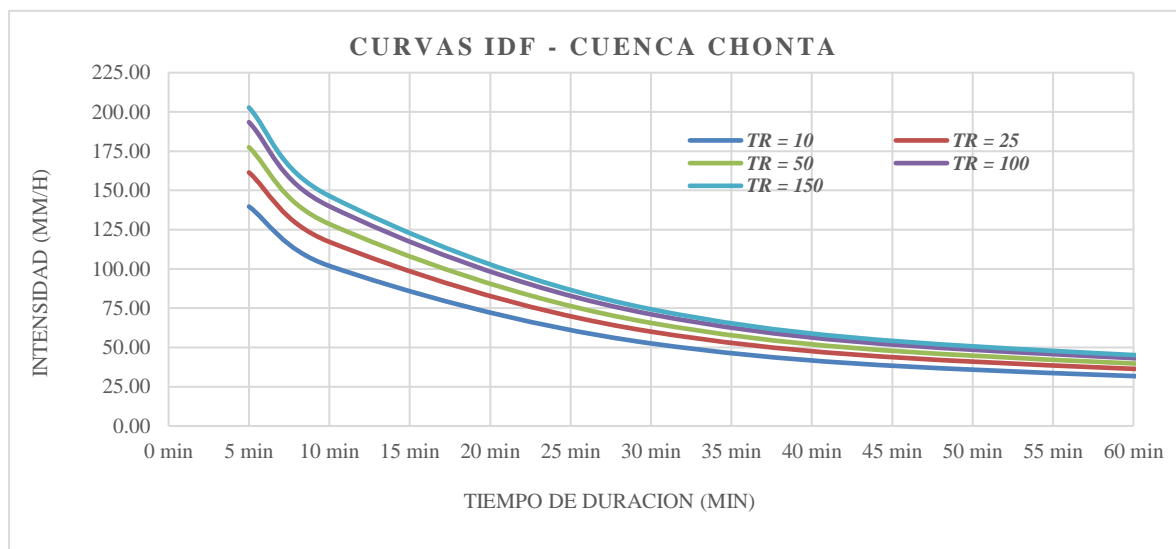


Figura 28. Curvas IDF para la Cuenca Chonta

Tabla 7

Hietogramas por el Método de Bloques Alternos para Tr: 10 años Cuenca Chonta

TIEMPO (min)	I (mm/h)	P (mm)	ALTURA BLOQUE	PP ALTERNADA
30	48.67	24.34	24.34	2.5
60	31.45	31.45	7.11	3.07
90	24.36	36.54	5.09	4.1
120	20.32	40.64	4.1	7.11
150	17.66	44.15	3.51	24.34
180	15.74	47.22	3.07	5.09
210	14.29	50.02	2.8	3.51
240	13.13	52.52	2.5	2.8
270	12.19	54.86	2.34	2.34

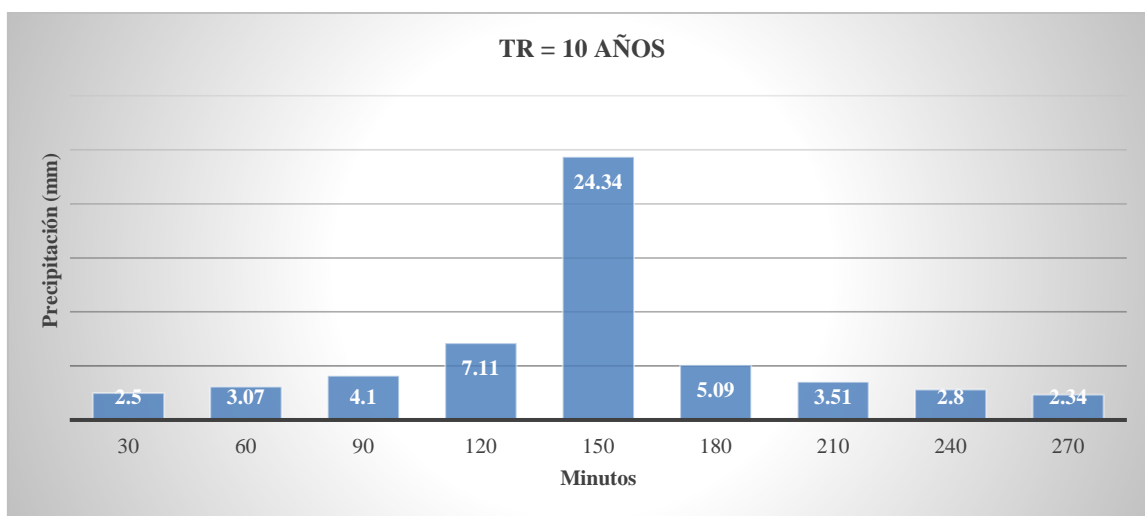


Figura 29. Hietograma de Precipitación para TR = 10 años Cuenca Chonta

Tabla 8

Hietogramas por el Método de Bloques Alternos para Tr: 25 años Cuenca Chonta

TIEMPO (min)	I (mm/h)	P (mm)	ALTURA BLOQUE	PP ALTERNADA
30	55.89	27.95	27.95	2.92
60	36.12	36.12	8.17	3.54
90	27.97	41.96	5.84	4.72
120	23.34	46.68	4.72	8.17
150	20.28	50.7	4.02	27.95
180	18.08	54.24	3.54	5.84
210	16.4	57.4	3.16	4.02
240	15.08	60.32	2.92	3.16
270	14	63	2.68	2.68

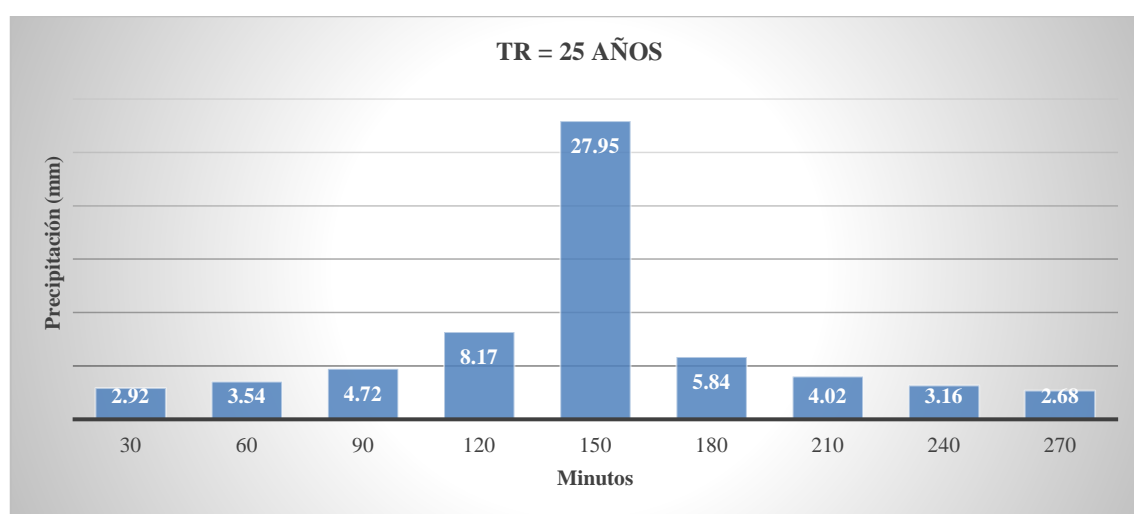


Figura 30. Hietograma de Precipitación para TR = 25 años Cuenca Chonta

Tabla 9

Hietogramas por el Método de Bloques Alternos para Tr: 50 años Cuenca Chonta

TIEMPO (min)	I (mm/h)	P (mm)	ALTURA BLOQUE	PP ALTERNADA
30	61.46	30.73	30.73	3.23
60	39.74	39.74	9.01	3.9
90	30.79	46.19	6.45	5.21
120	25.7	51.4	5.21	9.01
150	22.33	55.83	4.43	30.73
180	19.91	59.73	3.9	6.45
210	18.07	63.25	3.52	4.43
240	16.62	66.48	3.23	3.52
270	15.43	69.44	2.96	2.96

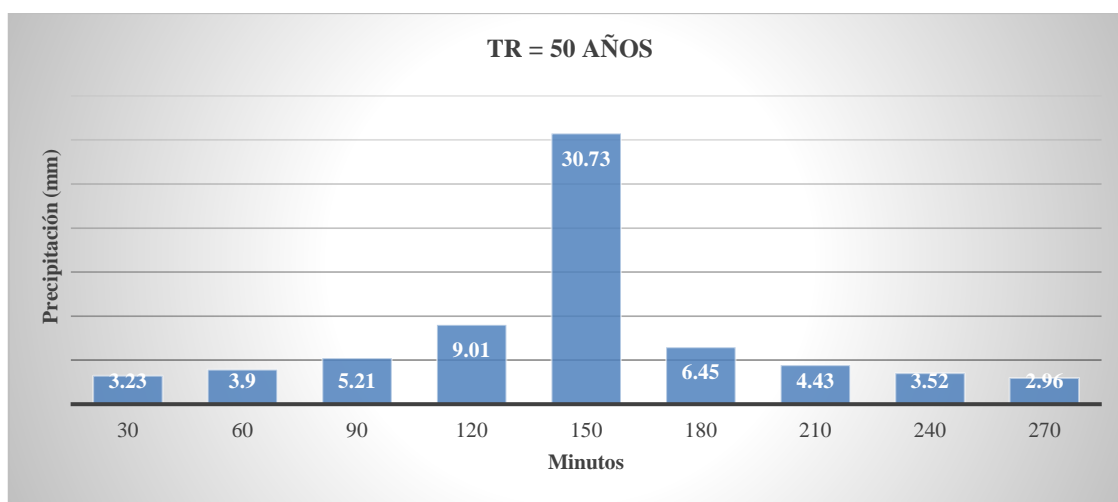


Figura 31. Hietograma de Precipitación para TR = 50 años Cuenca Chonta

Tabla 10

Hietogramas por el Método de Bloques Alternos para Tr: 100 años Cuenca Chonta

TIEMPO (min)	I (mm/h)	P (mm)	ALTURA BLOQUE	PP ALTERNADA
30	66.75	33.38	33.38	3.49
60	43.16	43.16	9.78	4.24
90	33.45	50.18	7.02	5.64
120	27.91	55.82	5.64	9.78
150	24.26	60.65	4.83	33.38
180	21.63	64.89	4.24	7.02
210	19.63	68.71	3.82	4.83
240	18.05	72.2	3.49	3.82
270	16.76	75.42	3.22	3.22

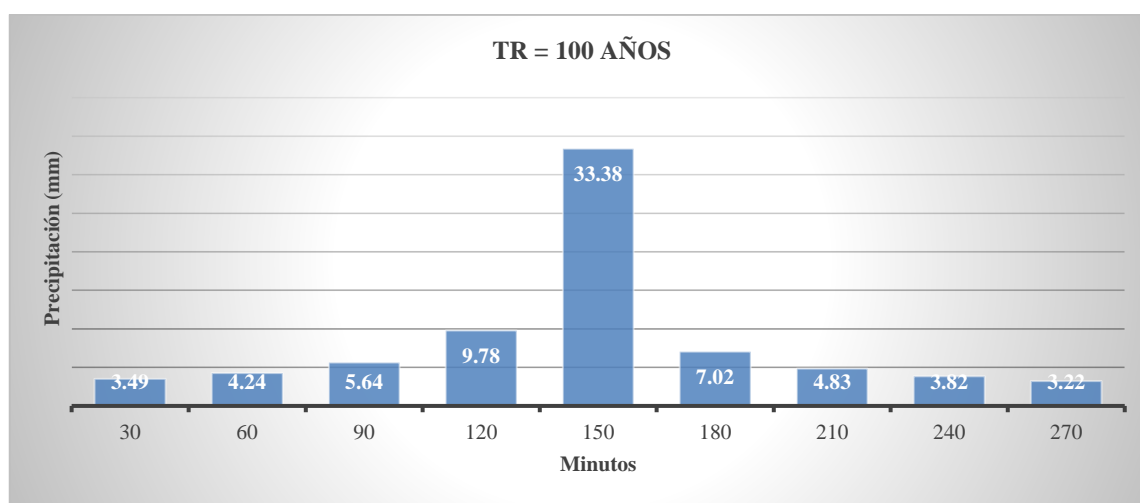


Figura 32. Hietograma de Precipitación para TR = 100 años Cuenca Chonta

Tabla 11

Hietogramas por el Método de Bloques Alternos para Tr: 150 años Cuenca Chonta

TIEMPO (min)	I (mm/h)	P (mm)	ALTURA BLOQUE	PP ALTERNADA
30	69.9	34.95	34.95	3.67
60	45.2	45.2	10.25	4.45
90	35.02	52.53	7.33	5.93
120	29.23	58.46	5.93	10.25
150	25.4	63.5	5.04	34.95
180	22.65	67.95	4.45	7.33
210	20.55	71.93	3.98	5.04
240	18.9	75.6	3.67	3.98
270	17.55	78.98	3.38	3.38

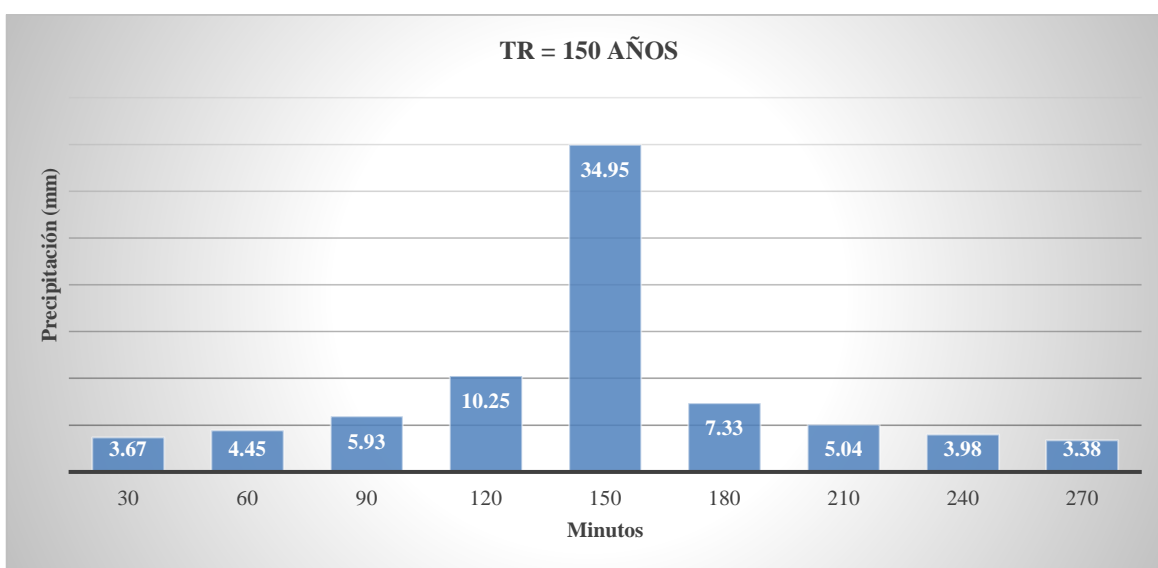


Figura 33. Hietograma de Precipitación para TR = 150 años Cuenca Chonta

Tabla 12
Transposición de Intensidades Cuenca El Callejón

INTENSIDADES MÁXIMAS EN mm/hora					
AÑO	5 min	10 min	30min	60min	120min
1973	141.78	99.67	33.69	19.65	15.44
1974	102.48	81.42	47.73	25.27	26.67
1975	126.34	70.19	33.69	22.46	14.04
1976	95.46	88.44	51.94	26.67	12.63
1977	91.25	74.40	51.94	29.48	15.44
1978	36.50	33.69	29.48	16.85	8.42
1979	84.23	84.23	53.34	32.29	19.65
1980	102.50	84.37	47.45	29.59	12.97
1981	94.33	76.93	40.89	21.81	18.28
1982	123.94	105.49	52.22	32.43	18.63
1983	105.71	70.75	44.08	33.28	19.64
1984	158.35	100.79	38.74	21.94	13.76
1985	83.26	76.37	35.88	20.64	11.30
1986	118.76	91.81	42.27	21.90	11.55
1987	106.69	69.07	30.32	18.53	11.16
1988	98.83	74.12	32.29	19.36	11.02
1989	103.32	67.10	39.31	22.46	13.48
1990	156.66	105.28	53.26	32.29	16.85
1991	116.51	102.48	57.56	36.50	19.65
1992	78.61	54.75	26.67	14.04	7.02
1993	81.42	71.59	39.31	25.27	14.04

1994	128.43	90.09	50.85	26.73	18.12
1995	99.82	78.96	40.23	23.47	13.08
1996	114.13	84.52	45.54	25.10	15.61
1997	115.39	95.60	49.19	25.07	12.55
1998	129.15	93.13	56.99	38.04	18.95
1999	99.39	53.76	19.37	13.90	8.98
2000	65.70	45.48	32.29	22.20	11.16
2001	94.33	70.05	35.66	24.26	13.62
2002	39.59	28.92	19.37	12.21	6.18
2003	99.39	59.80	22.32	13.76	8.56
2004	118.76	118.76	46.32	26.25	13.20
2005	64.01	61.49	28.78	15.58	9.12
2006	42.11	42.11	21.06	14.46	9.69
2007	101.07	89.84	45.90	27.23	17.27
2008	65.98	46.66	32.01	19.18	13.80
2009	95.46	69.07	44.98	30.88	5.69
2010	121.29	54.05	43.05	28.47	15.29
2011	87.60	51.38	37.62	23.30	14.04
2012	89.84	59.24	33.13	21.34	9.55
2014	167.19	97.28	38.24	22.27	12.96
2015	140.38	89.69	38.30	22.32	13.88

Tabla 13
Análisis por el Método Gumbel Cuenca El Callejón

# DE ORDEN	5 min	10 min	30 min	60 min	120 min.
	INTEN.	INTEN.	INTEN.	INTEN.	INTEN.
	MÁX.	MÁX.	MÁX.	MÁX.	MÁX.
	(mm/hora)	(mm/hora)	(mm/hora)	(mm/hora)	(mm/hora)
1	167.191	118.760	57.555	38.043	26.672
2	158.347	105.494	56.994	36.498	19.653
3	156.662	105.284	53.344	33.284	19.653
4	141.782	102.476	53.260	32.427	19.639
5	140.379	100.792	52.221	32.287	18.951
6	129.148	99.669	51.940	32.287	18.628
7	128.432	97.282	51.940	30.883	18.277
8	126.341	95.598	50.845	29.592	18.123
9	123.940	93.127	49.189	29.479	17.267
10	121.287	91.808	47.729	28.469	16.845
11	118.760	90.095	47.448	27.233	15.610
12	118.760	89.842	46.325	26.728	15.442
13	116.514	89.688	45.904	26.672	15.442
14	115.391	88.438	45.539	26.251	15.291
15	114.128	84.522	44.977	25.268	14.038
16	106.688	84.368	44.079	25.268	14.038
17	105.705	84.227	43.049	25.100	14.038
18	103.319	81.420	42.268	25.072	13.883
19	102.504	78.963	40.892	24.257	13.804
20	102.476	76.927	40.232	23.471	13.757

21	101.073	76.366	39.306	23.303	13.617
22	99.823	74.401	39.306	22.461	13.476
23	99.388	74.120	38.744	22.461	13.196
24	99.388	71.593	38.295	22.320	13.083
25	98.826	70.751	38.242	22.273	12.971
26	95.457	70.189	37.621	22.200	12.962
27	95.457	70.049	35.881	21.941	12.634
28	94.334	69.066	35.656	21.899	12.550
29	94.334	69.066	33.691	21.815	11.553
30	91.246	67.101	33.691	21.338	11.300
31	89.842	61.486	33.129	20.636	11.160
32	87.596	59.801	32.287	19.653	11.160
33	84.227	59.240	32.287	19.358	11.020
34	83.259	54.748	32.006	19.176	9.686
35	81.420	54.046	30.322	18.530	9.546
36	78.612	53.765	29.479	16.845	9.125
37	65.978	51.379	28.778	15.582	8.984
38	65.697	46.662	26.672	14.459	8.563
39	64.013	45.483	22.320	14.038	8.423
40	42.114	42.114	21.057	13.897	7.019
41	39.587	33.691	19.372	13.757	6.177
42	36.498	28.918	19.372	12.213	5.685
media	102.05	75.31	39.60	23.78	13.64
devestan.	29.49	20.84	10.18	6.26	4.23
α	0.04	0.06	0.13	0.20	0.30
β	88.77	65.93	35.02	20.96	11.74

Tabla 14
Análisis por el Método Gumbel Cuenca El Callejón

$P(x) = \frac{m}{m+1}$	$1 - P(x)$	Tr (Años) $1/P(x)$	F(X)	DELTA $D = F(X) - P(X) $
0.02	0.98	43.00	0.97	0.01
0.05	0.95	21.50	0.95	0.00
0.07	0.93	14.33	0.95	0.02
0.09	0.91	10.75	0.91	0.00
0.12	0.88	8.60	0.90	0.02
0.14	0.86	7.17	0.84	0.02
0.16	0.84	6.14	0.84	0.00
0.19	0.81	5.38	0.82	0.01
0.21	0.79	4.78	0.81	0.01
0.23	0.77	4.30	0.78	0.02
0.26	0.74	3.91	0.76	0.02
0.28	0.72	3.58	0.76	0.04
0.30	0.70	3.31	0.74	0.04
0.33	0.67	3.07	0.73	0.06
0.35	0.65	2.87	0.72	0.07
0.37	0.63	2.69	0.63	0.00
0.40	0.60	2.53	0.62	0.01
0.42	0.58	2.39	0.59	0.01
0.44	0.56	2.26	0.58	0.02
0.47	0.53	2.15	0.58	0.04

0.49	0.51	2.05	0.56	0.05
0.51	0.49	1.95	0.54	0.05
0.53	0.47	1.87	0.53	0.07
0.56	0.44	1.79	0.53	0.09
0.58	0.42	1.72	0.52	0.11
0.60	0.40	1.65	0.47	0.08
0.63	0.37	1.59	0.47	0.10
0.65	0.35	1.54	0.46	0.11
0.67	0.33	1.48	0.46	0.13
0.70	0.30	1.43	0.41	0.11
0.72	0.28	1.39	0.38	0.11
0.74	0.26	1.34	0.35	0.09
0.77	0.23	1.30	0.30	0.06
0.79	0.21	1.26	0.28	0.07
0.81	0.19	1.23	0.25	0.07
0.84	0.16	1.19	0.21	0.05
0.86	0.14	1.16	0.07	0.07
0.88	0.12	1.13	0.07	0.05
0.91	0.09	1.10	0.05	0.04
0.93	0.07	1.08	0.00	0.07
0.95	0.05	1.05	0.00	0.05
0.98	0.02	1.02	0.00	0.02
D MÁX				0.13
Δ				0.21

Tabla 15

Curvas IDF para Periodos de Retornos de 10, 25, 50, 100 y 150 años Cuenca El Callejón

INTENSIDAD MÁXIMA EN (mm/h)					
Tr (años)	5 min	10 min	15 min	30 min	60 min
10	140.52	102.49	52.88	31.95	19.16
25	162.32	117.90	60.41	36.58	22.28
50	178.49	129.33	65.99	40.02	24.60
100	194.55	140.67	71.53	43.43	26.90
150	203.91	147.29	74.76	45.41	28.24

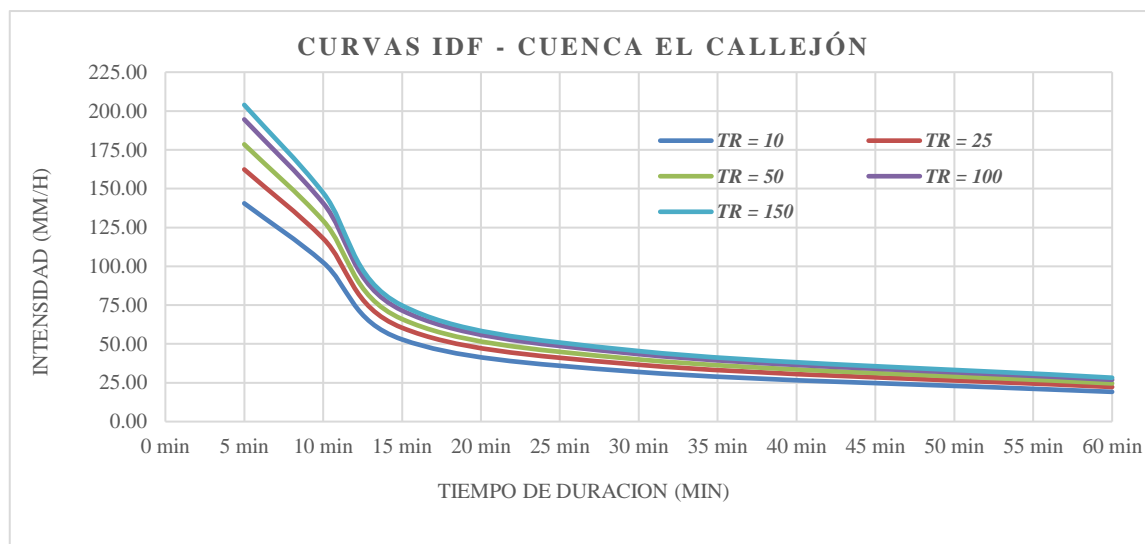


Figura 34. Curvas IDF para la Cuenca El Callejón

Tabla 16

Hietogramas por el Método de Bloques Alternos para Tr: 10 años Cuenca El Callejón

TIEMPO (min)	I (mm/h)	P (mm)	ALTURA BLOQUE	PP ALTERNADA
30	33.29	16.65	16.65	0.55
60	18.6	18.6	1.95	0.75
90	13.23	19.85	1.25	1.25
120	10.39	20.78	0.93	16.65
150	8.61	21.53	0.75	1.95
180	7.39	22.17	0.64	0.93
210	6.49	22.72	0.55	0.64
240	5.8	23.2	0.48	0.48

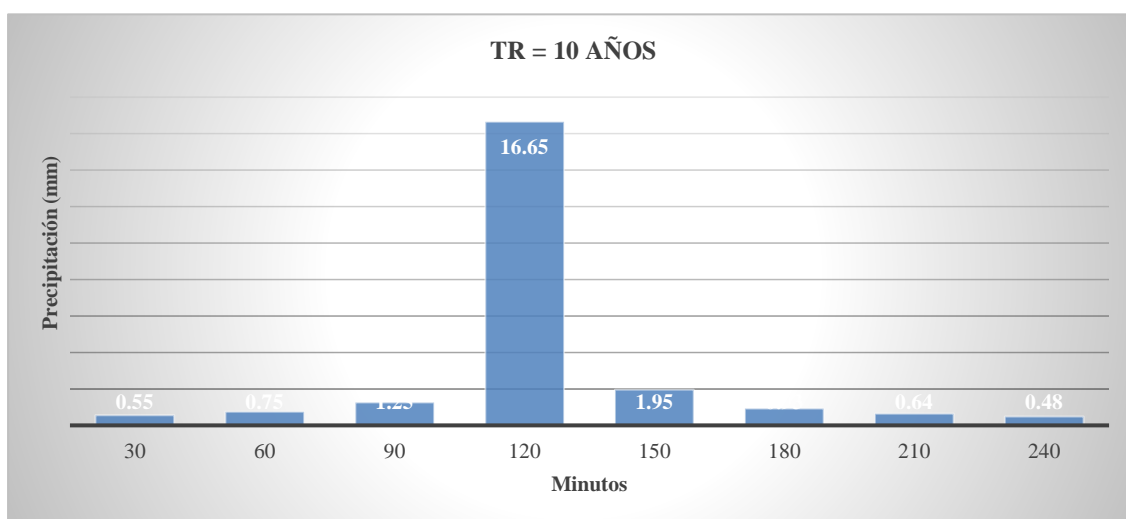


Figura 35. Hietograma de Precipitación para TR = 10 años Cuenca El Callejón

Tabla 17

Hietogramas por el Método de Bloques Alternos para Tr: 25 años Cuenca El Callejón

TIEMPO (min)	I (mm/h)	P (mm)	ALTURA BLOQUE	PP ALTERNADA
30	38.37	19.19	19.19	0.64
60	21.47	21.47	2.28	0.88
90	15.28	22.92	1.45	1.45
120	12.01	24.02	1.1	19.19
150	9.96	24.9	0.88	2.28
180	8.55	25.65	0.75	1.1
210	7.51	26.29	0.64	0.75
240	6.72	26.88	0.59	0.59

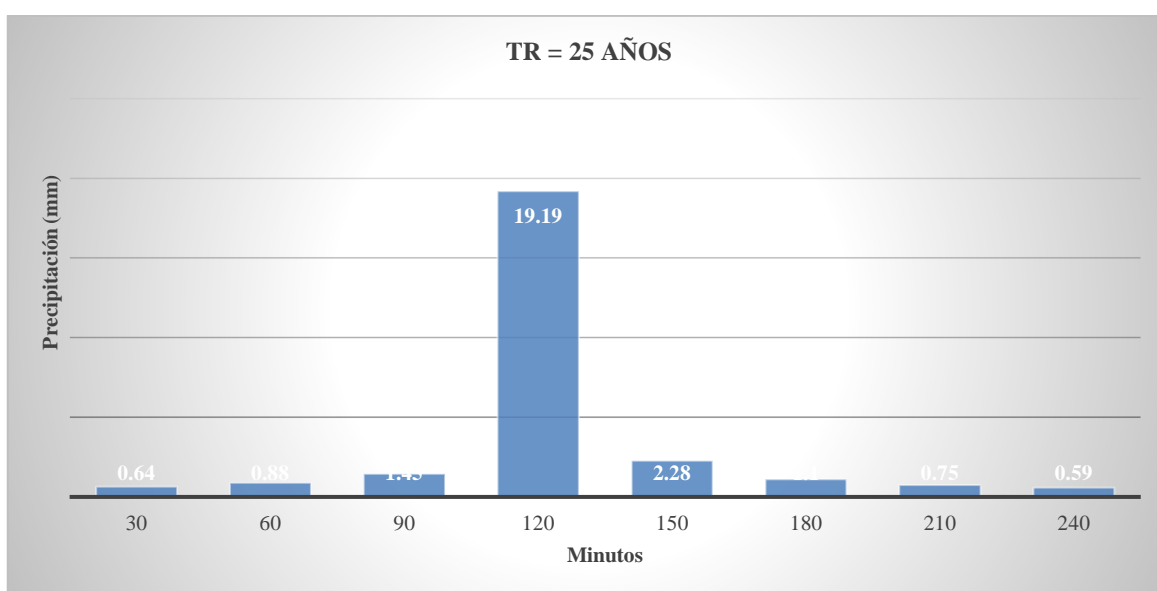


Figura 36. Hietograma de Precipitación para TR = 25 años Cuenca El Callejón

Tabla 18

Hietogramas por el Método de Bloques Alternos para Tr: 50 años Cuenca El Callejón

TIEMPO (min)	I (mm/h)	P (mm)	ALTURA BLOQUE	PP ALTERNADA
30	42.12	21.06	21.06	0.71
60	23.58	23.58	2.52	0.98
90	16.79	25.19	1.61	1.61
120	13.2	26.4	1.21	21.06
150	10.95	27.38	0.98	2.52
180	9.4	28.2	0.82	1.21
210	8.26	28.91	0.71	0.82
240	7.39	29.56	0.65	0.65

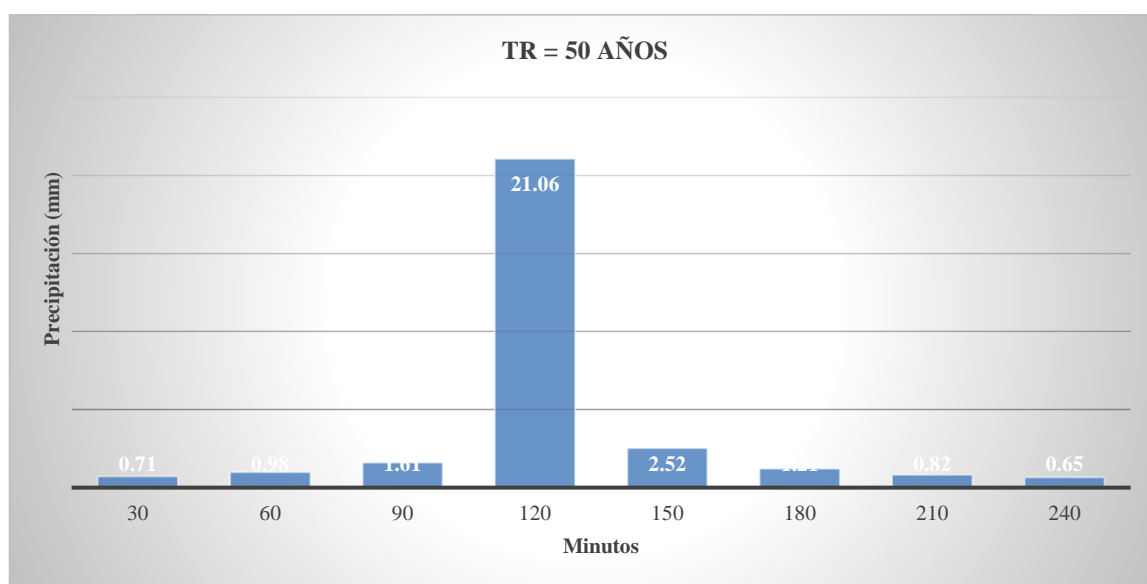


Figura 37. Hietograma de Precipitación para TR = 50 años Cuenca El Callejón

Tabla 19

*Hietogramas por el Método de Bloques Alternos para Tr: 100 años Cuenca
El Callejón*

TIEMPO (min)	I (mm/h)	P (mm)	ALTURA BLOQUE	PP ALTERNADA
30	45.87	22.94	22.94	0.79
60	25.7	25.7	2.76	1.1
90	18.31	27.47	1.77	1.77
120	14.39	28.78	1.31	22.94
150	11.95	29.88	1.1	2.76
180	10.26	30.78	0.9	1.31
210	9.02	31.57	0.79	0.9
240	8.06	32.24	0.67	0.67

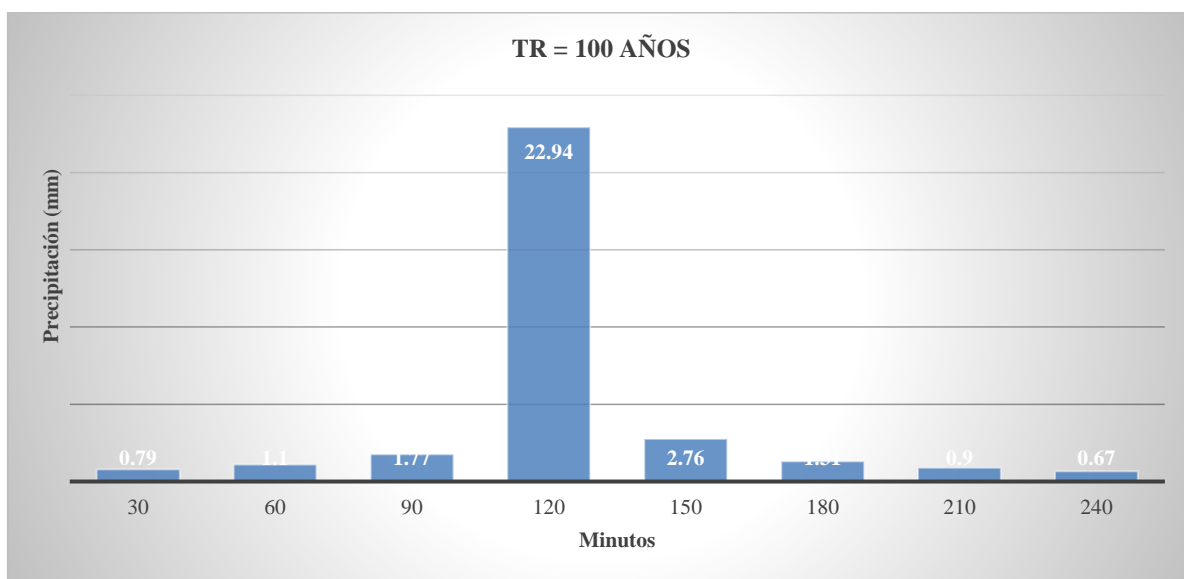


Figura 38. Hietograma de Precipitación para TR = 100 años Cuenca El Callejón

Tabla 20

Hietogramas por el Método de Bloques Alternos para Tr: 150 años Cuenca El Callejón

TIEMPO (min)	I (mm/h)	P (mm)	ALTURA BLOQUE	PP ALTERNADA
30	48.14	24.07	24.07	0.84
60	26.98	26.98	2.91	1.14
90	19.23	28.85	1.87	1.87
120	15.13	30.26	1.41	24.07
150	12.56	31.4	1.14	2.91
180	10.78	32.34	0.94	1.41
210	9.48	33.18	0.84	0.94
240	8.48	33.92	0.74	0.74

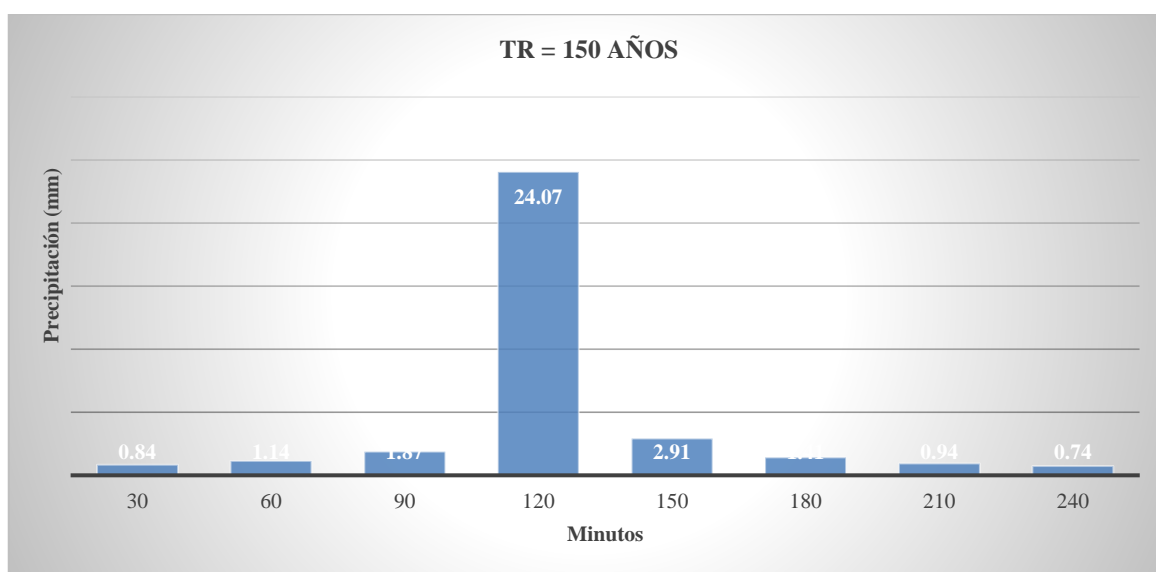


Figura 39. Hietograma de Precipitación para TR = 150 años Cuenca El Callejón

Tabla 21

Transposición de Intensidades Cuenca La Rinconada

INTENSIDADES MÁXIMAS EN mm/hora					
AÑO	5 min	10 min	30min	60min	120min
1973	143.38	100.79	34.07	19.87	15.62
1974	103.63	82.33	48.26	25.55	26.97
1975	127.76	70.98	34.07	22.71	14.20
1976	96.53	89.43	52.52	26.97	12.78
1977	92.27	75.24	52.52	29.81	15.62
1978	36.91	34.07	29.81	17.03	8.52
1979	85.17	85.17	53.94	32.65	19.87
1980	103.66	85.32	47.98	29.92	13.12
1981	95.39	77.79	41.35	22.06	18.48
1982	125.33	106.68	52.81	32.79	18.84
1983	106.89	71.55	44.57	33.66	19.86
1984	160.13	101.92	39.18	22.19	13.91
1985	84.19	77.22	36.28	20.87	11.43
1986	120.09	92.84	42.74	22.15	11.68
1987	107.89	69.84	30.66	18.74	11.29
1988	99.94	74.95	32.65	19.58	11.14
1989	104.48	67.85	39.75	22.71	13.63
1990	158.42	106.47	53.86	32.65	17.03
1991	117.82	103.63	58.20	36.91	19.87
1992	79.50	55.36	26.97	14.20	7.10
1993	82.33	72.40	39.75	25.55	14.20

1994	129.88	91.11	51.42	27.03	18.33
1995	100.94	79.85	40.68	23.74	13.23
1996	115.41	85.47	46.05	25.38	15.79
1997	116.69	96.67	49.74	25.35	12.69
1998	130.60	94.17	57.63	38.47	19.16
1999	100.50	54.37	19.59	14.05	9.09
2000	66.44	45.99	32.65	22.45	11.29
2001	95.39	70.84	36.06	24.53	13.77
2002	40.03	29.24	19.59	12.35	6.25
2003	100.50	60.47	22.57	13.91	8.66
2004	120.09	120.09	46.85	26.55	13.34
2005	64.73	62.18	29.10	15.76	9.23
2006	42.59	42.59	21.29	14.62	9.79
2007	102.21	90.85	46.42	27.54	17.46
2008	66.72	47.19	32.37	19.39	13.96
2009	96.53	69.84	45.48	31.23	5.75
2010	122.65	54.65	43.53	28.79	15.46
2011	88.58	51.96	38.04	23.56	14.20
2012	90.85	59.91	33.50	21.58	9.65
2014	169.07	98.38	38.67	22.52	13.11
2015	141.96	90.70	38.73	22.57	14.04

Tabla 22
Análisis por el Método Gumbel Cuenca La Rinconada

# DE ORDEN	5 min	10 min	30 min	60 min	120 min.
	INTEN.	INTEN.	INTEN.	INTEN.	INTEN.
	MÁX.	MÁX.	MÁX.	MÁX.	MÁX.
	(mm/hora)	(mm/hora)	(mm/hora)	(mm/hora)	(mm/hora)
1	169.069	120.095	58.202	38.470	26.972
2	160.126	106.680	57.634	36.909	19.874
3	158.423	106.467	53.943	33.658	19.874
4	143.375	103.628	53.858	32.792	19.860
5	141.956	101.924	52.808	32.650	19.164
6	130.599	100.789	52.524	32.650	18.838
7	129.875	98.375	52.524	31.230	18.483
8	127.760	96.672	51.416	29.924	18.326
9	125.333	94.174	49.741	29.811	17.461
10	122.650	92.839	48.265	28.789	17.035
11	120.095	91.107	47.981	27.539	15.785
12	120.095	90.852	46.845	27.028	15.615
13	117.823	90.696	46.420	26.972	15.615
14	116.688	89.432	46.050	26.546	15.463
15	115.410	85.472	45.483	25.552	14.196
16	107.886	85.315	44.574	25.552	14.196
17	106.893	85.174	43.533	25.382	14.196
18	104.479	82.334	42.743	25.353	14.039
19	103.656	79.850	41.352	24.530	13.959
20	103.628	77.792	40.685	23.735	13.912

21	102.208	77.224	39.748	23.565	13.770
22	100.945	75.237	39.748	22.713	13.628
23	100.505	74.953	39.180	22.713	13.344
24	100.505	72.397	38.726	22.571	13.230
25	99.937	71.546	38.672	22.524	13.117
26	96.530	70.978	38.044	22.449	13.107
27	96.530	70.836	36.284	22.188	12.776
28	95.394	69.842	36.057	22.145	12.691
29	95.394	69.842	34.069	22.060	11.683
30	92.271	67.855	34.069	21.577	11.427
31	90.852	62.177	33.502	20.868	11.285
32	88.580	60.473	32.650	19.874	11.285
33	85.174	59.905	32.650	19.576	11.144
34	84.194	55.363	32.366	19.391	9.795
35	82.334	54.653	30.662	18.738	9.653
36	79.495	54.369	29.811	17.035	9.227
37	66.719	51.956	29.101	15.757	9.085
38	66.435	47.186	26.972	14.621	8.659
39	64.732	45.994	22.571	14.196	8.517
40	42.587	42.587	21.293	14.054	7.098
41	40.032	34.069	19.590	13.912	6.246
42	36.909	29.243	19.590	12.350	5.749
media	103.19	76.15	40.05	24.05	13.79
devestan.	29.82	21.07	10.29	6.33	4.28
α	0.04	0.06	0.12	0.20	0.30
β	89.77	66.67	35.41	21.20	11.87

Tabla 23
Análisis por el Método Gumbel Cuenca La Rinconada

$P(x) = \frac{m}{m+1}$	$1 - P(x)$	Tr (Años) $1/P(x)$	F(X)	DELTA $D = F(X) - P(X) $
0.02	0.98	43.00	0.97	0.01
0.05	0.95	21.50	0.95	0.00
0.07	0.93	14.33	0.95	0.02
0.09	0.91	10.75	0.91	0.00
0.12	0.88	8.60	0.90	0.02
0.14	0.86	7.17	0.84	0.02
0.16	0.84	6.14	0.84	0.00
0.19	0.81	5.38	0.82	0.01
0.21	0.79	4.78	0.81	0.01
0.23	0.77	4.30	0.78	0.02
0.26	0.74	3.91	0.76	0.02
0.28	0.72	3.58	0.76	0.04
0.30	0.70	3.31	0.74	0.04
0.33	0.67	3.07	0.73	0.06
0.35	0.65	2.87	0.72	0.07
0.37	0.63	2.69	0.63	0.00
0.40	0.60	2.53	0.62	0.01
0.42	0.58	2.39	0.59	0.01
0.44	0.56	2.26	0.58	0.02
0.47	0.53	2.15	0.58	0.04
0.49	0.51	2.05	0.56	0.05

0.51	0.49	1.95	0.54	0.05
0.53	0.47	1.87	0.53	0.07
0.56	0.44	1.79	0.53	0.09
0.58	0.42	1.72	0.52	0.11
0.60	0.40	1.65	0.47	0.08
0.63	0.37	1.59	0.47	0.10
0.65	0.35	1.54	0.46	0.11
0.67	0.33	1.48	0.46	0.13
0.70	0.30	1.43	0.41	0.11
0.72	0.28	1.39	0.38	0.11
0.74	0.26	1.34	0.35	0.09
0.77	0.23	1.30	0.30	0.06
0.79	0.21	1.26	0.28	0.07
0.81	0.19	1.23	0.25	0.07
0.84	0.16	1.19	0.21	0.05
0.86	0.14	1.16	0.07	0.07
0.88	0.12	1.13	0.07	0.05
0.91	0.09	1.10	0.05	0.04
0.93	0.07	1.08	0.00	0.07
0.95	0.05	1.05	0.00	0.05
0.98	0.02	1.02	0.00	0.02
D MÁX				0.13
Δ				0.21

Tabla 24

Curvas IDF para Periodos de Retornos de 10, 25, 50, 100 y 150 años Cuenca La Rinconada

INTENSIDAD MÁXIMA EN (mm/h)					
Tr (años)	5 min	10 min	15 min	30 min	60 min
10	142.10	103.64	53.47	32.31	19.37
25	164.14	119.22	61.08	36.99	22.53
50	180.50	130.78	66.73	40.47	24.88
100	196.74	142.25	72.33	43.91	27.20
150	206.20	148.94	75.60	45.92	28.56

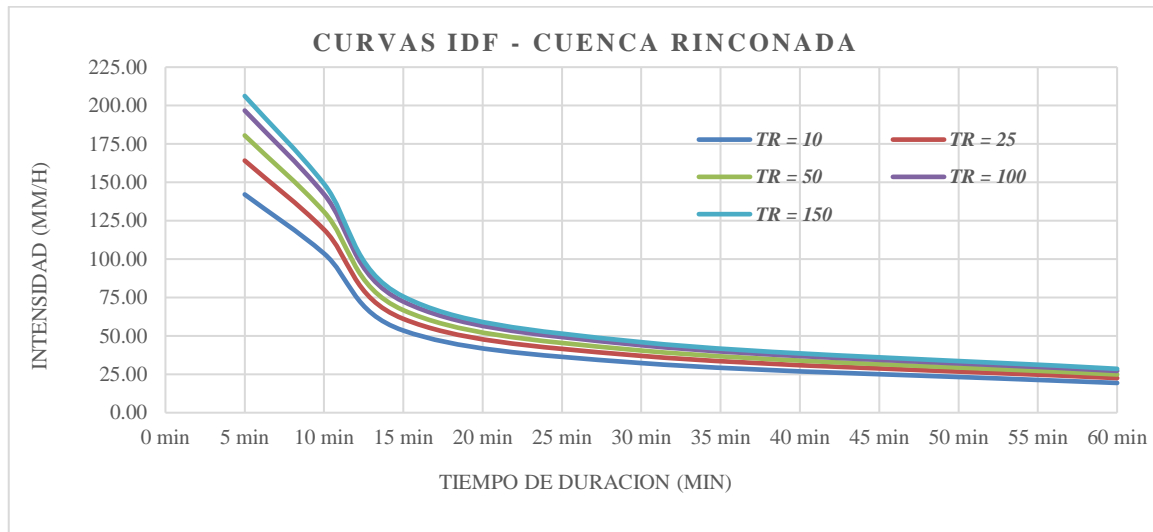


Figura 40. Curvas IDF para la Cuenca La Rinconada

Tabla 25

Hietogramas por el Método de Bloques Alternos para Tr: 10 años Cuenca La Rinconada

TIEMPO (min)	I (mm/h)	P (mm)	ALTURA BLOQUE	PP ALTERNADA
30	33.66	16.83	16.83	0.59
60	18.81	18.81	1.98	0.76
90	13.38	20.07	1.26	1.26
120	10.51	21.02	0.95	16.83
150	8.71	21.78	0.76	1.98
180	7.47	22.41	0.63	0.95
210	6.57	23	0.59	0.63

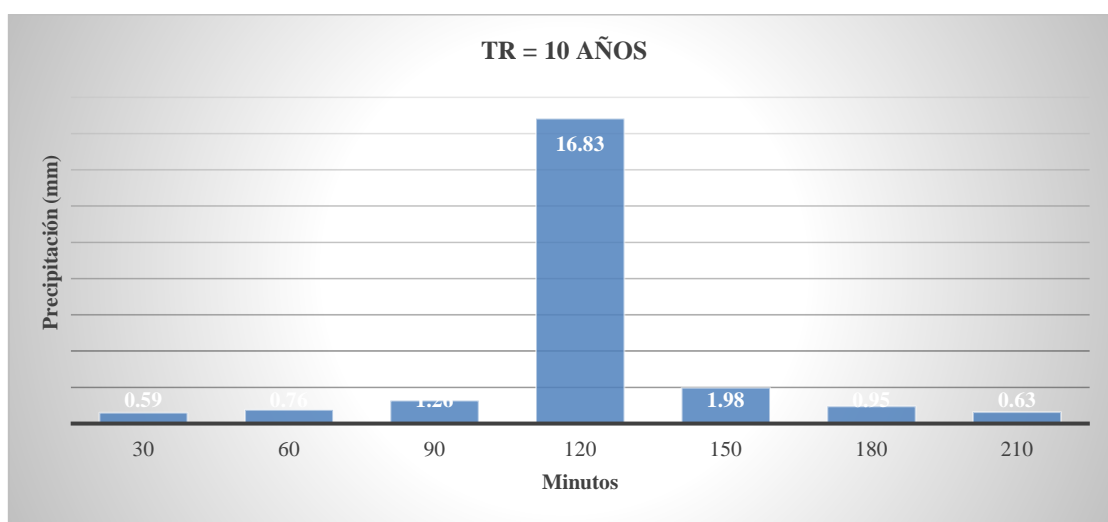


Figura 41. Hietograma de Precipitación para TR = 10 años Cuenca La Rinconada

Tabla 26

Hietogramas por el Método de Bloques Alternos para Tr: 25 años Cuenca La Rinconada

TIEMPO (min)	I (mm/h)	P (mm)	ALTURA BLOQUE	PP ALTERNADA
30	38.8	19.4	19.4	0.65
60	21.71	21.71	2.31	0.9
90	15.45	23.18	1.47	1.47
120	12.14	24.28	1.1	19.4
150	10.07	25.18	0.9	2.31
180	8.65	25.95	0.77	1.1
210	7.6	26.6	0.65	0.77

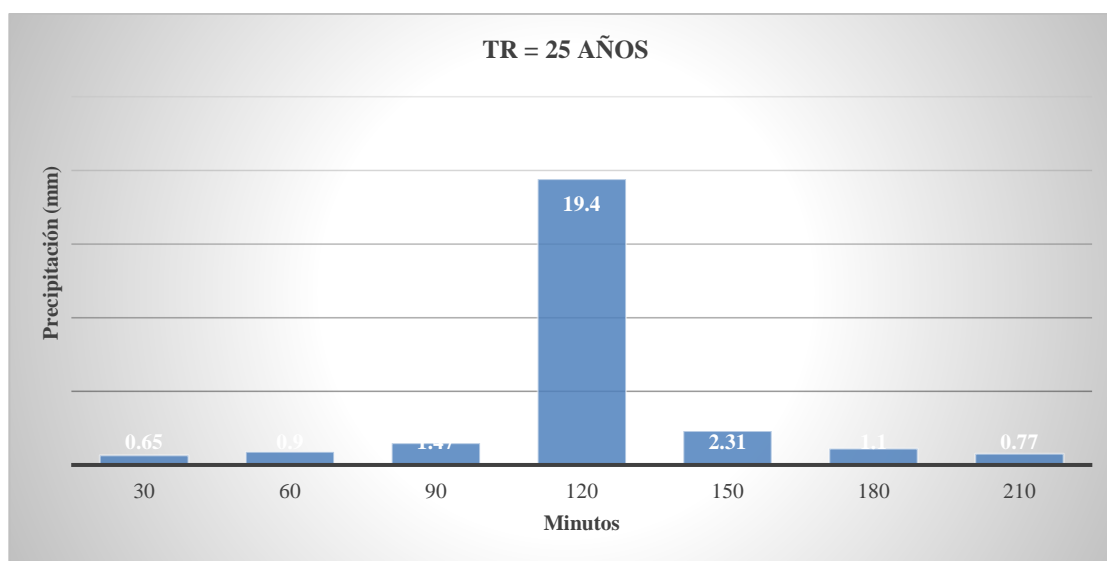


Figura 42. Hietograma de Precipitación para TR = 25 años Cuenca La Rinconada

Tabla 27

Hietogramas por el Método de Bloques Alternos para Tr: 50 años Cuenca La Rinconada

TIEMPO (min)	I (mm/h)	P (mm)	ALTURA BLOQUE	PP ALTERNADA
30	42.59	21.3	21.3	0.73
60	23.84	23.84	2.54	0.98
90	16.98	25.47	1.63	1.63
120	13.35	26.7	1.23	21.3
150	11.07	27.68	0.98	2.54
180	9.51	28.53	0.85	1.23
210	8.36	29.26	0.73	0.85

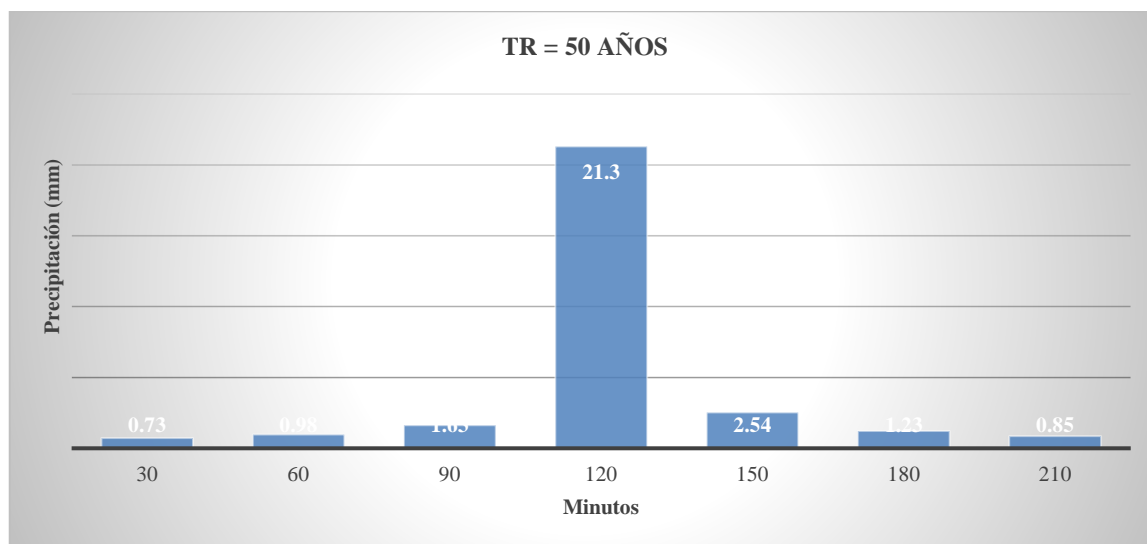


Figura 43. Hietograma de Precipitación para TR = 50 años Cuenca La Rinconada

Tabla 28

Hietogramas por el Método de Bloques Alternos para Tr: 100 años Cuenca La Rinconada

TIEMPO (min)	I (mm/h)	P (mm)	ALTURA BLOQUE	PP ALTERNADA
30	46.39	23.2	23.2	0.81
60	25.98	25.98	2.78	1.08
90	18.51	27.77	1.79	1.79
120	14.56	29.12	1.35	23.2
150	12.08	30.2	1.08	2.78
180	10.37	31.11	0.91	1.35
210	9.12	31.92	0.81	0.91

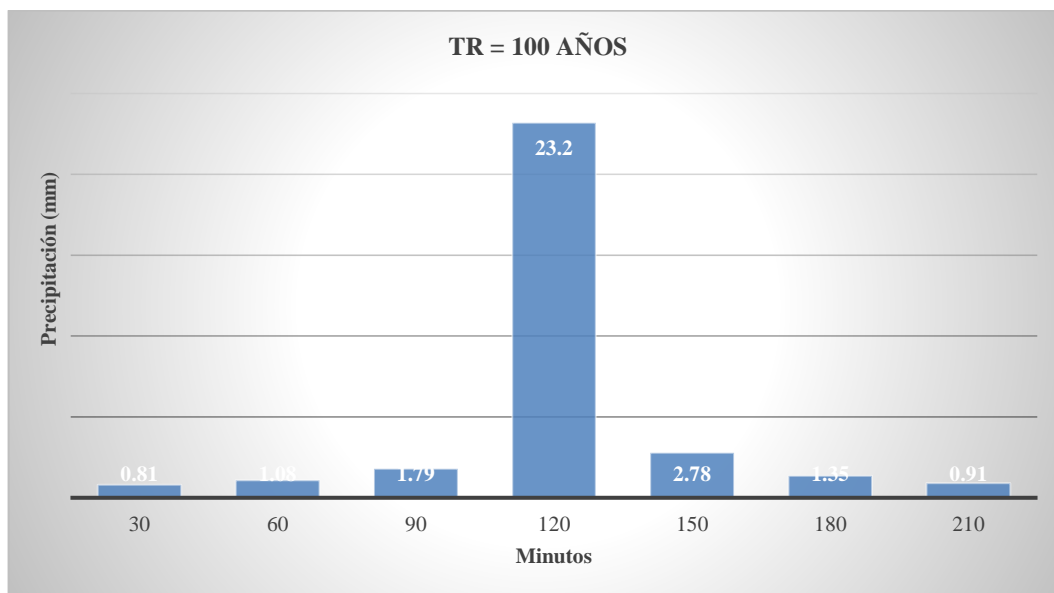


Figura 44. Hietograma de Precipitación para TR = 100 años Cuenca La Rinconada

Tabla 29

Hietogramas por el Método de Bloques Alternos para Tr: 150 años Cuenca La Rinconada

TIEMPO (min)	I (mm/h)	P (mm)	ALTURA BLOQUE	PP ALTERNADA
30	48.85	24.43	24.43	0.85
60	27.39	27.39	2.96	1.15
90	19.52	29.28	1.89	1.89
120	15.35	30.7	1.42	24.43
150	12.74	31.85	1.15	2.96
180	10.94	32.82	0.97	1.42
210	9.62	33.67	0.85	0.97

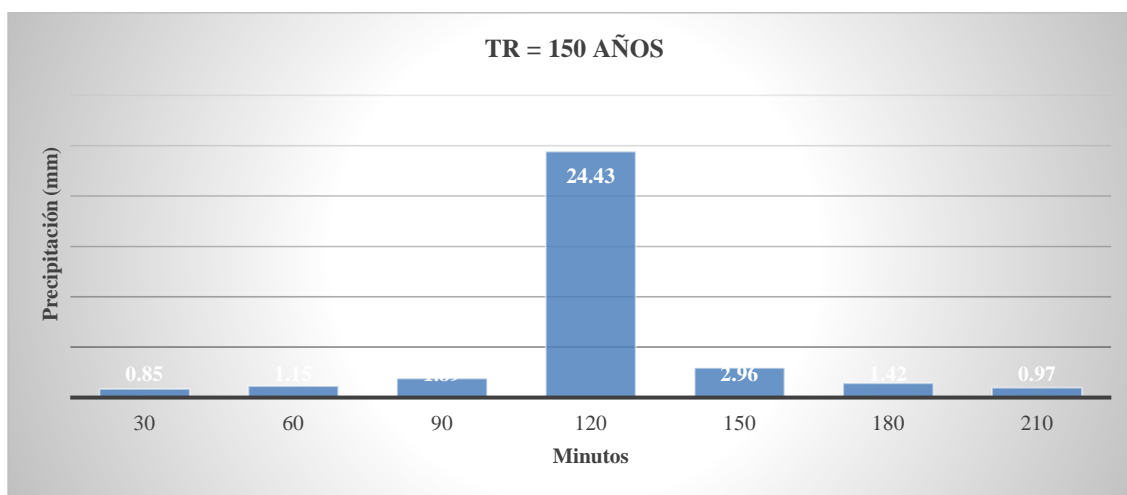


Figura 45. Hietograma de Precipitación para TR = 150 años

Quinta fase: Modelamiento con Hec - Hms. Se realiza el modelamiento para los tiempos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 150 años.

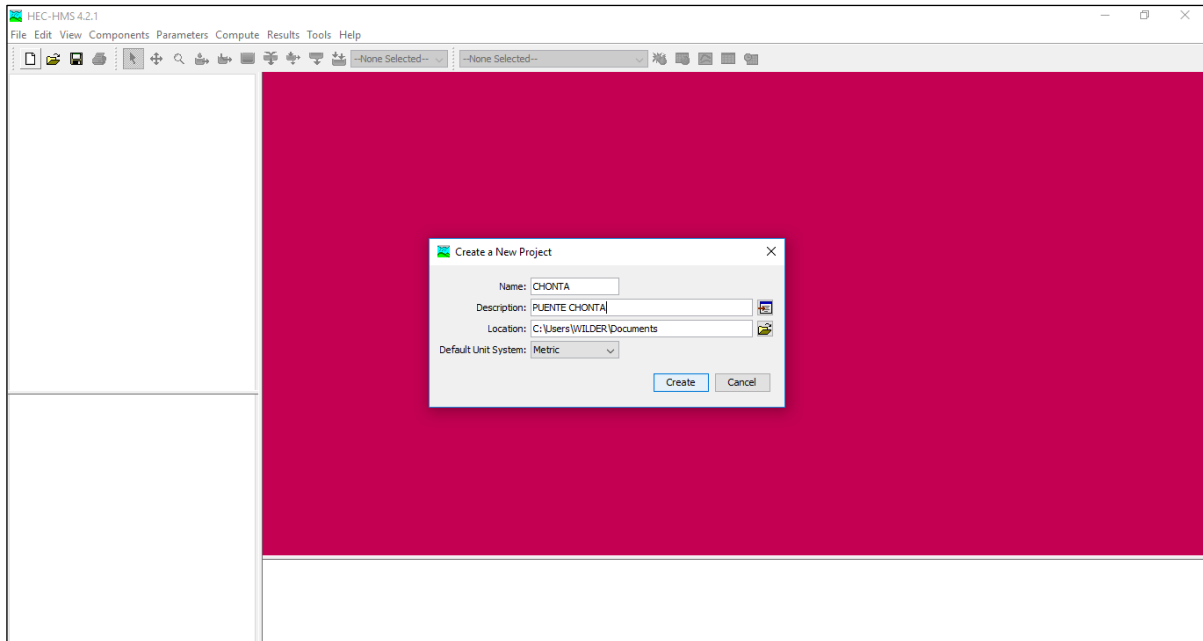


Figura 46. Creación del Proyecto

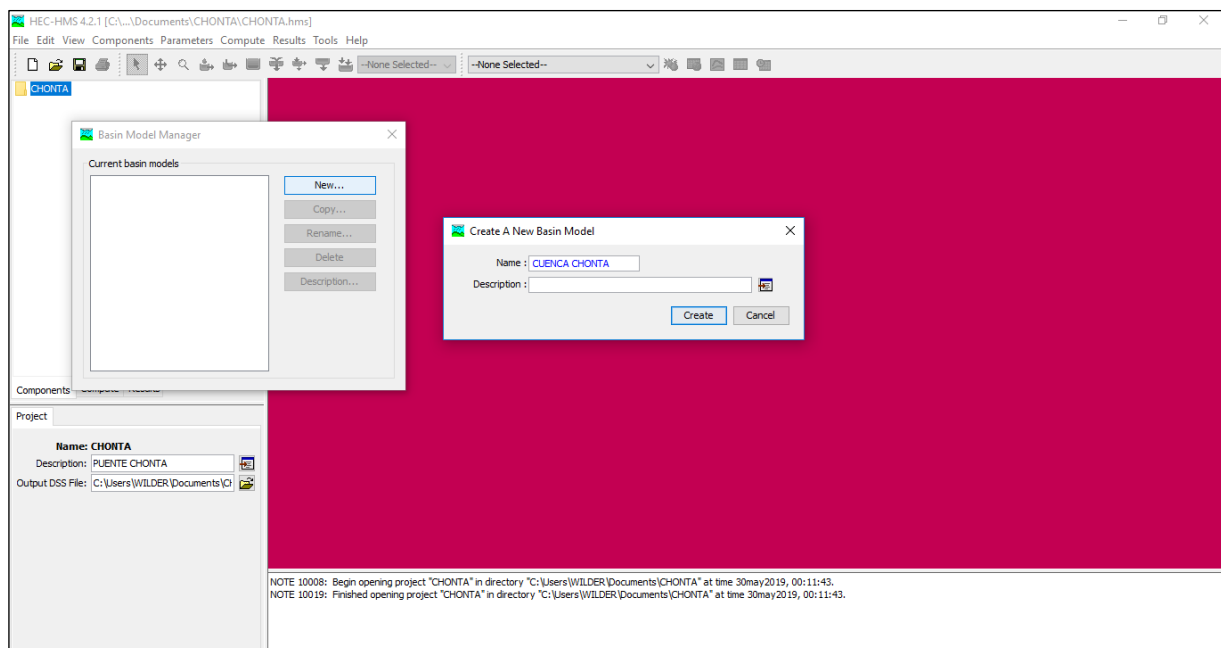


Figura 47. Creación de Basin Model Manager (Modelo de Cuenca)

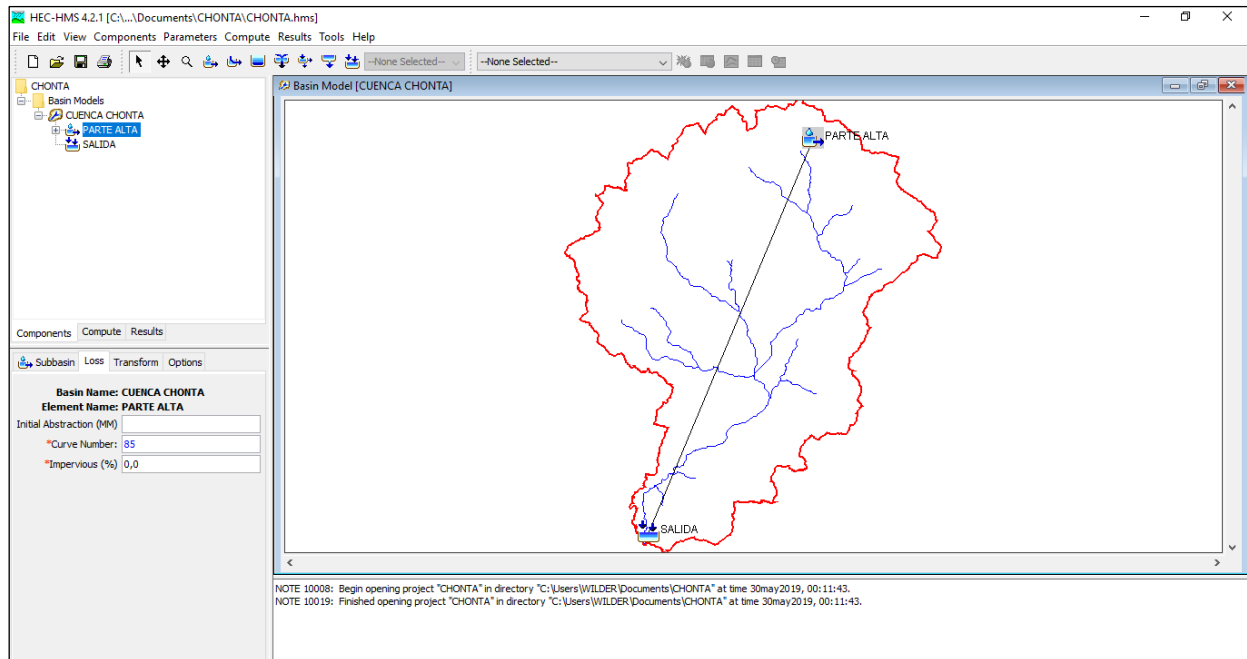


Figura 48. Configuración del CN = 85 en Cuenca Chonta

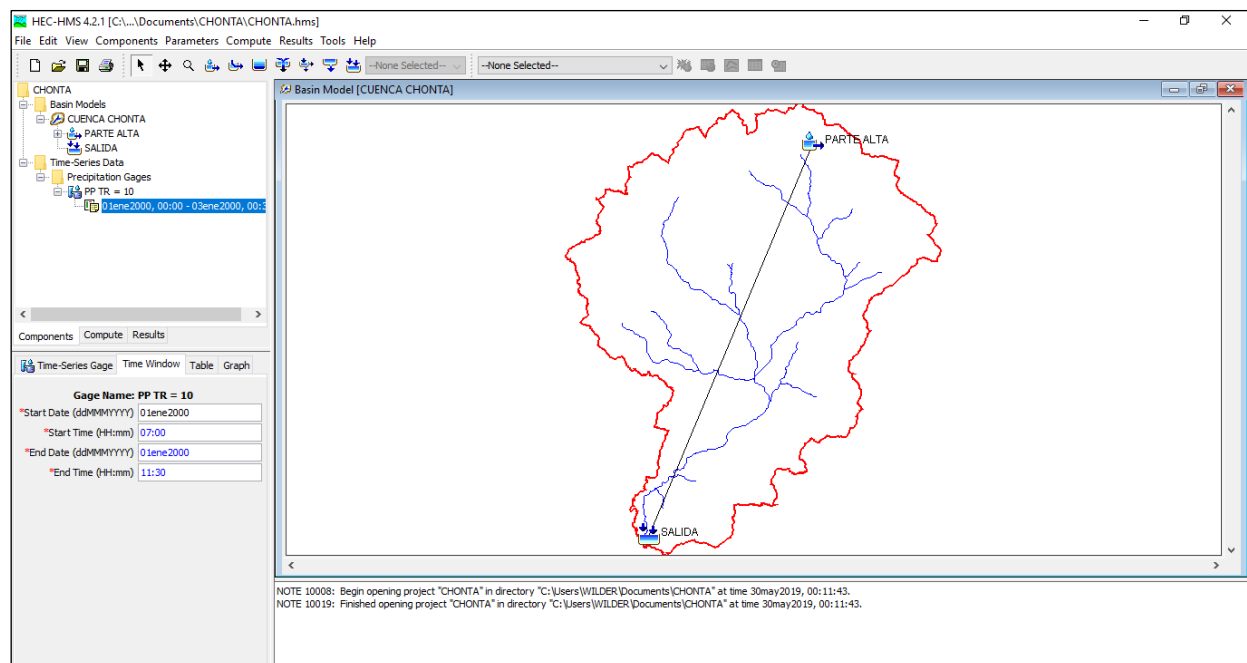


Figura 49. Creación del Time Series Data Manager

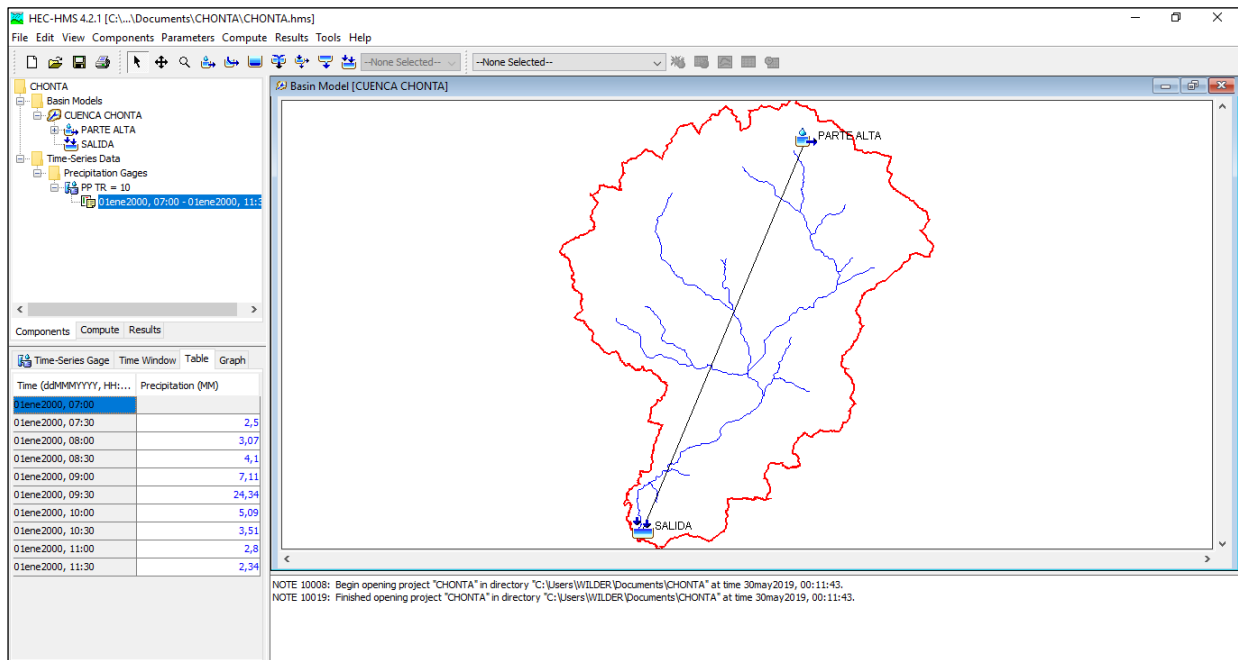


Figura 50. Ingresando datos del Hietograma para Tr=10 años.

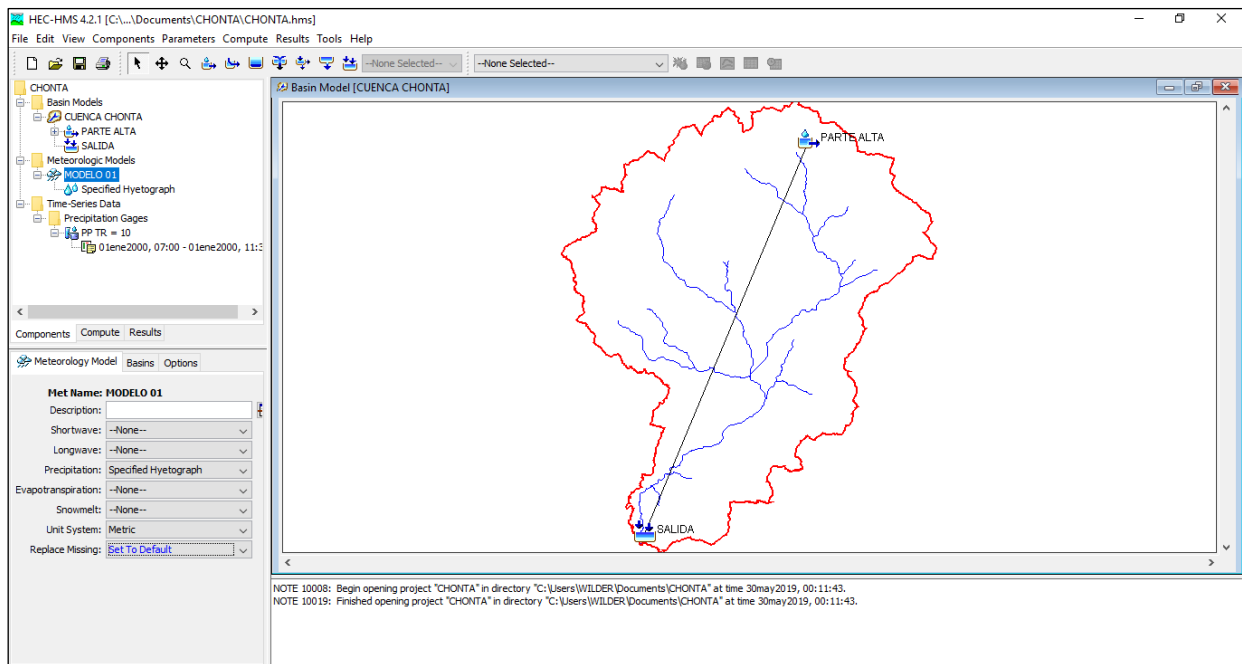


Figura 51. Creación del Meteorologic Model Manager

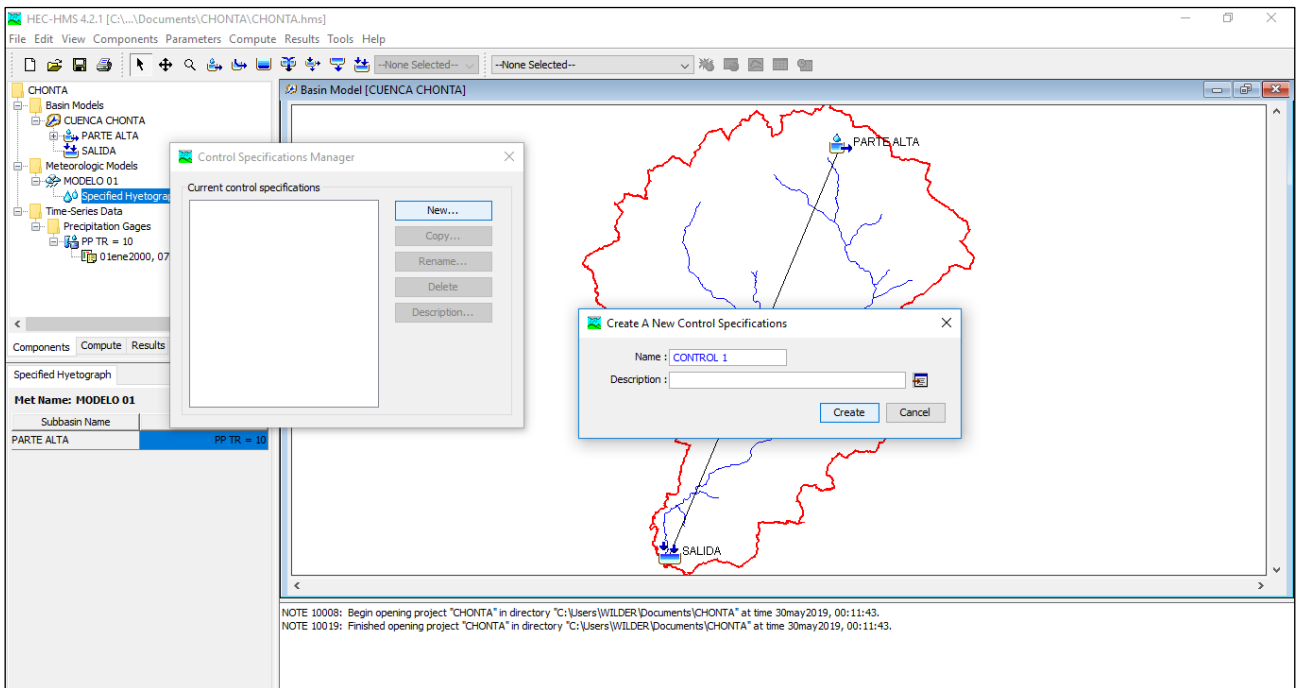


Figura 52. Creación de Control Specifications Manager

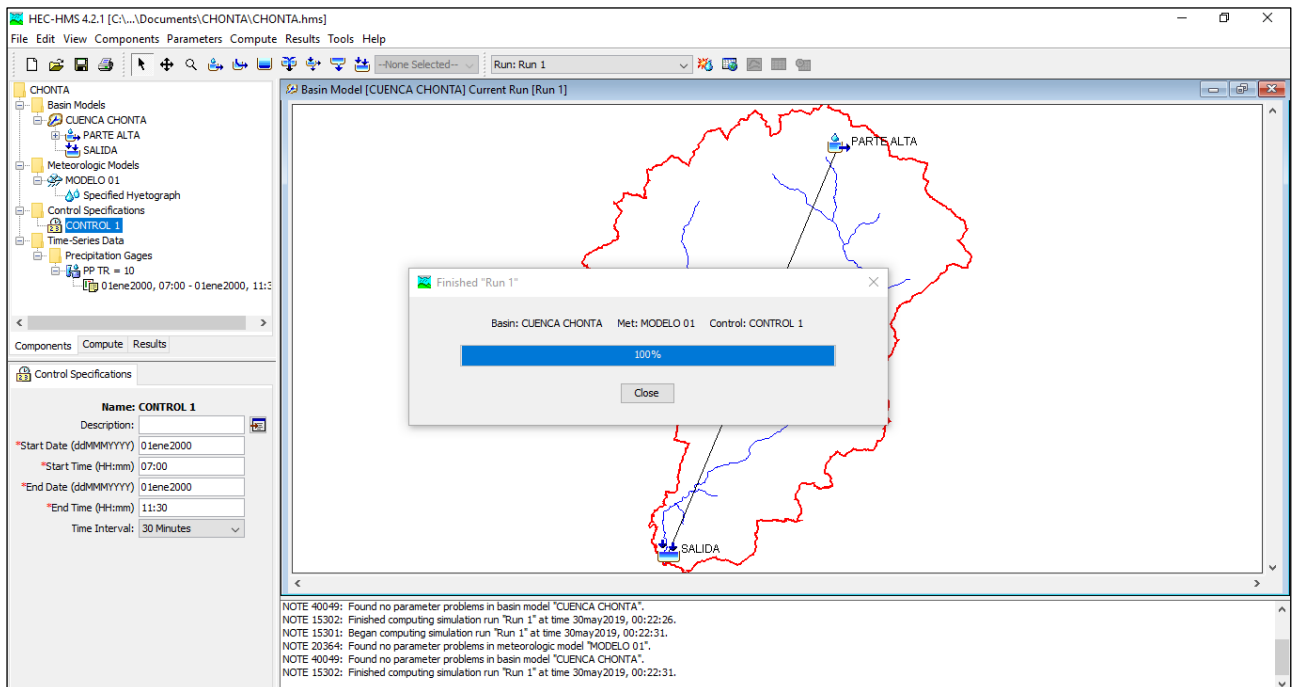


Figura 53. Simulación sin errores

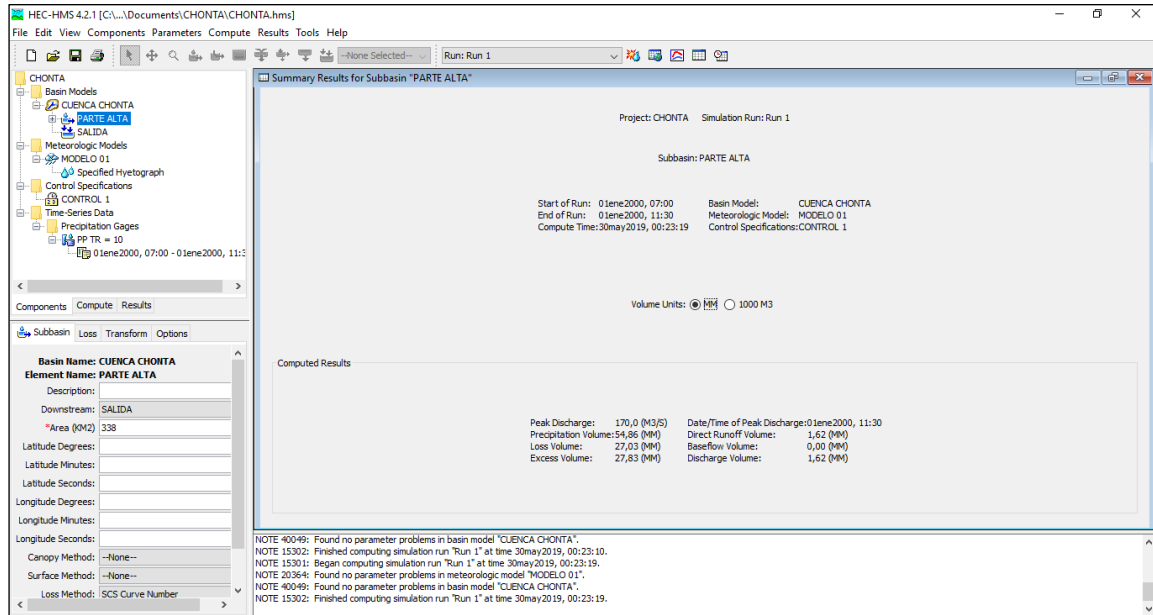


Figura 54. Caudal correspondiente a 170 m³/seg para Tr= 10 años, Cuenca Chonta

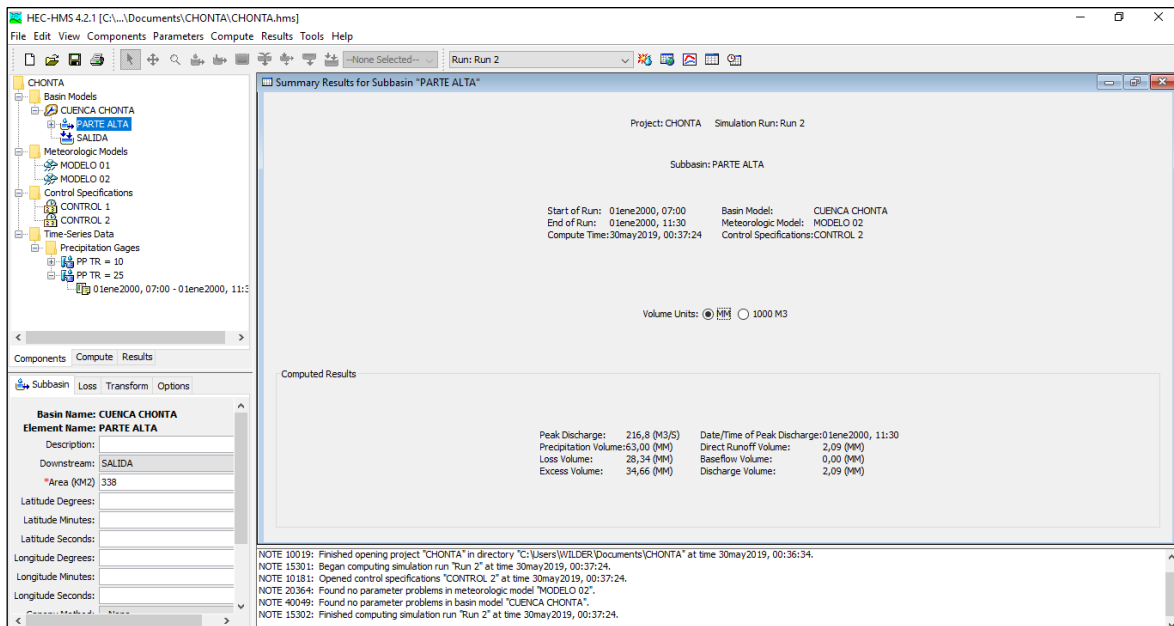


Figura 55. Caudal correspondiente a 216.8 m³/seg para Tr= 25 años, Cuenca Chonta

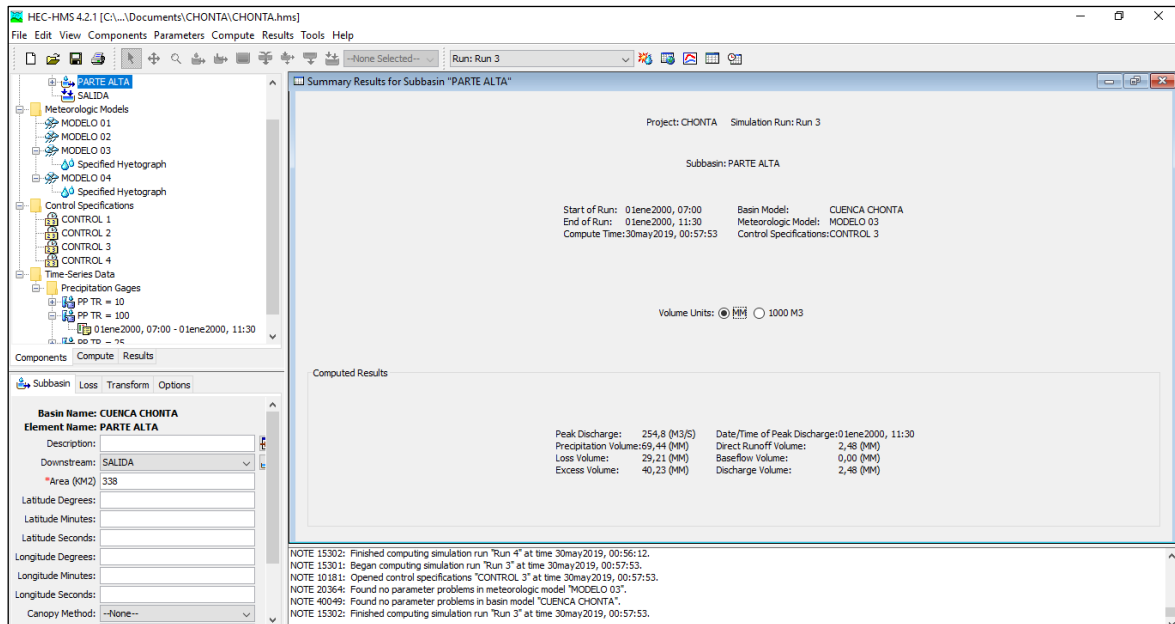


Figura 56. Caudal correspondiente a 254.8 m³/seg para Tr= 50 años, Cuenca Chonta

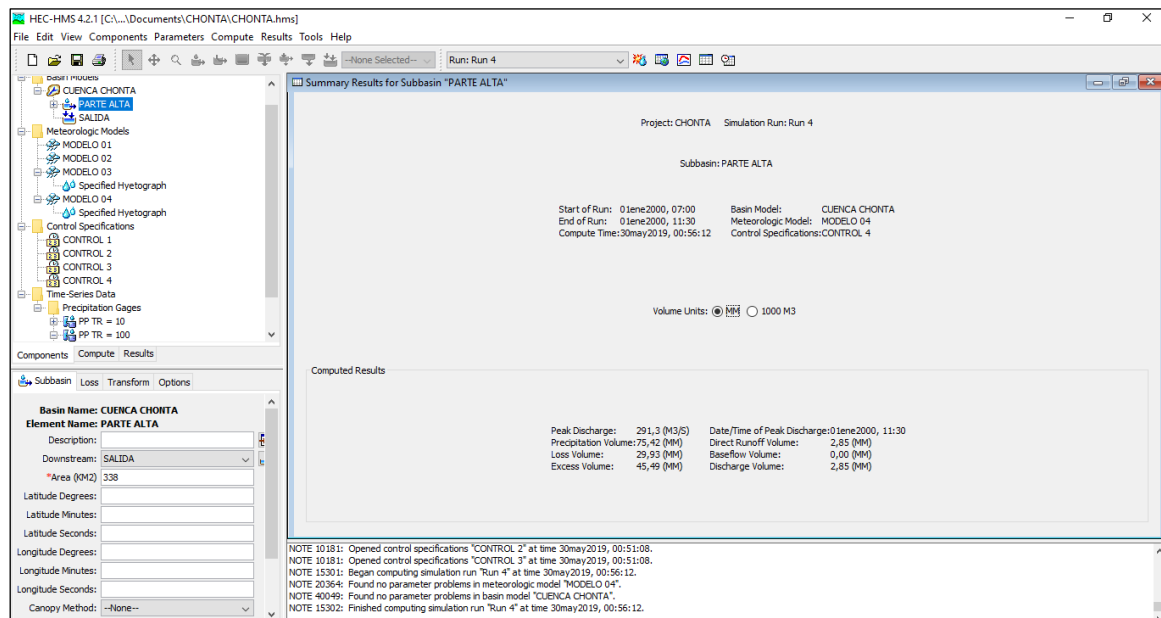


Figura 57. Caudal correspondiente a 291.3 m³/seg Tr= 100 años, Cuenca Chonta

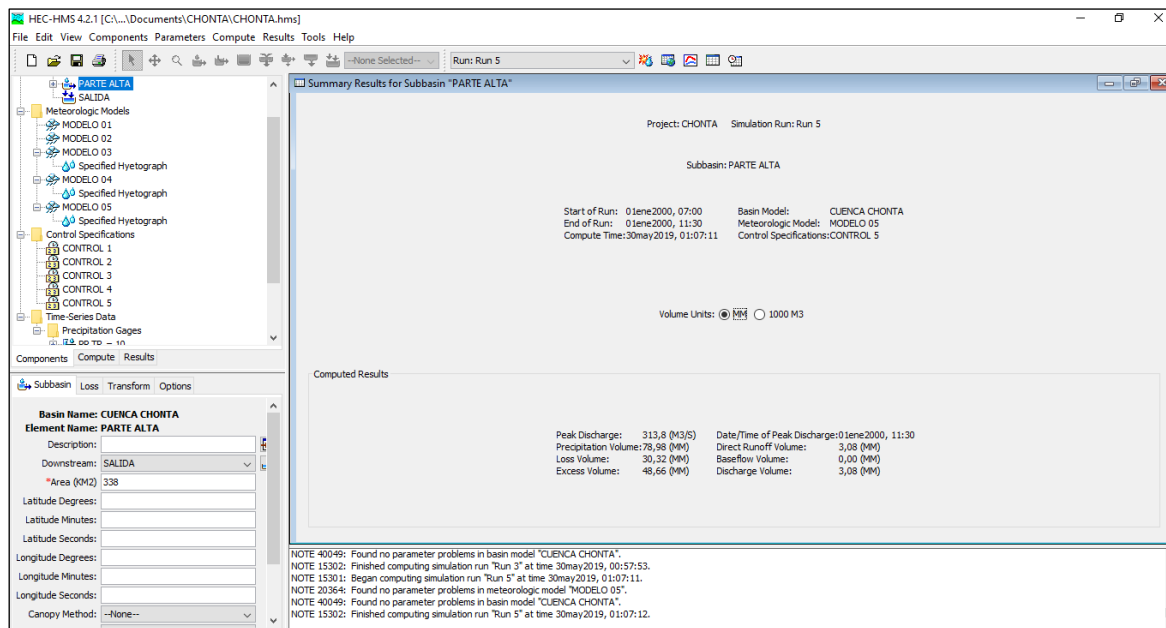


Figura 58. Caudal correspondiente a 313.8 m³/seg Tr= 150 años, Cuenca Chonta

El mismo proceso se realizó para las Cuenca La Rinconada y El Callejón, teniendo los siguientes resultados:

Tabla 30
Caudales de la Cuenca en los puentes La Rinconada, El Callejón y Chonta

PUENTE	CAUDAL (m ³ /s)				
	TR= 10 años	TR= 25 años	TR= 50 años	TR= 100 años	TR= 150 años
La Rinconada	151.8	190.5	231.4	269.3	290.3
El Callejón	160.3	201.8	243.6	281.5	303.3
Chonta	170	216	254.8	291.3	313.8

Sexta fase: Escalas del Modelo. Para realizar el modelo físico, se obtuvieron las siguientes escalas acorde a las dimensiones del terreno a trabajar. Así mismo, se presenta las escalas de los Caudales con las que se trabajaran en el modelo. La siguiente tabla muestra los resultados de los caudales generados por modelamiento hidrológico mediante el software Hec – Hms en la cuenca del puente chonta, tomando como base los hietogramas realizados para dicha cuenca.

Tabla 31
Caudales del Prototipo para la Cuenca Chonta

TR	CAUDAL (m³/s)
10	170
25	216
50	254.8
100	291.3
150	313.8

Tabla 32
Caudales para los puentes Rinconada y Chonta, E = 1/50

Tr(años)	Qp(m³/s)	Qm(m³/s)	Qm(l/s)
10	170	0.00961665	9.62
25	216	0.01221881	12.22
50	254.8	0.01441366	14.41
100	291.3	0.01647842	16.48
150	313.8	0.01775121	17.75

Tabla 33
Caudales para el puente Callejón, E = 1/100

Tr(años)	Qp(m ³ /s)	Qm(m ³ /s)	Qm(l/s)
10	170	0.0017	1.70
25	216	0.00216	2.16
50	254.8	0.002548	2.55
100	291.3	0.002913	2.91
150	313.8	0.003138	3.14

Séptima fase: Modelamiento Hidráulico. Para realizar el modelo físico, se construyó los estribos de concreto de cada puente a escala, teniendo como referencia el espacio a realizar el modelo; cuyo lugar de trabajo fue en el Río Cajamarquino en el Distrito de Jesús – Cajamarca – Cajamarca. Cuyas dimensiones del área de trabajo fueron de aproximadamente 6m de largo por 2m de ancho. En dicho espacio se hizo el trazo de acuerdo a la forma del río, teniendo en cuentas sus pendientes respectivas, los caudales calculados por el Software Hec – Hms y el análisis granulométrico, dicha acción se efectuó con la finalidad de que, al momento de realizar el modelamiento, ésta actúe de acuerdo a las características del río de acorde a la ubicación de los puentes. El caudal a usar, fue con la ayuda de una motobomba, la cual succionaba del río Cajamarquino, y se calibraba de acuerdo a los caudales de las máximas avenidas (10, 25, 50, 100 y 150 años) para cada puente.



Figura 59. Elaboración de estribos



Figura 60. Replanteo para modelamiento



Figura 61. Modelo listo para ensayo

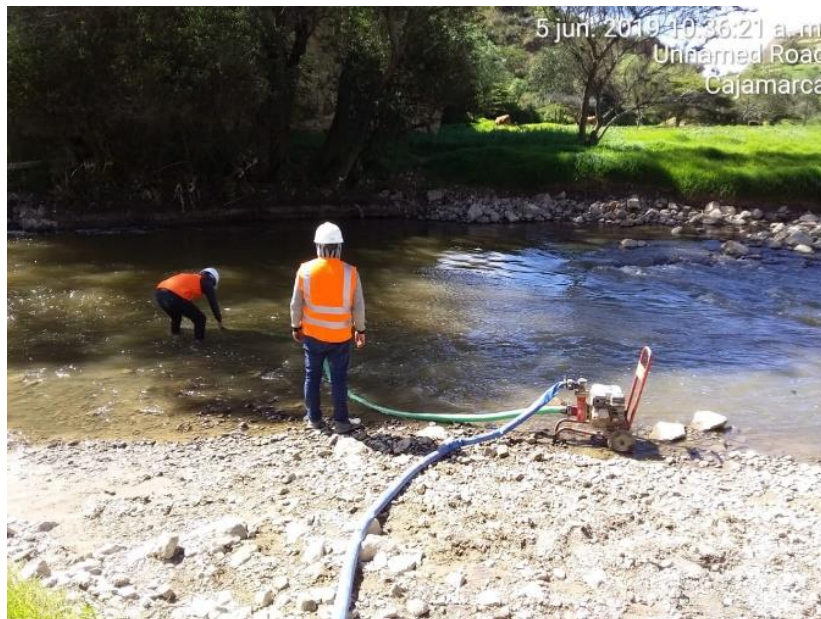


Figura 62. Calibración del caudal

Octava fase: Toma de datos experimentales en modelo físico. Para la toma de datos de la socavación en el modelo, se efectuaron de acuerdo a los puntos tomados in situ, con la finalidad de tener los mismos datos y así ver el margen de error en la medición de la socavación tanto in situ como en el modelo, ya que dichas mediciones se hicieron con escalímetro de acuerdo a la escala de trabajo. Por consiguiente, se hizo uso de la ficha de Toma de datos del Modelo (Anexo 11). Antes del ensayo se saturó el lecho con la finalidad de representar las condiciones reales de un río. Por consiguiente, se inició los ensayos de cada puente haciendo pasar el caudal del modelo por medio de una motobomba y aforando para obtener dicho caudal correspondiente a cada tiempo de retorno (10, 25, 50, 100 y 150 años). Pasado el tiempo correspondiente a cada avenida en el modelamiento, observamos el proceso de socavación alrededor de los estribos. Realizamos las mediciones de la socavación en cada parte de los respectivos estribos (Lado Derecho e Izquierdo). Este procedimiento se realizó teniendo en cuenta 5 modelamientos por cada puente para los periodos de retornos indicados



Figura 63. Modelamiento hidráulico del puente Chonta



Figura 64. Medición de la socavación en el modelo.

Novena fase: Análisis de Datos. Luego de obtener las mediciones de la socavación en campo y realizado el modelamiento hidráulico, se presentaran gráficos en donde se muestra la relación la socavación obtenido mediante modelamiento versus el caudal para el periodo de retorno para el que se ha modelado, de manera que, dichos gráficos permitan obtener para que periodo de retorno se ha producido la socavación obtenida en medida in situ para cada puente en estudio y finalmente poder estimar el grado de precisión de las socavación medida in situ con la socavación obtenido mediante el modelamiento hidrológico.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Tomando en cuenta la dirección del flujo en el río, las medidas que a continuación se muestra son tomas en campo para cada estribo, las cuales fueron tomados en cada cambio de la sección de dichos estribos. Se presenta a continuación los datos de la socavación medida in situ. Para el presente trabajo de investigación, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 34
Socavación medida in situ del Puente La Rinconada

SOCAVACIÓN - MEDICIÓN EN CAMPO				
PUENTE	LADO	N°	SOCAVACIÓN (m)	SOCAV. MAX (m)
LA RINCONADA	DERECHO	1	0.44	0.44
		2	-	
		3	0.25	
		4	0.11	
		5	0.08	
		6	-	
		7	0.15	
	IZQUIERDO	1	-	
		2	-	
		3	0.18	
		4	-	
		5	0.10	
		6	-	
		7	0.12	

Tabla 35

Socavación medida in situ del Puente El Callejón

SOCAVACIÓN - MEDICIÓN EN CAMPO				
PUENTE	LADO	Nº	SOCAVACIÓN (m)	SOCAV. MAX (m)
EL CALLEJÓN	DERECHO	1	0.95	1.50
		2	1.20	
		3	1.50	
		4	-	
		5	-	
		6	0.32	
		7	-	
	IZQUIERDO	1	-	
		2	0.53	
		3	-	
		4	0.32	
		5	0.55	
		6	-	
		7	0.16	

Tabla 36

Socavación medida in situ del Puente Chonta

SOCAVACIÓN - MEDICIÓN EN CAMPO				
PUENTE	LADO	Nº	SOCAVACIÓN (m)	SOCAV. MAX (m)
CHONTA	DERECHO	1	-	0.82
		2	-	
		3	0.25	
		4	0.65	
		5	0.66	
		6	0.08	
		7	-	
	IZQUIERDO	1	0.06	
		2	0.74	
		3	0.78	
		4	0.35	
		5	0.82	
		6	0.38	
		7	0.47	

Las mediciones en el modelo hidráulico han sido elaboradas tomando como base la observación de las partes de los estribos donde presenta daños, en las cuales se alcanzaron los siguientes resultados para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 150 años:

Tabla 37
Socavación Mediante Modelamiento Hidráulico Puente Chonta

PUENTE	LADO	TR: 10 años			TR: 25 años			TR: 50 años			TR: 100 años			TR: 150 años		
		N°	SOC. (m)	MÁX (m)	N°	SOC. (m)	MÁX (m)	N°	SOC. (m)	MÁX (m)	N°	SOC. (m)	MÁX (m)	N°	SOC. (m)	MÁX (m)
CHONTA	DERECHO	1	-		1	-		1	0.50		1	0.40		1	0.50	
		2	-		2	0.65		2	-		2	-		2	0.60	
		3	0.35		3	0.40		3	0.68		3	0.70		3	0.75	
		4	0.23		4	0.20		4	0.50		4	0.45		4	0.55	
		5	-		5	-		5	-		5	-		5	0.30	
		6	0.56		6	0.60		6	0.85		6	0.85		6	1.20	
		7	-	0.85	7	-	1.50	7	-	1.55	7	-	1.65	7	0.30	1.65
	IZQUIERDO	1	-		1	-		1	-		1	-		1	-	
		2	-		2	1.10		2	-		2	-		2	-	
		3	0.59		3	1.20		3	0.55		3	1.10		3	1.20	
		4	0.60		4	1.50		4	1.30		4	1.65		4	1.65	
		5	-		5	1.15		5	0.85		5	0.80		5	1.00	
		6	0.85		6	-		6	1.25		6	1.55		6	1.10	
		7	0.85		7	1.48		7	1.55		7	1.65		7	1.45	

Tabla 38

Socavación Mediante Modelamiento Hidráulico Puente El Callejón

PUENTE	LADO	TR: 10 años		TR: 25 años		TR: 50 años		TR: 100 años		TR: 150 años		
		Nº	SOC. MÁX (m)	Nº	SOC. MÁX (m)	Nº	SOC. MÁX (m)	Nº	SOC. MÁX (m)	Nº	SOC. MÁX (m)	
EL CALLEJÓN	DERECHO	1	-	1	-	1	-	1	0.30	1	-	
		2	0.35	2	0.35	2	0.60	2	0.65	2	0.68	
		3	-	3	0.20	3	0.50	3	0.50	3	-	
		4	0.55	4	-	4	-	4	0.60	4	0.60	
		5	0.60	5	0.60	5	0.65	5	0.50	5	0.70	
		6	-	6	-	6	-	6	-	6	0.15	
		7	0.50	7	0.60	7	0.72	7	0.78	7	1.05	
	IZQUIERDO	1	1.90	1.90	1	1.95	1	1.6	1	2.00	1	2.00
		2	-	2	-	2	-	2	-	2	-	
		3	1.15	3	1.35	3	1.30	3	1.40	3	1.55	
		4	-	4	-	4	-	4	-	4	-	
		5	1.10	5	1.20	5	1.10	5	1.20	5	1.30	
		6	-	6	-	6	-	6	-	6	-	
		7	1.10	7	1.10	7	1.00	7	1.10	7	1.15	

Tabla 39

Socavación Mediante Modelamiento Hidráulico Puente La Rinconada

PUENTE	LADO	TR: 10 años		TR: 25 años		TR: 50 años		TR: 100 años		TR: 150 años			
		N°	SOC. MÁX	N°	SOC. MÁX	N°	SOC. MÁX	N°	SOC. MÁX	N°	SOC. MÁX		
		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		
LA RINCONADA	DERECHO	1	-	1	0.15	1	-	1	0.25	1	0.25		
		2	0.325	2	0.40	2	0.40	2	0.60	2	0.50		
		3	0.50	3	0.50	3	0.50	3	0.70	3	0.75		
		4	0.35	4	0.40	4	0.40	4	0.45	4	0.40		
		5	-	5	-	5	-	5	0.10	5	0.15		
		6	0.10	6	0.10	6	-	6	-	6	0.15		
		7	-	7	-	7	0.10	7	0.15	7	0.20		
	IZQUIERDO	1	-	0.50	1	-	0.50	1	-	0.70	1	0.10	0.75
		2	0.10	2	0.10	2	0.15	2	0.20	2	0.30		
		3	-	3	-	3	-	3	0.10	3	0.30		
		4	0.05	4	0.05	4	0.15	4	0.25	4	0.20		
		5	0.15	5	0.10	5	0.20	5	0.20	5	-		
		6	0.15	6	0.15	6	0.20	6	0.28	6	0.25		
		7	-	7	-	7	-	7	-	7	-		

En las figuras 65, 66 y 67 se muestran la relación entre la socavación medida máxima versus los tiempos de retorno; las cuales, permitirán hacer una comparación con la socavación máxima medida in situ y la socavación máxima medida por el modelamiento hidráulico.

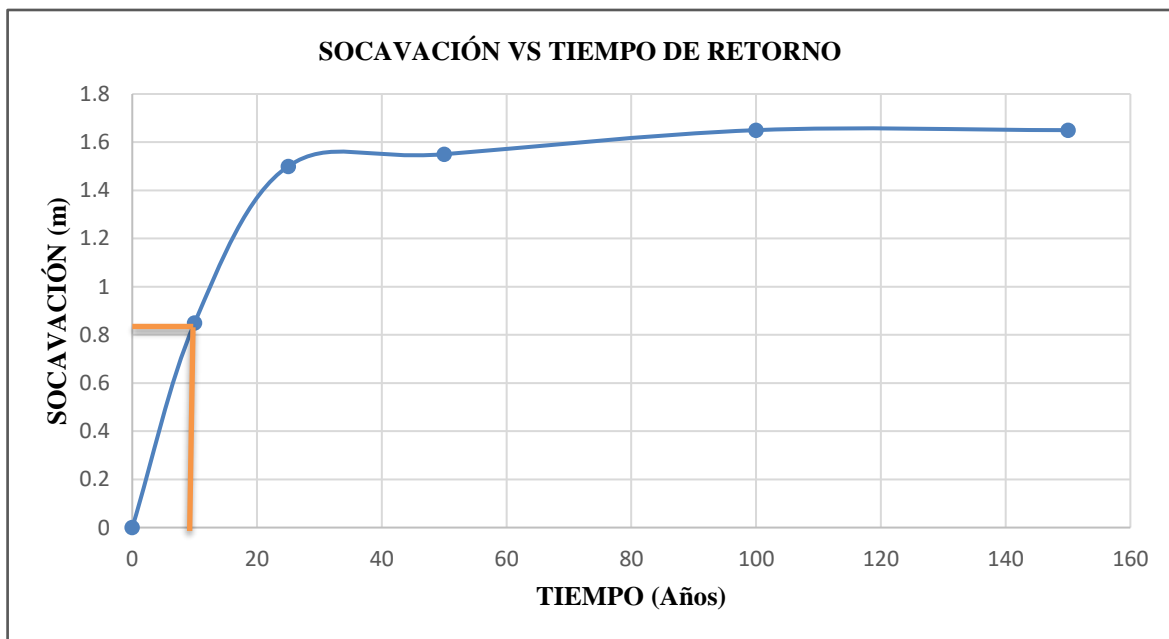


Figura 65. Socavación máxima – Puente Chonta

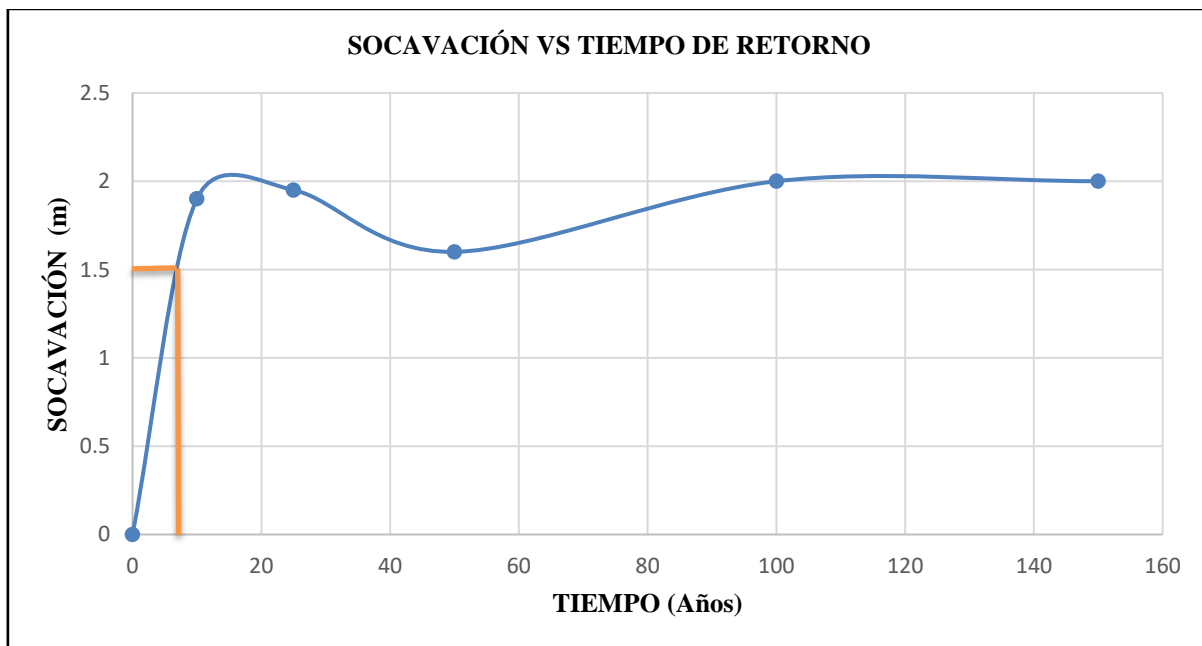


Figura 66. Socavación máxima – Puente Callejón

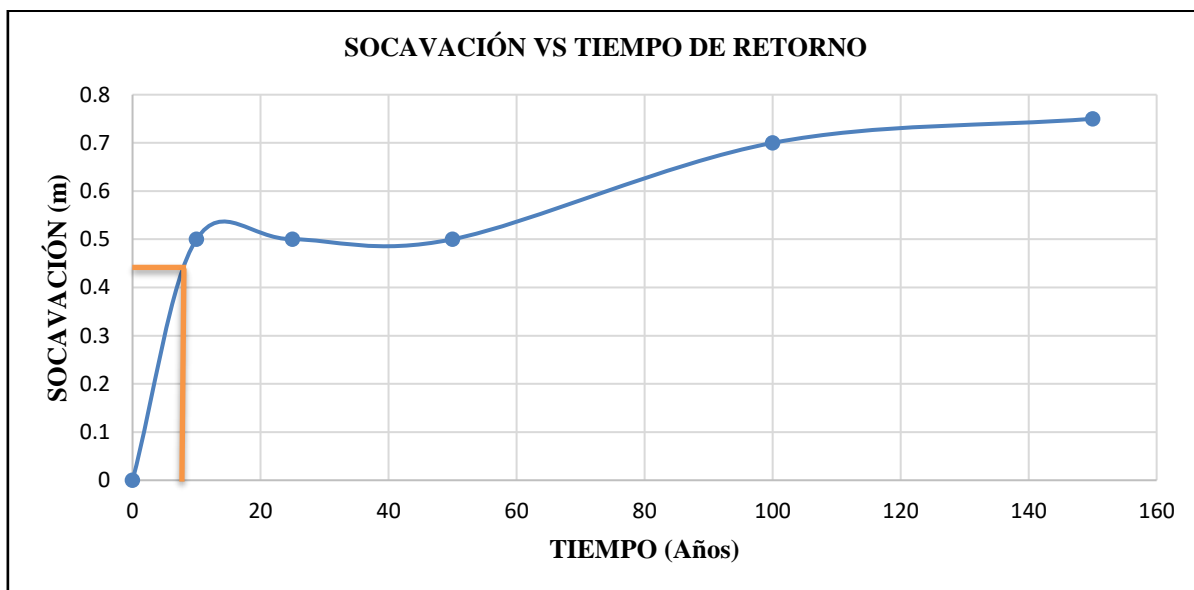


Figura 67. Socavación máxima – Puente Rinconada

La siguiente tabla muestra el periodo de retorno para la cual se ha producido la socavación máxima medida in situ en cada puente, tomando como base las gráficas anteriores.

Tabla 40

Tiempo de retorno para el que se ha producido la socavación máxima en los estribos de los puentes medidos en campo.

Nombre del Puente	Socavación máxima medida en campo	Tiempo de Retorno (TR)
Chonta	0.82 m	9 años
El Callejón	1.50 m	8 años
La Rinconada	0.44 m	7 años

Como los tiempos de retorno son cercanos a los 10 años de acuerdo a las socavaciones máximas dadas en cada puente, se realizó el modelamiento para dicho tiempo de retorno, siendo el caudal 170 m³/s, y a escala de 1/50 (0.009616 m³/s) y a escala de 1/100 (0.0017 m³/s). dichos caudales se ajustaron para obtener mayor precisión.

Por consiguiente, se obtuvieron los siguientes datos en el modelamiento:

Tabla 41 *Socavación máxima del Puente Chonta*
Socavación máxima del Puente Chonta

PUENTE	LADO	N°	SOCAV. (m)	SOCAV. MÁX (m)
CHONTA	DERECHO	1	-	0.83
		2	-	
		3	0.30	
		4	0.30	
		5	-	
		6	0.50	
		7	-	
	IZQUIERDO	1	-	
		2	0.05	
		3	0.55	
		4	0.72	
		5	0.58	
		6	0.80	
		7	0.83	

Tabla 42
Socavación máxima del Puente El Callejón

PUENTE	LADO	N°	SOCAV. (m)	SOCAV. MÁX (m)
EL CALLEJÓN	DERECHO	1	-	1.55
		2	0.40	
		3	-	
		4	0.50	
		5	0.55	
		6	-	
		7	0.60	
	IZQUIERDO	1	1.55	
		2	0.15	
		3	1.05	
		4	-	
		5	1.00	
		6	-	
		7	1.38	

Tabla 43
Socavación máxima del Puente La Rinconada

PUENTE	LADO	Nº	SOC. (m)	SOC. MÁX (m)
LA RINCONADA	DERECHO	1	-	0.425
		2	0.30	
		3	0.425	
		4	0.36	
		5	-	
		6	0.15	
		7	-	
	IZQUIERDO	1	-	
		2	0.15	
		3	-	
		4	0.15	
		5	-	
		6	0.20	
		7	-	

De acuerdo a los datos obtenidos, se procede a realizar los cálculos del grado de precisión que se ha obtenido ante el modelamiento de los niveles de socavación presentados en cada estribo de los puentes en estudio.

Tabla 44
Grado de Precisión del Modelo Hidráulico

PUENTE	SOC. IN SITU (m)	SOC. MODELO (m)	GRADO DE PRECISIÓN (%)
CHONTA	0.82	0.83	98.78
EL CALLEJÓN	1.5	1.48	96.67
LA RINCONADA	0.44	0.425	96.59

Siendo el resultado de la Tabla 44 la confirmación de la hipótesis planteada, la cual sirvió para la calibración del modelo con el prototipo.

Luego con el modelo hidráulico calibrado se procedió a estimar los niveles de socavación proyectados mediante el modelamiento hidráulico para los tiempos de retorno de 25, 50, 100 y 150 años para los puentes El Callejón, la Rinconada y Chonta, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 45

Socavaciones máximas para TR de 25, 50, 100 y 150 años por modelo hidráulico

PUENTE	SOCAVACIÓN MÁXIMA (m)			
	TR: 25 años	TR: 50 años	TR: 100 años	TR: 150 años
LA RINCONADA	0.50	0.50	0.70	0.75
EL CALLEJÓN	1.95	1.60	2.00	2.00
CHONTA	1.50	1.55	1.65	1.65

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Para el desarrollo del estudio se ha tenido limitación de no contar con el laboratorio adecuado para realizar este tipo de investigación; por ello, se ha tenido que prever la determinación del espacio para la realización del modelamiento hidráulico, tomando en cuenta características específicas para la elección del lugar como: disponibilidad de flujo constante, área disponible óptimo para cada modelo a escala, espacio para la descarga del flujo utilizado en el modelamiento y equipo de abastecimiento y regulación de caudal para el modelamiento.

De acuerdo al estudio presentado por Enciso (2015), en su trabajo de investigación, “Estudio Hidráulico y Estimación de Socavación en el Puente interconexión Muyurina – Ayacucho”, obtienen un grado de precisión del 75.69%, comparando la socavación presentada en un “Expediente Técnico” con los resultados de su investigación; por consiguiente, para esta investigación se obtuvo grados de precisión superiores al 95%, por lo que se puede concluir que los estudios que se realizan para este tipo de proyectos no presentan resultados confiables evidenciando de esta manera la poca importancia que se da al fenómeno de socavación.

Los caudales obtenidos para el modelamiento hidráulico a escala en los mismos periodos de retorno para los puentes en estudio como se muestra en la tabla 30 al 33, presentan variaciones mínimas, por lo que, no afectan en los resultados obtenidos, implicando de esta manera la elección del caudal correspondiente a la cuenca mayor (Puente Chonta) para realizar el modelamiento hidráulico de los tres puentes: La Rinconada, El Callejón y Chonta, reflejando de esta forma un grado de precisión mayor al 95% entre la socavación obtenida mediante el modelamiento hidráulico y la socavación medida in situ (tabla 44).

Debido a que los tiempos de retorno que han producido la socavación en campo presentan variaciones mínimas (tabla 40) y, teniendo en cuenta que las variaciones de caudales son insignificantes, se optó por realizar el modelamiento hidráulico para la estimación del grado de precisión en tiempo de retorno de 10 años para todos los puentes en estudio.

Al tener un alto grado de precisión en la estimación de los niveles de socavación para los tiempos de retorno de 25, 50, 100 y 150 años en los puentes estudiados (tabla 44), se debe tomar importancia a este fenómeno con el fin de prevenir los posibles daños que puedan tener a futuro dichas estructuras, realizando de esta manera el manteniendo respectivo para cumplir con su tiempo de vida útil.

4.2 Conclusiones

Luego de verificar la similitud del modelo con el prototipo se estimaron los niveles de socavación proyectados para caudales máximos probables con tiempos de retorno de 25 años, 50 años, 100 años y 150 años; obteniéndose profundidades entre 1.50m hasta 1.65m para el puente Chonta; 1.95m hasta 2.00m. para el puente El Callejón y 0.50m hasta 0.75m para el puente La Rinconada.

Se realizó la calibración del modelamiento físico comparando los datos obtenidos in situ; para lo cual se obtuvieron los siguientes resultados; en La Rinconada se obtuvo una precisión del 96.59%, el puente El Callejón, 96.67% y el puente Chonta 98.78% de precisión como se muestran en la tabla 44., en la que los tres puentes superan el grado de precisión planteado en la hipótesis, siendo el 95% para esta investigación.

Se estimaron los caudales máximos mediante el software HEC-HMS para tiempos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 150 años obteniendo caudales máximos entre 151.8 m³/s hasta 290.7 m³/s para el Puente La Rinconada, 160.3 m³/s hasta 303.3 m³/s para el Puente El Callejón y 170 m³/s hasta 313.8 m³/s el Puente Chonta.

Se realizó el modelamiento hidráulico con los caudales máximos correspondientes a la cuenca con punto emisor en el puente chonta (cuenca mayor), teniendo 170 m³/s para un Tr=10 años, 216 m³/s para Tr=25 años, 254.8 para Tr=50 años, 291.3 para Tr=100 años y 313.8 para un Tr=150 años, para la estimación de la socavación en el Puente Chonta, El Callejón y La Rinconada.

Se realizó la medición de socavación in situ de cada puente, teniendo socavaciones máximas de 0.82m para el Puente Chonta, 1.50m para el Puente Callejón y 0.44m para el Puente La Rinconada.

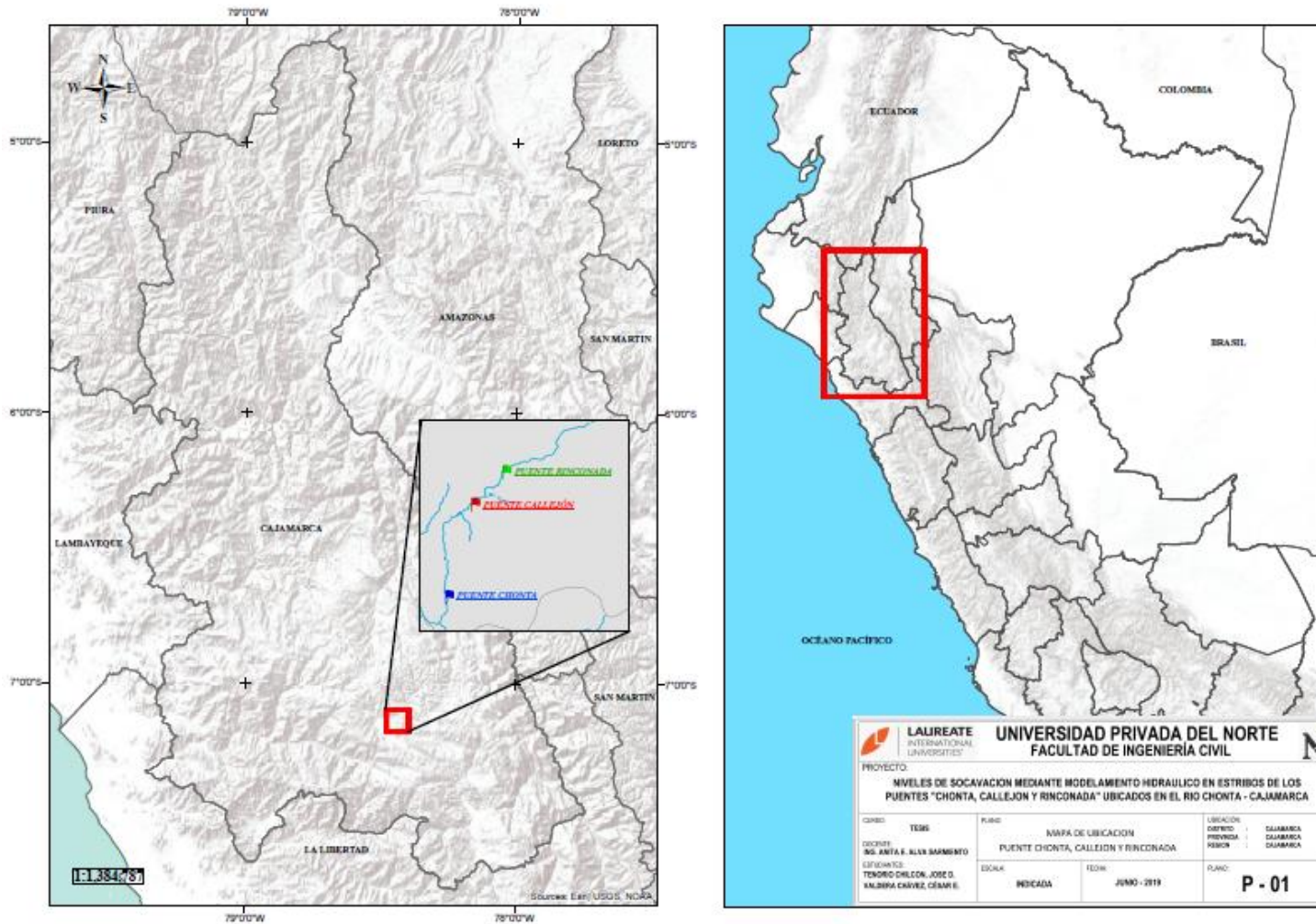
REFERENCIAS

- Borges, B. (2008). *Socavación al Pie de Muros Longitudinales*. (Tesis de Titulación). Universidad de Los Andes, Venezuela.
- Enciso, D. (2015). *Estudio Hidráulico y Estimación de Socavación en el Puente interconexión Muyurina – Ayacucho*. (Tesis de Titulación). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Perú.
- Cusba. (2011). *Estudio de las causas y soluciones Estructurales del Colapso Total o Parcial de los Puentes Vehiculares de Colombia desde 1986 Al 2011, y la Evaluación de las Consecuencias del Derrumbamiento de Uno de Ellos*. (Tesis de Posgrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.
- Venegas, Z. (2011). *Socavación al Pie de Estribos de Puentes en Lechos No Cohesivos*. (Tesis de Posgrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.
- Campa, A. & Astorga, R. (2013). *Métodos para el cálculo de la socavación en las pilas de puentes*. *Tecnociencia*, 9 (1).
- Polanco, R. (2014). *Evaluación de las Fallas Estructurales del Puente Chonta de la Red Vial Cajamarca – Baños del Inca*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.
- Rodríguez, S. (2014). *Puentes con AASHTO-LRFD 2014*. Lima, Perú. 7th Edition.
- MTC (2012), Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. Lima, Perú (<http://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2011/octubre/10/RD-20-2011-MTC-14.pdf>)

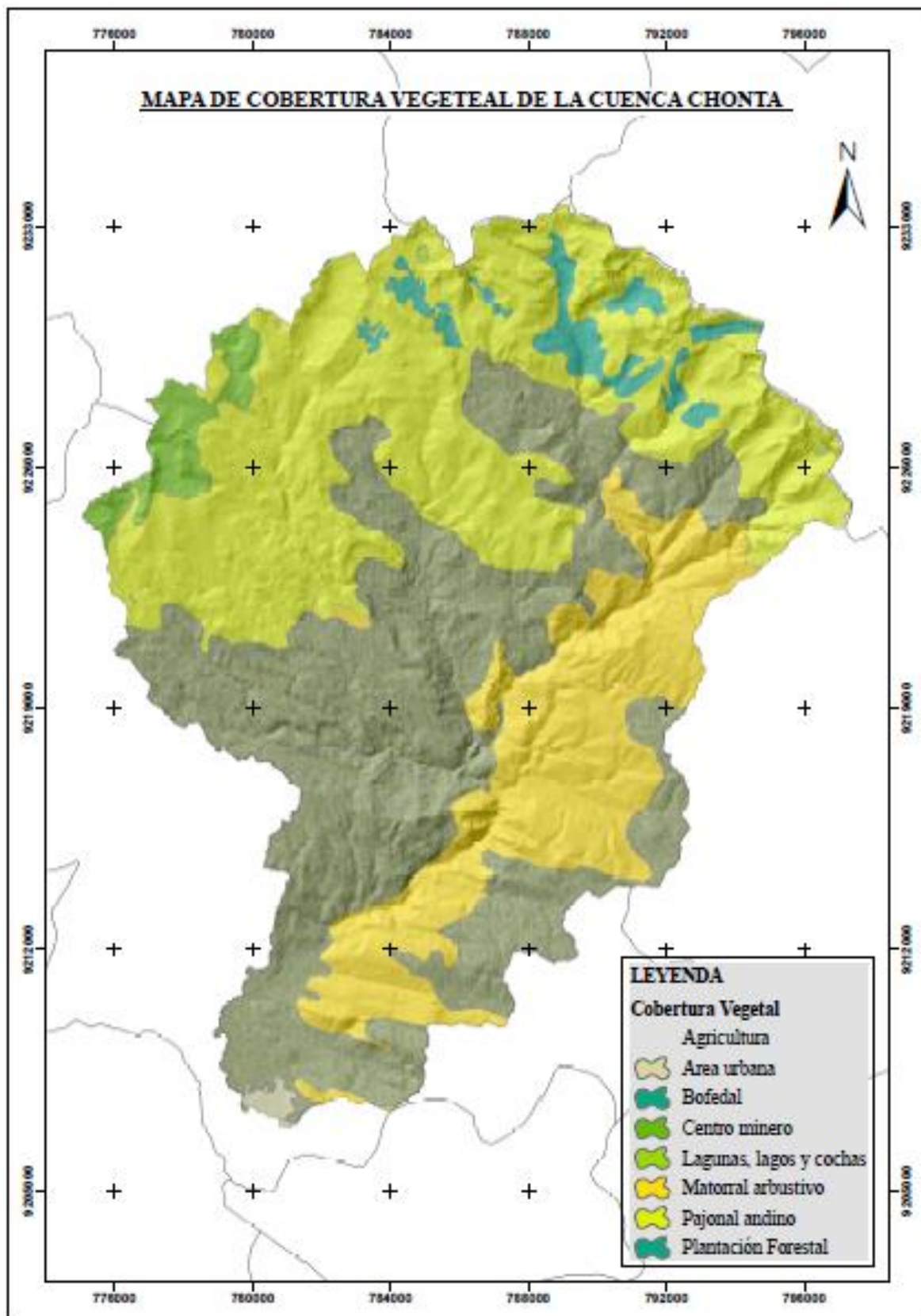
- Cahuana, A. & Yugar, M. (2009). *Material de Apoyo Didáctico para la Enseñanza y Aprendizaje de la Asignatura de Hidrología*. (Tesis de Pregrado). Universidad Mayor de San Simón, Bolivia.
- Ortiz Vera, O. (2015). *Hidrología De Superficie*. Cajamarca, Perú, pp. 1-97
- Villón Béjar, M. (2002). *Hidrología Estadística*. Lima, Perú: Editorial Villón, 430 pp.
- Villón Béjar, M. (2002). *Hidrología Estadística*. Lima, Perú: Editorial Villón, 380 pp.
- Bustamante V. (2018). *Disponibilidad De Agua De Escorrentía En La Captación Huacaríz Del Río Mashcón, Generada A Partir De Información Climática*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.
- Ortiz S. (2016). *Similitud Hidráulica de Sistemas Hidrológicos Altoandinos y Transferencia de Información Hidrometeorológica*. (Tesis de Grado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.
- Chow, V. T. (2000). *Hidrología Aplicada*. Ediciones McGraw - Hill, Santa Fe de Bogotá, Colombia: 584 pp.
- Gámez, M. (2009). *Texto Básico de Hidrología*. Managua, Nicaragua, pp. 152.
- Cáceres, L. & Castillo, O. (2018). *“Evaluación Hidrológica e Hidráulica en el Río Grande de Matagalpa, En el Tramo Comprendido entre el Puente Peatonal de la Unan y el Barrio Lucia Mantilla, Ciudad de Matagalpa* (Licenciatura en Ingeniería Civil). Universidad Mayor de San Simón, Bolivia.

ANEXOS

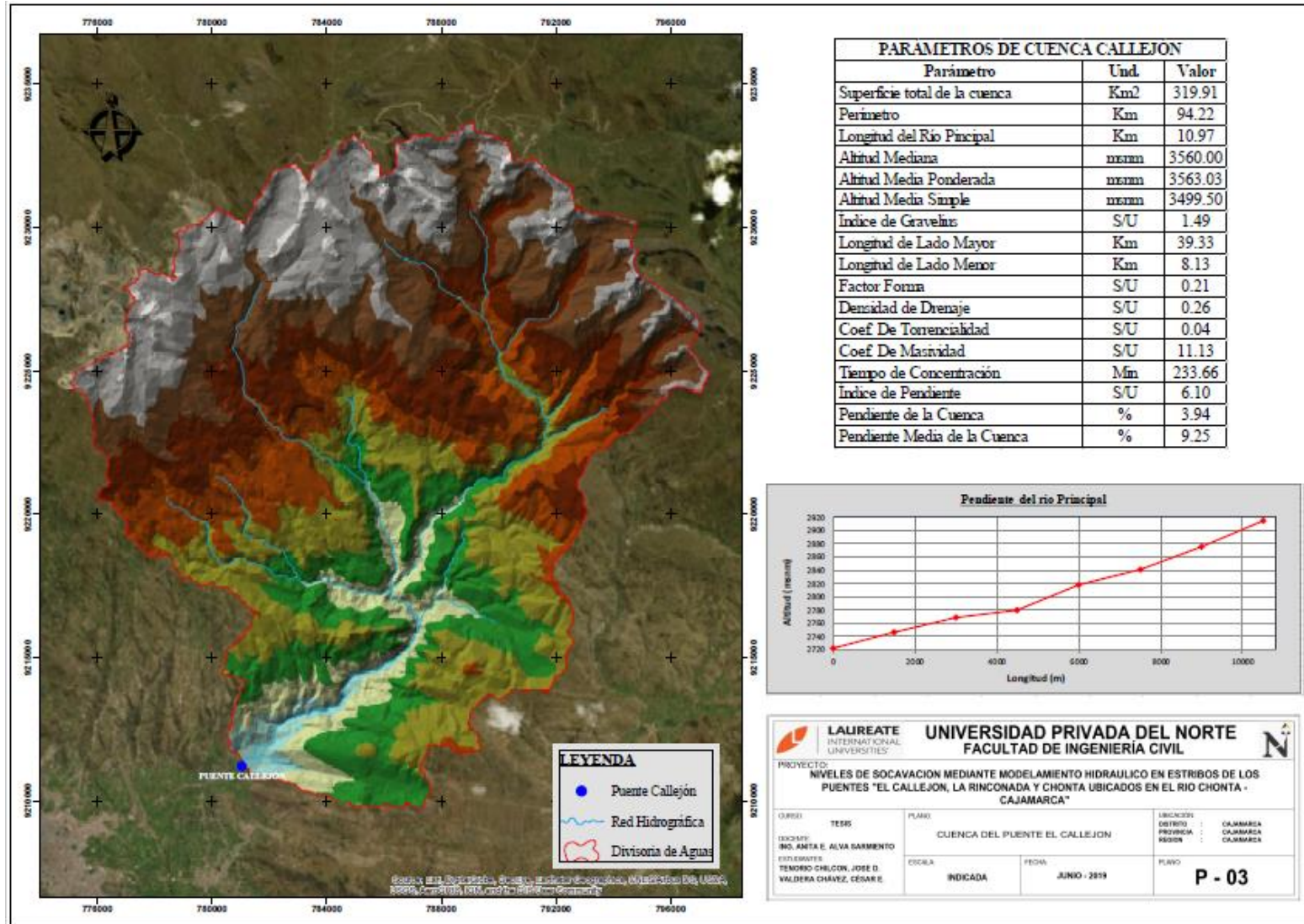
ANEXO n° 1. Mapa de Ubicación



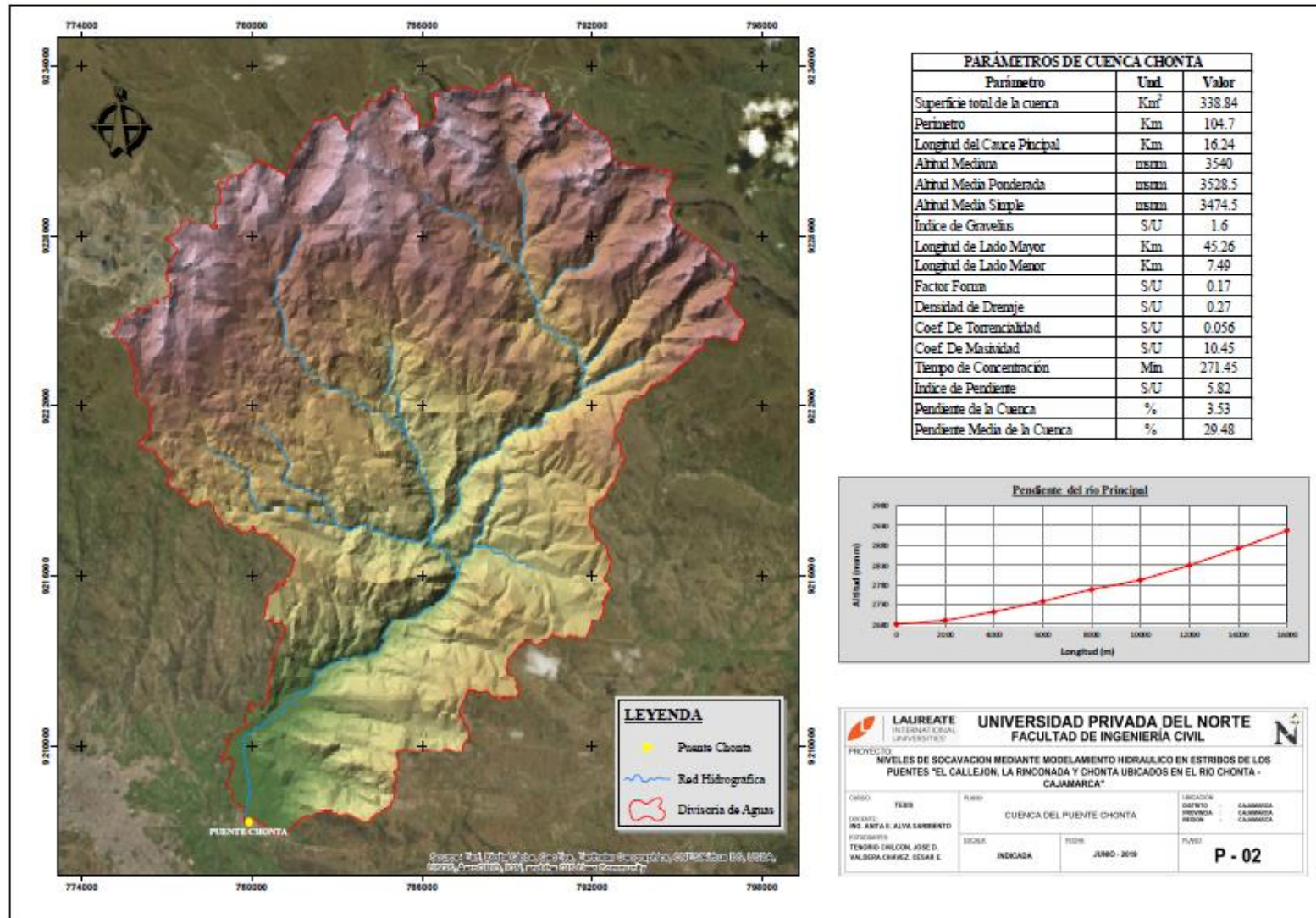
ANEXO n° 2. Cobertura Vegetal de la Cuenca Chonta



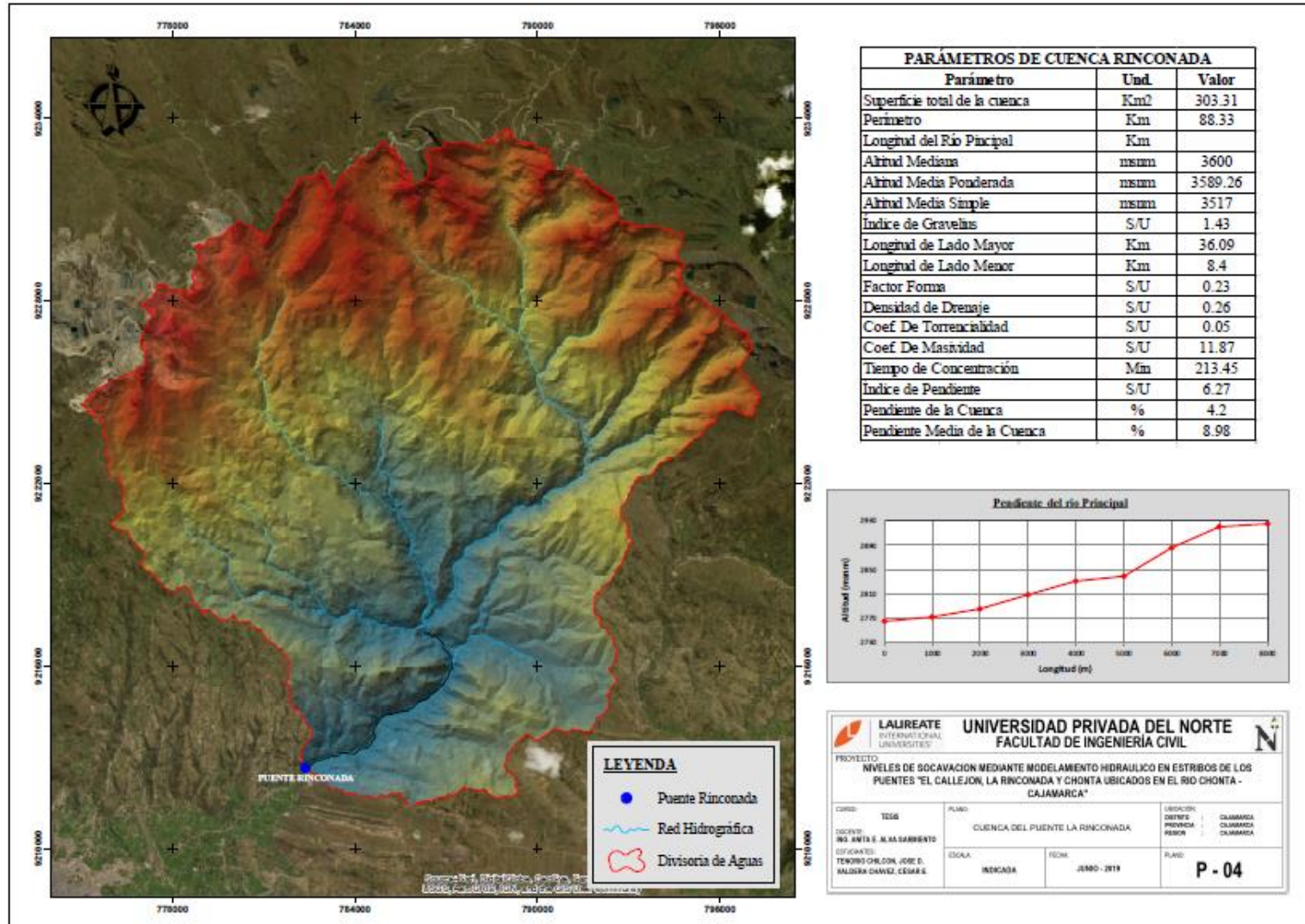
ANEXO n° 3. Parámetros de la Cuenca El Callejón



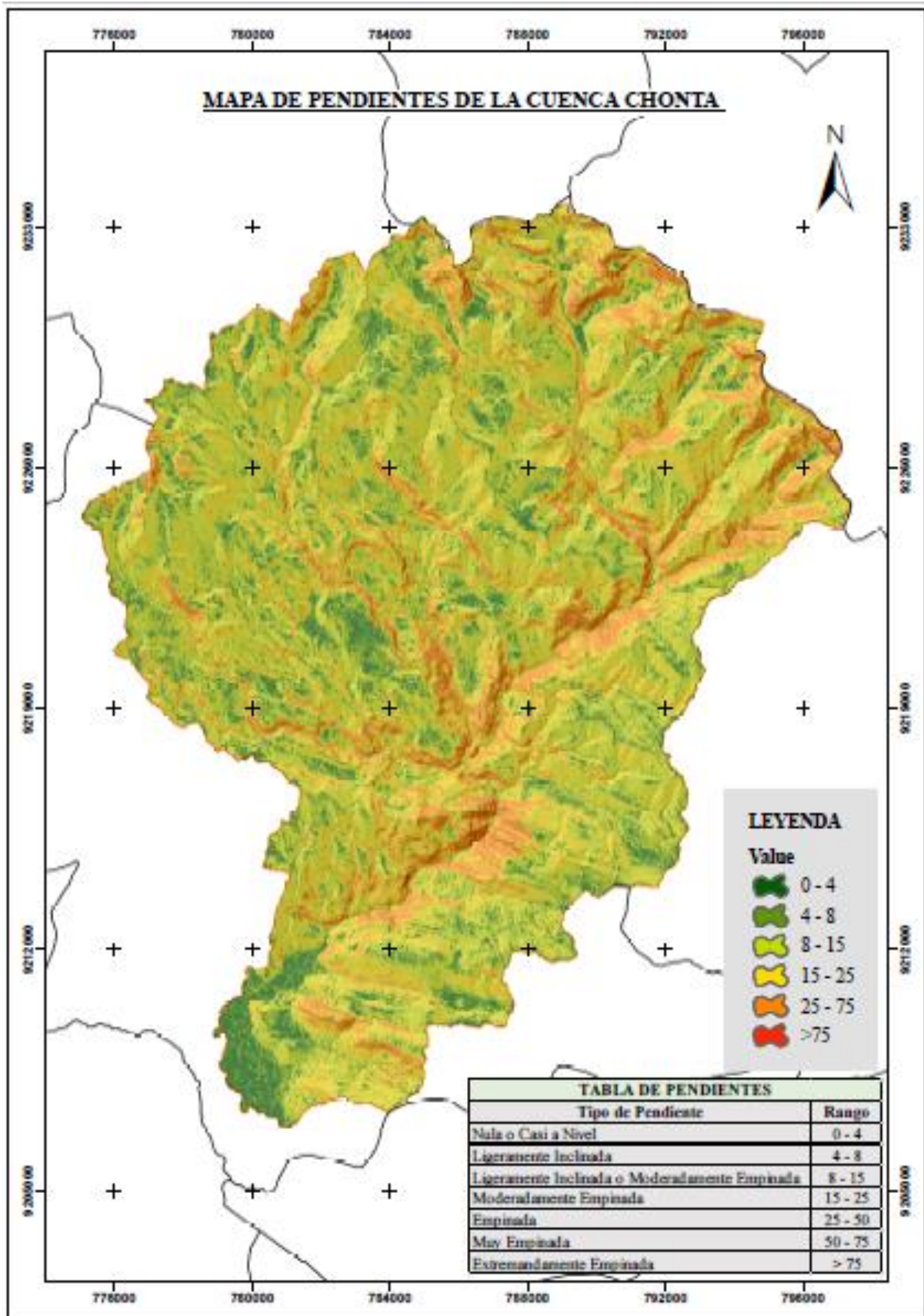
ANEXO n° 4. Parámetros de la Cuenca Chonta



ANEXO n° 5. Parámetros de la Cuenca La Rinconada

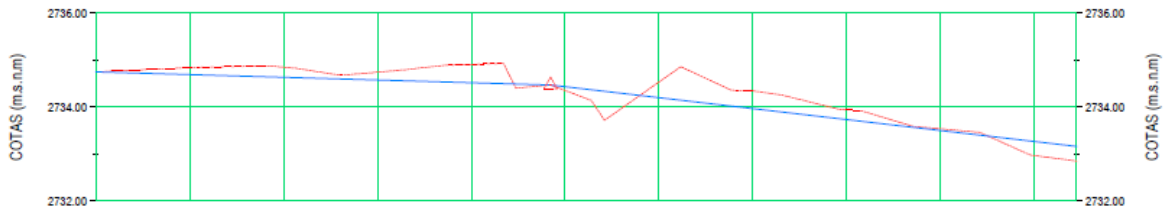


ANEXO n° 6. Mapa de Pendientes de la Cuenca Chonta



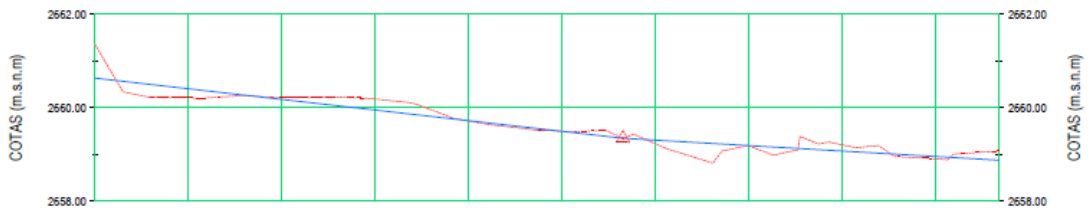
ANEXO n° 7. Perfiles Longitudinales de los Puentes en estudio

PERFIL LONGITUDINAL DEL CAUCE DEL RÍO DESDE KM 0+000.00 HASTA KM 0+208.94



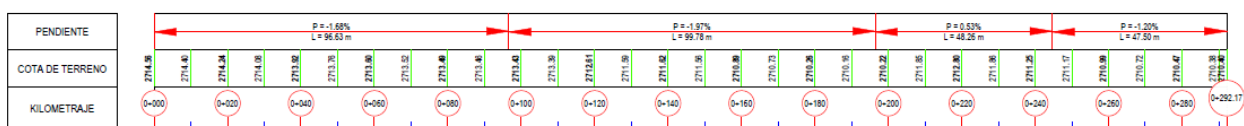
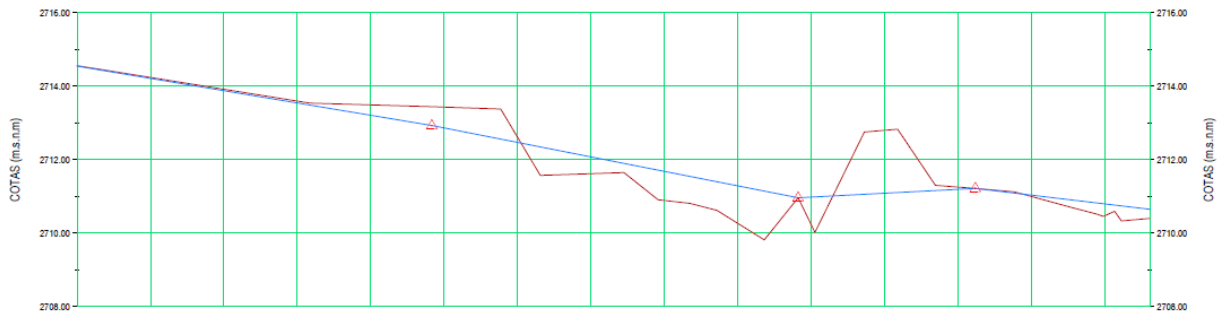
PERFIL LONGITUDINAL DEL CAUCE DEL RÍO EN LA ZONA DE ESTUDIO DEL PUENTE LA RINCONADA

PERFIL LONGITUDINAL DEL CAUCE DEL RÍO DESDE KM 0+000.00 HASTA KM 0+193.53



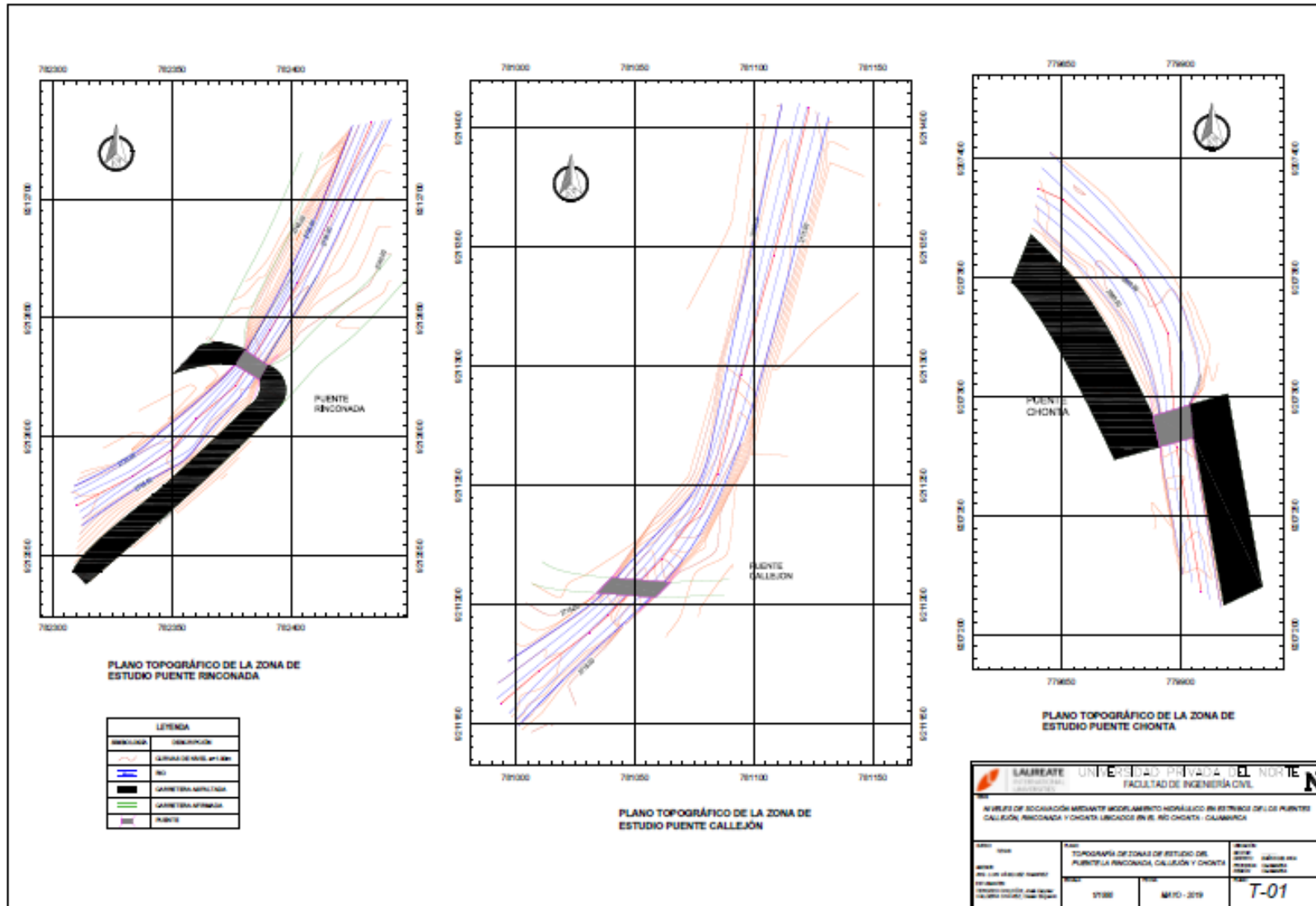
PERFIL LONGITUDINAL DEL CAUCE DEL RÍO EN LA ZONA DE ESTUDIO DEL PUENTE CHONTA

PERFIL LONGITUDINAL DEL CAUCE DEL RÍO DESDE KM 0+000.00 HASTA KM 0+292.17




PERFIL LONGITUDINAL DEL CAUCE DEL RÍO EN LA ZONA DE ESTUDIO DEL PUENTE EL CALLEJÓN

ANEXO n° 8. Plano en Planta de los Puentes en estudio



ANEXO n° 9. Protocolos de Granulometría de la UPN-Cajamarca

	LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
	PROTOCOLO					
	ENSAYO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS			CÓDIGO DEL DOCUMENTO: AGGF-LC-UPNC:	
	NORMA	MTC E204 – ASTM C136 – NTP 400.012				
PROYECTO						
CANTERA:				TM:		
UBICACIÓN:				TMN:		
FECHA DE MUESTRA:				M.F:		
FECHA DE ENSAYO:				HUSO A UTILIZAR:		
RESPONSABLE:				REVISADO POR:		

AGREGADO FINO

Mínimo: 500 gr.

N°	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% PASANTE ACUMULADO (%)	Husos Granulométrico (Según norma ASTM C33)	
	(pulg)	(mm)					Límite Inferior	Límite Superior
1	N° 4	4.75					95	100
2	N° 8	2.36					80	100
3	N° 10	2.00					-	-
4	N° 16	1.18					50	85
5	N° 30	0.8					25	60
6	N° 50	0.3					10	30
7	N° 100	0.15					2	10
8	N° 200	0.075					0	3
9	Bandeja	0					-	-

Nota: Para calcular la granulometría, utilizar todas las mallas, para el caso del módulo de finura no utilizar la malla N° 10 y N° 200. Con la siguiente fórmula podemos determinar

$$M.F = \frac{\sum \% \text{ Retenido acumulado en las mallas } N^{\circ} 4, 8, 16, 30, 50 \text{ y } 100}{100}$$

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE:
FECHA:	FECHA:	FECHA:

LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
	PROTOCOLO		
	ENSAYO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA	MTC E204 – ASTM C136 – NTP 400.012	AGGF-LC-UPNC:
	PROYECTO		
CANTERA:		TM:	
UBICACIÓN:		TMN:	
FECHA DE MUESTRA:		M.F:	
FECHA DE ENSAYO:		HUSO A UTILIZAR:	
RESPONSABLE:		REVISADO POR:	

PROCEDIMIENTO

Secar la muestra a temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$, hasta obtener peso constante.

Nota 1. Cuando se desea resultados rápidos, no es necesario secar el agregado grueso para el ensayo debido que el resultado es poco afectado por el contenido de humedad a menos que:

- a) El Tamaño Máximo nominal sea menor de 12 mm (1/2")

Norma: MTC E203

	% total de material que pasa	Desviación estándar (ds), % ^F	Rango aceptable de dos resultados (ds), % ^A
Agregado grueso ^G			
Precisión de un operador	< 100 ≥ 95	0,32	0,9
	< 95 ≥ 85	0,81	2,3
	< 85 ≥ 80	1,34	3,8
	< 80 ≥ 60	2,35	6,4
	< 60 ≥ 20	1,32	3,7
	< 20 ≥ 15	0,66	1,7
	< 15 ≥ 10	1,00	2,8
	< 10 ≥ 5	0,75	2,1
	< 5 ≥ 2	0,33	1,5
	< 2 > 0	0,27	0,8


Agregado fino			
Precisión de un operador	< 100 ≥ 95	0,26	0,7
	< 95 ≥ 60	0,55	1,6
	< 60 ≥ 20	0,83	2,4
	< 20 ≥ 15	0,54	1,5
	< 15 ≥ 10	0,36	1,0
	< 10 ≥ 2	0,37	1,1
	< 2 > 0	0,14	0,4

Para el caso del agregado grueso se tomó como referencia TMN: ¼" de allí sube la dispersión en 0.01% conforme suba TMN o baja en 0.01 % conforme baja TMN.


OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE:
FECHA:	FECHA:	FECHA:

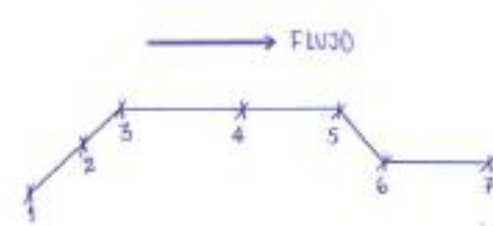
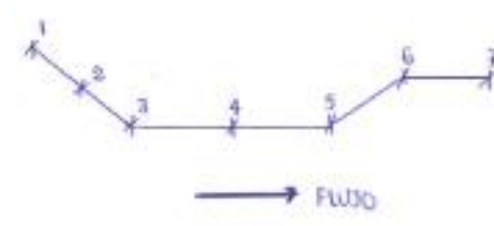



ANEXO n° 10. Ficha, para la toma de datos in situ de la socavación obtenida en los estribos


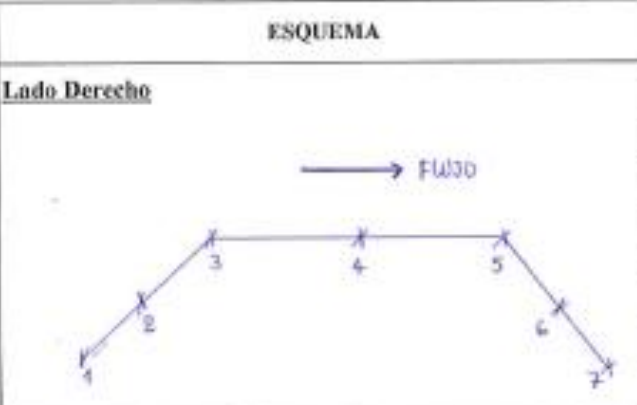
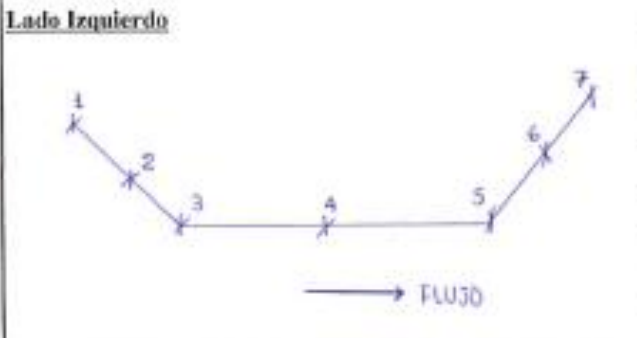



	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - CAJAMARCA		
	FICHA TÉCNICA		
	ENSAYO:	MEDIDAS DE SOCAVACIÓN OBTENIDOS IN SITU	
TESIS:	NIVELES DE SOCAVACIÓN MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN ESTRIBOS DE LOS PUENTES "EL CALLEJÓN, LA RINCONADA Y CHONTA", UBICADOS EN EL RÍO CHONTA - CAJAMARCA		
FECHA:		ASESOR:	
UBICACIÓN:			
ESQUEMA			
<u>Lado Derecho</u>	PTO N°	SOCAV. (m)	SOCAV.MÁX (m)
<u>Lado Izquierdo</u>	PTO N°	SOCAV. (m)	SOCAV.MÁX (m)
OBSERVACIONES:			
TESISTAS		ASESOR	


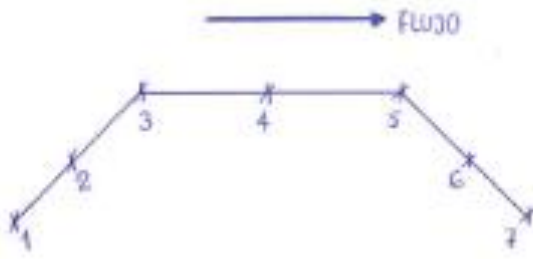
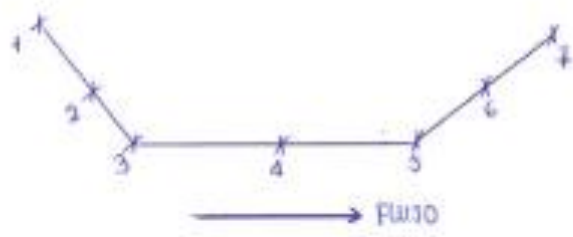



ANEXO n° 11. Ficha para la toma de datos de los resultados del modelamiento hidráulico

	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - CAJAMARCA																																												
	FICHA TÉCNICA																																												
	ENSAYO:	MEDIDAS DE SOCAVACIÓN OBTENIDOS EN EL MODELO HIDRAULICO																																											
TESIS:	NIVELES DE SOCAVACION MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN ESTRIBOS DE LOS PUENTES "EL CALLEJÓN, LA RINCONADA Y CHONTA", UBICADOS EN EL RÍO CHONTA - CAJAMARCA																																												
FECHA:		ASESOR:																																											
UBICACIÓN:																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ESQUEMA</th> <th>PTO N°</th> <th>SOC AV. (m)</th> <th>SOC AV.MÁX (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="6"><u>Lado Derecho</u></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="6"><u>Lado Izquierdo</u></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				ESQUEMA	PTO N°	SOC AV. (m)	SOC AV.MÁX (m)	<u>Lado Derecho</u>																			<u>Lado Izquierdo</u>																		
ESQUEMA	PTO N°	SOC AV. (m)	SOC AV.MÁX (m)																																										
<u>Lado Derecho</u>																																													
<u>Lado Izquierdo</u>																																													
OBSERVACIONES:																																													
TESISTAS		ASESOR																																											

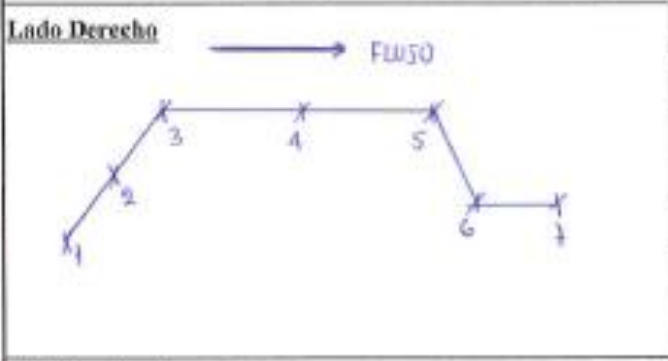
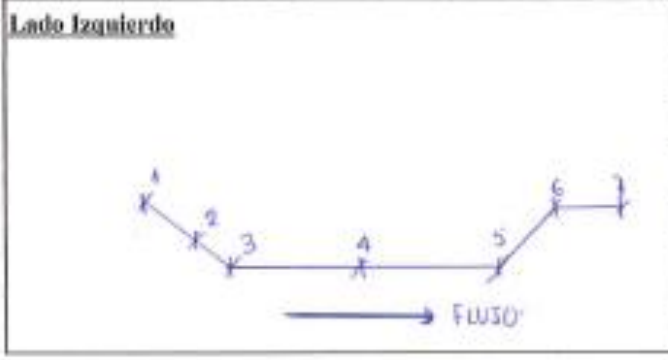



ANEXO n° 12. Toma de Datos In Situ

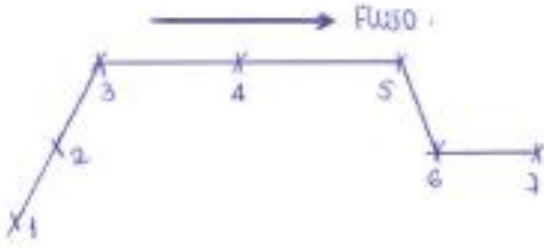
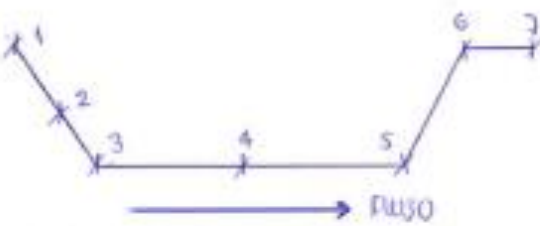



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - CAJAMARCA			
FICHA TÉCNICA			
ENSAVO:	MEDIDAS DE SOCAVACIÓN OBTENIDOS IN SITU		
TESIS:	NIVELES DE SOCAVACIÓN MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN ESTRIBOS DE LOS PUENTES "EL CALLEJÓN, LA RINCONADA Y CHONTA", UBICADOS EN EL RÍO CHONTA - CAJAMARCA		
FECHA:	25/05/19	ASESOR:	ING. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
UBICACIÓN:	PUENTE "CHONTA"		
ESQUEMA	PTO N°	SOCAV. (m)	SOCAV.MÁX (m)
<p><u>Lado Derecho</u></p> 	1	-	0.66
	2	-	
	3	0.25	
	4	0.65	
	5	0.66	
	6	0.08	
	7	-	
<p><u>Lado Izquierdo</u></p> 	1	0.06	0.82
	2	0.74	
	3	0.78	
	4	0.35	
	5	0.82	
	6	0.32	
	7	0.47	
<p>OBSERVACIONES: LA SOCAVACIÓN MEDIDA, FUERON TOMADOS POR RABEROS e/O INDICACIONES POR LOS POBLADORES DE LA ZONA.</p>			
TESISTAS		ASESOR	
 JOSÉ TENORIO		 CESAR VALDERA	
			

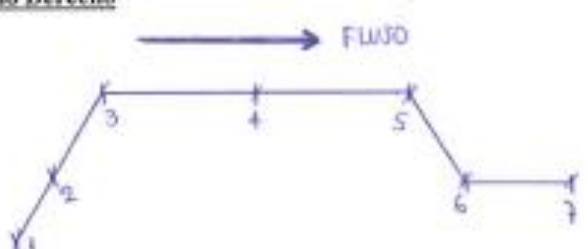
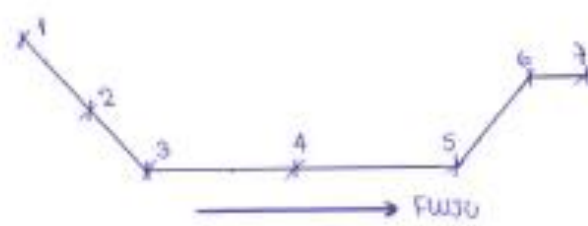



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - CAJAMARCA			
FICHA TÉCNICA			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	MEDIDAS DE SOCAVACIÓN OBTENIDOS IN SITU	
	TESIS:	NIVELES DE SOCAVACIÓN MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN ESTRIBOS DE LOS PUENTES "EL CALLEJÓN, LA RINCONADA Y CHONTA", UBICADOS EN EL RÍO CHONTA - CAJAMARCA	
FECHA:	25/05/19	ASESOR:	ING. JUAN VÁSQUEZ RAMÍREZ
UBICACIÓN:	PUENTE "LA RINCONADA"		
ESQUEMA	PTO N°	SOCÁV. (m)	SOCÁV. MÁX (m)
Lado Derecho 	1	0.44	0.44
	2	-	
	3	0.25	
	4	0.11	
	5	0.08	
	6	-	
	7	0.15	
Lado Izquierdo 	1	-	0.18
	2	-	
	3	0.18	
	4	-	
	5	0.10	
	6	-	
	7	0.12	
OBSERVACIONES: LA SOCAVACIÓN MEDIDA, FUERON TOMADOS POR RASTROS A/O INCLINACIONES POR LOS POBLADORES DE LA ZONA.			
TESISTAS		ASESOR	
 JOSÉ TENORIO		 CESAR VALDERA	
			

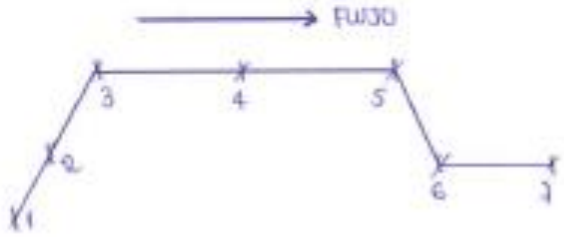
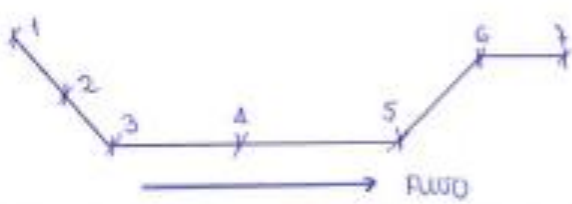



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - CAJAMARCA			
FICHA TÉCNICA			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	MEDIDAS DE SOCAVACIÓN OBTENIDOS IN SITU	
	TESIS:	NIVELES DE SOCAVACIÓN MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN ESTRIBOS DE LOS PUENTES "EL CALLEJÓN, LA RINCONADA Y CHONTA", UBICADOS EN EL RÍO CHONTA - CAJAMARCA	
FECHA:	25/05/19	ASESOR:	ING. LUIS VALDEZ RAMÍREZ
UBICACIÓN:	PUENTE "EL CALLEJÓN"		
ESQUEMA	PTO N°	SOCAV. (m)	SOCAV.MÁX (m)
Lado Derecho 	1	0.95	1.50
	2	1.26	
	3	1.30	
	4	-	
	5	-	
	6	0.32	
	7	-	
Lado Izquierdo 	1	-	0.55
	2	0.53	
	3	-	
	4	0.32	
	5	0.55	
	6	-	
	7	0.16	
OBSERVACIONES: LA SOCAVACION MEDIDA FUERON TOMADOS POR RASTROS 2/6 MEDICIONES POR LOS PERFORADORES DE LA LONA			
TESISTAS		ASESOR	
 JOSÉ TENORIO		 CESAR VALDERA	
			

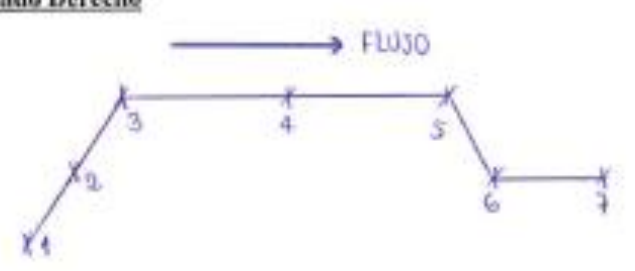
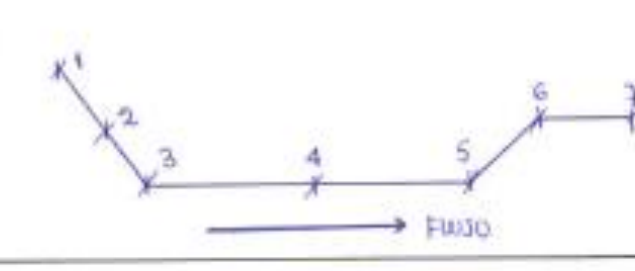



ANEXO n° 13. Toma de datos del Modelo Hidráulico


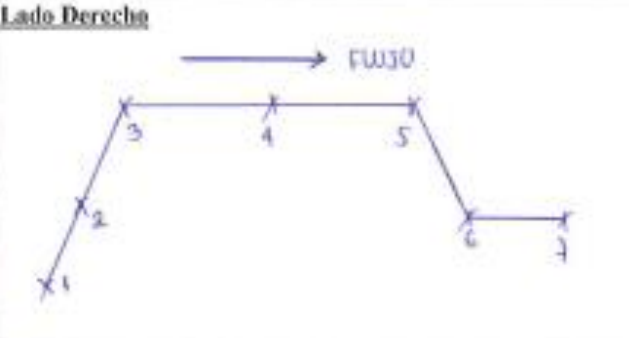
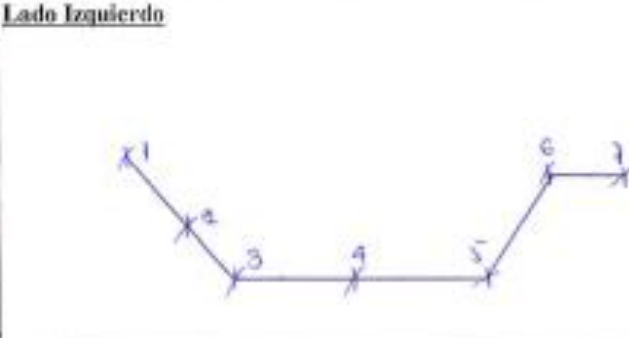



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - CAJAMARCA			
FICHA TÉCNICA			
ENSAYO:	MEDIDAS DE SOCAVACIÓN OBTENIDOS EN EL MODELO HIDRAULICO		
TESIS:	NIVELES DE SOCAVACIÓN MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN ESTRIBOS DE LOS PUENTES "EL CALLEJÓN, LA RINCONADA Y CHONTA", UBICADOS EN EL RÍO CHONTA - CAJAMARCA		
FECHA:	05/06/19	ASESOR:	ING. LUIS VALDEZ RAMIREZ
UBICACIÓN:	PUENTE "CHONTA"		
ESQUEMA	PTO N°	SOCAV. (m)	SOCAV. MÁX (m)
Lado Derecho 	1	-	0.56
	2	-	
	3	0.35	
	4	0.23	
	5	-	
	6	0.56	
	7	-	
Lado Izquierdo 	1	-	0.85
	2	-	
	3	0.59	
	4	0.60	
	5	-	
	6	0.85	
	7	0.85	
OBSERVACIONES: PARA UN TR = 10 AÑOS			
TESISTAS		ASESOR	
 JOSÉ TENORIO		 CESAR VALDERA	
			

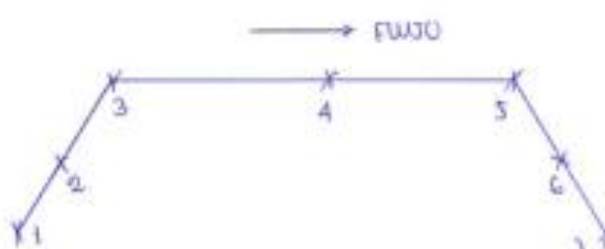
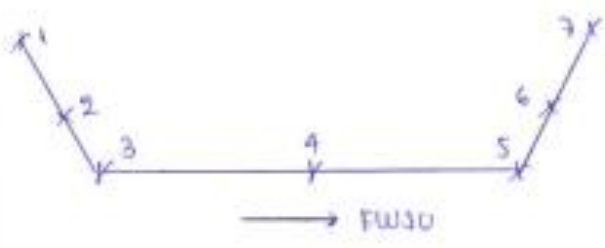



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - CAJAMARCA			
FICHA TÉCNICA			
ENSAYO:	MEDIDAS DE SOCAVACIÓN OBTENIDOS EN EL MODELO HIDRAULICO		
TESIS:	NIVELES DE SOCAVACIÓN MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN ESTRIBOS DE LOS PUENTES "EL CALLEJÓN, LA RINCONADA Y CHONTA", UBICADOS EN EL RÍO CHONTA - CAJAMARCA		
FECHA:	05/06/19	ASESOR:	ING. LUIS VARGAS RAMIREZ
UBICACIÓN:	PUENTE "CHONTA"		
ESQUEMA	PTO N°	SOCAV. (m)	SOCAV.MÁX (m)
<p><u>Lado Derecho</u></p> 	1	-	0.65
	2	0.65	
	3	0.40	
	4	0.20	
	5	-	
	6	0.60	
	7	-	
<p><u>Lado Izquierdo</u></p> 	1	-	1.50
	2	1.10	
	3	1.20	
	4	1.50	
	5	1.15	
	6	-	
	7	0.40	
<p>OBSERVACIONES:</p> <p>PARA UN TR = 25 AÑOS</p>			
TESISTAS		ASESOR	
 JOSÉ TENORIO		 CESAR VALDEZA	
			


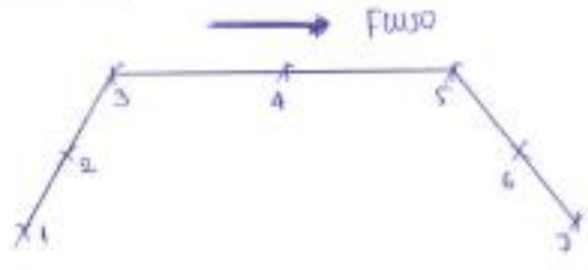
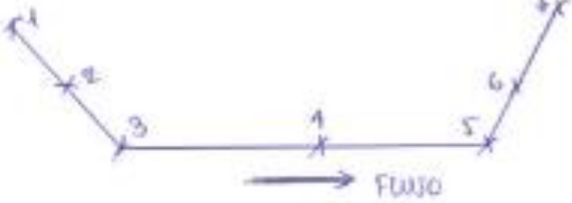



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - CAJAMARCA			
FICHA TÉCNICA			
ENSAYO:	MEDIDAS DE SOCAVACIÓN OBTENIDOS EN EL MODELO HIDRAULICO		
TESIS:	NIVELES DE SOCAVACIÓN MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN ESTRIBOS DE LOS PUENTES "EL CALLEJÓN, LA RINCONADA Y CHONTA", UBICADOS EN EL RÍO CHONTA - CAJAMARCA		
FECHA:	05/06/19	ASESOR:	ING. LUIS VALDEZ RAMIREZ
UBICACIÓN:	PUENTE "CHONTA"		
ESQUEMA	PTO Nº	SOCAV. (m)	SOCAV.MÁX (m)
<u>Lado Derecho</u> 	1	0.50	0.85
	2	-	
	3	0.68	
	4	0.50	
	5	-	
	6	0.85	
	7	-	
<u>Lado Izquierdo</u> 	1	-	1.55
	2	-	
	3	0.55	
	4	1.30	
	5	0.85	
	6	1.25	
	7	1.55	
OBSERVACIONES: PARA UN TR = 50 AÑOS			
TESISTAS		ASESOR	
 JOSÉ TENORIO		 CESAR VALDERA	
			

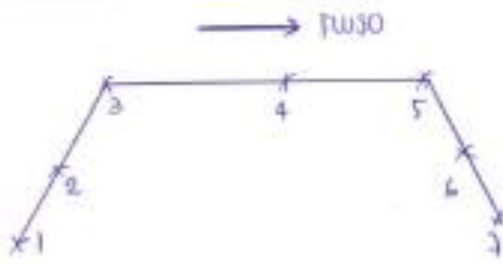
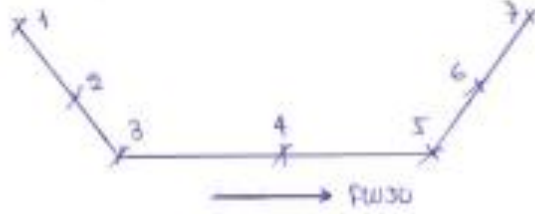



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - CAJAMARCA				
FICHA TÉCNICA				
ENSAYO:	MEDIDAS DE SOCAVACIÓN OBTENIDOS EN EL MODELO HIDRAULICO			
TESIS:	NIVELES DE SOCAVACIÓN MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN ESTRIBOS DE LOS PUENTES "EL CALLEJÓN, LA RINCONADA Y CHONTA", UBICADOS EN EL RÍO CHONTA - CAJAMARCA			
FECHA:	05/06/19	ASESOR:	ING. LUIS VALDEZ RAMÍREZ	
UBICACIÓN:	PUENTE "CHONTA"			
ESQUEMA		PTO Nº	SOC. (m)	SOC. MÁX (m)
Lado Derecho		1	0.40	0.85
		2	-	
		3	0.70	
		4	0.45	
		5	-	
		6	0.85	
		7	-	
Lado Izquierdo		1	-	1.65
		2	-	
		3	1.10	
		4	1.65	
		5	0.80	
		6	1.55	
		7	1.65	
OBSERVACIONES: PARA UN TR = 100 AÑOS				
TESISTAS		ASESOR		
 JOSÉ TENORIO		 CESAR VALDEZA		

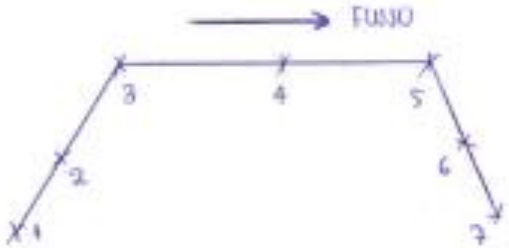
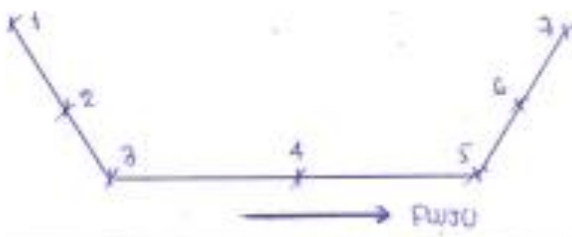



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - CAJAMARCA			
FICHA TÉCNICA			
ENSAYO:	MEDIDAS DE SOCAVACIÓN OBTENIDOS EN EL MODELO HIDRAULICO		
TESIS:	NIVELES DE SOCAVACIÓN MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN ESTRIBOS DE LOS PUENTES "EL CALLEJÓN, LA RINCONADA Y CHONTA", UBICADOS EN EL RÍO CHONTA - CAJAMARCA		
FECHA:	05/06/19	ASESOR:	ING. LUIS VÁSQUEZ RAMIREZ
UBICACIÓN:	PUENTE "CHONTA"		
ESQUEMA	PTO Nº	SOCÁV. (m)	SOCÁV. MÁX (m)
<p>Lado Derecho</p> 	1	0.50	0.75
	2	0.60	
	3	0.75	
	4	0.55	
	5	0.30	
	6	1.20	
	7	0.30	
<p>Lado Izquierdo</p> 	1	-	1.65
	2	-	
	3	1.20	
	4	1.65	
	5	1.00	
	6	1.10	
	7	1.45	
<p>OBSERVACIONES: PARA UN TR = 150 AÑOS</p>			
TESISTAS		ASESOR	
 JOSÉ TENORIO		 CESAR VALDERA	
			

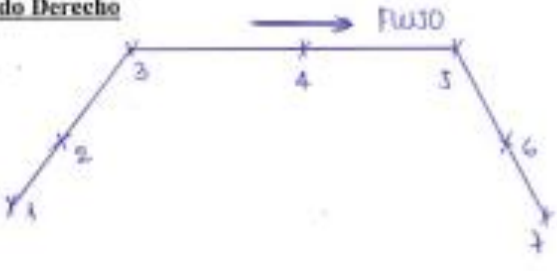
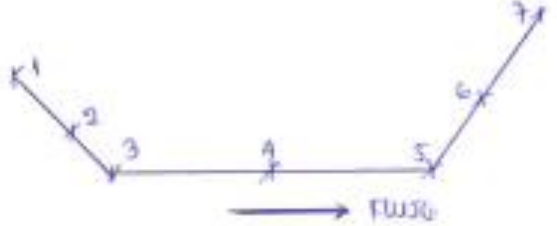



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - CAJAMARCA				
FICHA TÉCNICA				
	ENSAYO:	MEDIDAS DE SOCAVACIÓN OBTENIDOS EN EL MODELO HIDRAULICO		
	TESIS:	NIVELES DE SOCAVACIÓN MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN ESTRIBOS DE LOS PUENTES "EL CALLEJÓN, LA RINCONADA Y CHONTA", UBICADOS EN EL RÍO CHONTA - CAJAMARCA		
FECHA:	10/06/19	ASESOR:	ING. LEIS VÁSQUEZ RAMÍREZ	
UBICACIÓN:	PUENTE "CHONTA"			
ESQUEMA		PTO Nº	SOCAY. (m)	SOCAY.MÁX (m)
Lado Derecho 		1	-	0.50
		2	-	
		3	0.30	
		4	0.30	
		5	-	
		6	0.50	
		7	-	
Lado Izquierdo 		1	-	0.83
		2	0.05	
		3	0.55	
		4	0.72	
		5	0.58	
		6	0.80	
		7	0.83	
OBSERVACIONES:				
MODELAMIENTO PARA UN TR=10 AÑOS, PARA CALIBRACION				
TESISTAS		ASESOR		
 JOSÉ TENORIO		 CÉSAR VALDEZA		

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - CAJAMARCA			
FICHA TÉCNICA			
ENSAYO:	MEDIDAS DE SOCAVACIÓN OBTENIDOS EN EL MODELO HIDRAULICO		
TESIS:	NIVELES DE SOCAVACIÓN MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN ESTRIBOS DE LOS PUENTES "EL CALLEJÓN, LA RINCONADA Y CHONTA", UBICADOS EN EL RÍO CHONTA - CAJAMARCA		
FECHA:	05/06/19	ASESOR:	ING LUIS VASQUEZ RAMIREZ
UBICACIÓN:	PUENTE " LA RINCONADA "		
ESQUEMA	PTO N°	SOCAV. (m)	SOCAV.MÁX (m)
<p><u>Lado Derecho</u></p> 	1	-	0.50
	2	0.325	
	3	0.50	
	4	0.35	
	5	-	
	6	0.10	
	7	-	
<p><u>Lado Izquierdo</u></p> 	1	-	0.15
	2	0.10	
	3	-	
	4	0.05	
	5	0.15	
	6	0.15	
	7	-	
<p>OBSERVACIONES:</p> <p>PARA UN TR = 10 AÑOS</p>			
TESISTAS		ASESOR	
 JOSÉ TENORIO		 CÉSAR VALDERA	
			

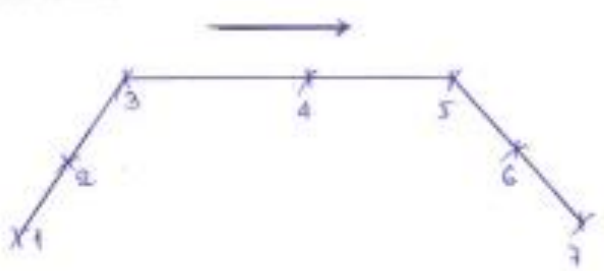
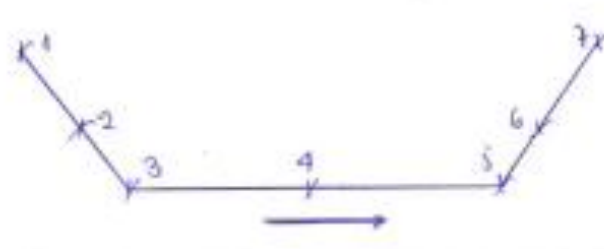
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - CAJAMARCA			
FICHA TÉCNICA			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	MEDIDAS DE SOCAVACIÓN OBTENIDOS EN EL MODELO HIDRAULICO	
	TESIS:	NIVELES DE SOCAVACIÓN MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN ESTRIBOS DE LOS PUENTES "EL CALLEJÓN, LA RINCONADA Y CHONTA", UBICADOS EN EL RÍO CHONTA - CAJAMARCA	
FECHA:	05/06/19	ASESOR:	ING. LUIS VALDEZ RAMÍREZ
UBICACIÓN:	PUENTE "LA RINCONADA"		
ESQUEMA	PTO N°	SOCAV. (m)	SOCAV. MÁX (m)
Lado Derecho 	1	0.15	0.50
	2	0.40	
	3	0.50	
	4	0.40	
	5	-	
	6	0.10	
	7	-	
Lado Izquierdo 	1	-	0.15
	2	0.10	
	3	-	
	4	0.05	
	5	0.10	
	6	0.15	
	7	-	
OBSERVACIONES: PARA UN TR = 25 AÑOS			
TESISTAS		ASESOR	
 JOSÉ TENORIO		 CESAR VALDERA	
			

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - CAJAMARCA			
FICHA TÉCNICA			
ENSAVO:	MEDIDAS DE SOCAVACIÓN OBTENIDOS EN EL MODELO HIDRAULICO		
TESIS:	NIVELES DE SOCAVACIÓN MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN ESTRIBOS DE LOS PUENTES "EL CALLEJÓN, LA RINCONADA Y CHONTA", UBICADOS EN EL RÍO CHONTA - CAJAMARCA		
FECHA:	05/06/19	ASESOR:	ING LUIS VASQUEZ ROMERO
UBICACIÓN:	PUENTE "LA RINCONADA"		
ESQUEMA	PTO N°	SOCAY. (m)	SOCAY.MÁX (m)
Lado Derecho 	1	-	0.50
	2	0.40	
	3	0.50	
	4	0.40	
	5	-	
	6	-	
	7	0.10	
Lado Izquierdo 	1	-	0.20
	2	0.15	
	3	-	
	4	0.15	
	5	0.20	
	6	0.20	
	7	-	
OBSERVACIONES: PARA UN TR = 50 AÑOS			
TESISTAS		ASESOR	
 JOSÉ TENORIO		 CESAR VALDERA	
			



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - CAJAMARCA			
FICHA TÉCNICA			
ENSAYO:	MEDIDAS DE SOCAVACIÓN OBTENIDOS EN EL MODELO HIDRAULICO		
TESIS:	NIVELES DE SOCAVACIÓN MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN ESTRIBOS DE LOS PUENTES "EL CALLEJÓN, LA RINCONADA Y CHONTA", UBICADOS EN EL RÍO CHONTA - CAJAMARCA		
FECHA:	05/06/19	ASESOR:	ING LUIS VASQUEZ RAMIREZ
UBICACIÓN:	PUENTE "LA RINCONADA"		
ESQUEMA	PTO Nº	SOC AV. (m)	SOC AV. MÁX (m)
Lado Derecho 	1	0.25	0.70
	2	0.60	
	3	0.70	
	4	0.45	
	5	0.10	
	6	-	
	7	0.15	
Lado Izquierdo 	1	-	0.28
	2	0.20	
	3	0.10	
	4	0.25	
	5	0.20	
	6	0.28	
	7	-	
OBSERVACIONES: PARA UN TR = 100 AÑOS			
TESISTAS		ASESOR	
 JOSÉ TENORIO		 CESAR VALDERA	
			

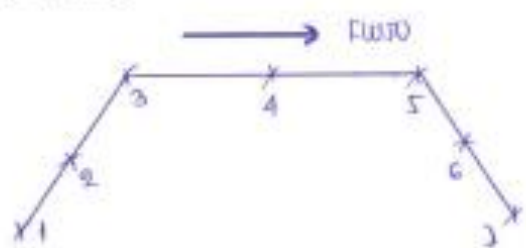




UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - CAJAMARCA				
FICHA TÉCNICA				
ENSAYO:	MEDIDAS DE SOCAVACIÓN OBTENIDOS EN EL MODELO HIDRAULICO			
TESIS:	NIVELES DE SOCAVACIÓN MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN ESTRIBOS DE LOS PUENTES "EL CALLEJÓN, LA RINCONADA Y CHONTA", UBICADOS EN EL RÍO CHONTA - CAJAMARCA			
FECHA:	05/06/19	ASESOR:	ING. LUJÁN VÁSQUEZ DOMÍNGUEZ	
UBICACIÓN:	PUENTE "LA RINCONADA"			
ESQUEMA		PTO N°	SOC. (m)	SOC. MÁX (m)
Lado Derecho 		1	0.25	0.35
		2	0.50	
		3	0.35	
		4	0.40	
		5	0.15	
		6	0.15	
		7	0.20	
Lado Izquierdo 		1	0.10	0.30
		2	0.30	
		3	0.30	
		4	0.20	
		5	-	
		6	0.25	
		7	-	
OBSERVACIONES: PARA UN TR = 150 AÑOS				
TESISTAS			ASESOR	
 JOSÉ TENORIO			 CÉSAR VALDERA	
				

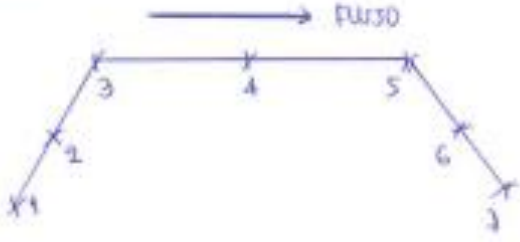
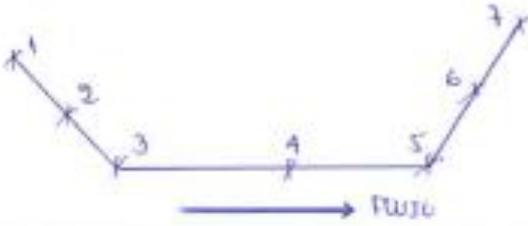



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - CAJAMARCA			
FICHA TÉCNICA			
ENSAVO:	MEDIDAS DE SOCAVACIÓN OBTENIDOS EN EL MODELO HIDRAULICO		
TESIS:	NIVELES DE SOCAVACIÓN MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN ESTRIBOS DE LOS PUENTES "EL CALLEJÓN, LA RINCONADA Y CHONTA", UBICADOS EN EL RÍO CHONTA - CAJAMARCA		
FECHA:	10/06/11	ASESOR:	ING. LUIS VASQUEZ RAMIREZ
UBICACIÓN:	PUENTE "LA RINCONADA"		

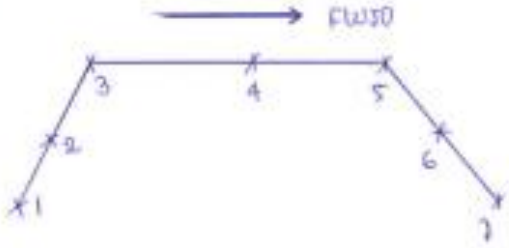




ESQUEMA	PTO Nº	SOCAV. (m)	SOCAV. MÁX (m)
Lado Derecho 	1	-	0.425
	2	0.30	
	3	0.425	
	4	0.36	
	5	-	
	6	0.15	
	7	-	
Lado Izquierdo 	1	-	0.20
	2	0.15	
	3	-	
	4	0.15	
	5	-	
	6	0.20	
	7	-	

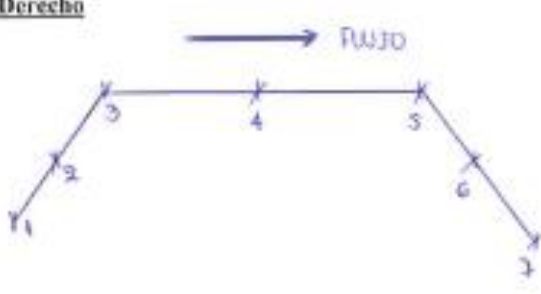
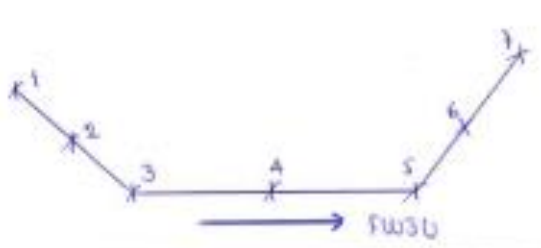



OBSERVACIONES:
 MODELAMIENTO PARA UN TR = 10 AÑOS, PARA CALIBRACIÓN.

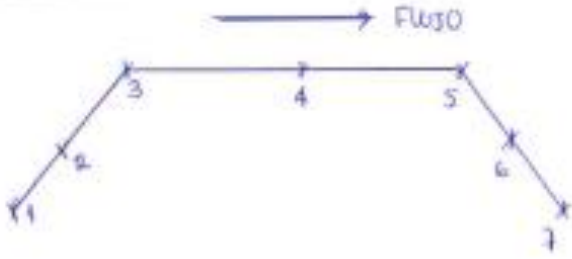
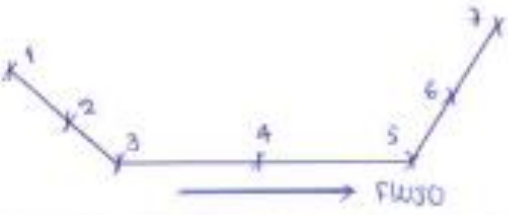



TESISTAS	ASESOR
 JOSÉ TENORIO	 CÉSAR VALDERA

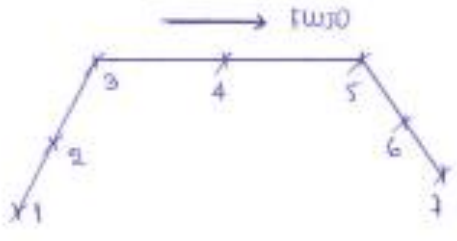
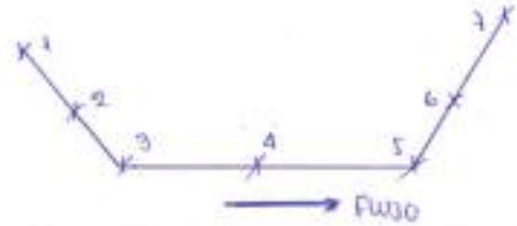


UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - CAJAMARCA			
FICHA TÉCNICA			
ENSAVO:	MEDIDAS DE SOCAVACIÓN OBTENIDOS EN EL MODELO HIDRAULICO		
TESIS:	NIVELES DE SOCAVACIÓN MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN ESTRIBOS DE LOS PUENTES "EL CALLEJÓN, LA RINCONADA Y CHONTA", UBICADOS EN EL RÍO CHONTA - CAJAMARCA		
FECHA:	06/06/19	ASESOR:	ING. LUIS VASQUEZ RAMIREL
UBICACIÓN:	PUENTE " EL CALLEJÓN "		
ESQUEMA	PTO N°	SOC. (m)	SOC. MÁX (m)
Lado Derecho 	1	-	0.60
	2	0.35	
	3	-	
	4	0.55	
	5	0.60	
	6	-	
	7	0.50	
Lado Izquierdo 	1	1.90	1.90
	2	-	
	3	1.15	
	4	-	
	5	1.10	
	6	-	
	7	1.16	
OBSERVACIONES: PARA UN TR = 10 AÑOS			
TESISTAS		ASESOR	
 JOSÉ TENORIO		 CÉSAR VALDERA	
			

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - CAJAMARCA			
FICHA TÉCNICA			
ENSAJO:	MEDIDAS DE SOCAVACIÓN OBTENIDOS EN EL MODELO HIDRAULICO		
TESIS:	NIVELES DE SOCAVACIÓN MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN ESTRIBOS DE LOS PUENTES "EL CALLEJÓN, LA RINCONADA Y CHONTA", UBICADOS EN EL RÍO CHONTA - CAJAMARCA		
FECHA:	06/06/19	ASESOR:	ING LUIS VAQUERO RAMIREZ
UBICACIÓN:	PUENTE " EL CALLEJON "		
ESQUEMA	PTO Nº	SOC. (m)	SOC. MÁX (m)
<p><u>Lado Derecho</u></p> 	1	-	0.60
	2	0.35	
	3	0.20	
	4	-	
	5	0.60	
	6	-	
	7	0.60	
<p><u>Lado Izquierdo</u></p> 	1	1.95	1.95
	2	-	
	3	1.35	
	4	-	
	5	1.20	
	6	-	
	7	1.10	
<p>OBSERVACIONES: PARA UN TR = 25 AÑOS</p>			
TESISTAS		ASESOR	
 JOSÉ TENORIO		 CÉSAR VALDEIRA	
			

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - CAJAMARCA			
FICHA TÉCNICA			
ENSAYO:	MEDIDAS DE SOCAVACIÓN OBTENIDOS EN EL MODELO HIDRAULICO		
TESIS:	NIVELES DE SOCAVACIÓN MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN ESTRIBOS DE LOS PUENTES "EL CALLEJÓN, LA RINCONADA Y CHONTA", UBICADOS EN EL RÍO CHONTA - CAJAMARCA		
FECHA:	06/06/19	ASESOR:	ING. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
UBICACIÓN:	PUENTE "EL CALLEJÓN"		
ESQUEMA	PTO N°	SOC. (m)	SOC. MÁX (m)
<p><u>Lado Derecho</u></p> 	1	-	0.72
	2	0.60	
	3	0.50	
	4	-	
	5	0.65	
	6	-	
	7	0.72	
<p><u>Lado Izquierdo</u></p> 	1	1.60	1.60
	2	-	
	3	1.30	
	4	-	
	5	1.10	
	6	-	
	7	1.00	
<p>OBSERVACIONES:</p> <p>PARA UN TR = 50 AÑOS</p>			
TESISTAS		ASESOR	
 JOSÉ TENORIO		 CESAR VALDERA	
			

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - CAJAMARCA			
FICHA TÉCNICA			
ENSAYO:	MEDIDAS DE SOCAVACIÓN OBTENIDOS EN EL MODELO HIDRAULICO		
TESIS:	NIVELES DE SOCAVACIÓN MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN ESTRIBOS DE LOS PUENTES "EL CALLEJÓN, LA RINCONADA Y CHONTA", UBICADOS EN EL RÍO CHONTA - CAJAMARCA		
FECHA:	06/06/19	ASESOR:	ING. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
UBICACIÓN:	PUENTE "EL CALLEJÓN"		
ESQUEMA	PTO N°	SOC. (m)	SOC. MÁX (m)
Lado Derecho 	1	0.30	0.78
	2	0.65	
	3	0.50	
	4	0.60	
	5	0.50	
	6	-	
	7	0.78	
Lado Izquierdo 	1	2.00	2.00
	2	-	
	3	1.46	
	4	-	
	5	1.20	
	6	-	
	7	1.10	
OBSERVACIONES: PARA UN TR: 100 AÑOS			
TESISTAS		ASESOR	
 JOSÉ TENORIO		 CESAR VALDERA	
			

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - CAJAMARCA			
FICHA TÉCNICA			
ENSAYO:	MEDIDAS DE SOCAVACIÓN OBTENIDOS EN EL MODELO HIDRAULICO		
TESIS:	NIVELES DE SOCAVACIÓN MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN ESTRIBOS DE LOS PUENTES "EL CALLEJÓN, LA RINCONADA Y CHONTA", UBICADOS EN EL RÍO CHONTA - CAJAMARCA		
FECHA:	06/06/19	ASESOR:	ING. LUIS VALDEZ RAMIREZ
UBICACIÓN:	PUENTE 'EL CALLEJÓN'		
ESQUEMA	PTO N°	SOCAV. (m)	SOCAV.MÁX (m)
<p><u>Lado Derecho</u></p> 	1	-	1.05
	2	0.68	
	3	-	
	4	0.60	
	5	0.70	
	6	0.15	
	7	1.05	
<p><u>Lado Izquierdo</u></p> 	1	2.00	2.00
	2	-	
	3	1.55	
	4	-	
	5	1.30	
	6	-	
	7	1.15	
<p>OBSERVACIONES:</p> <p>PARA UN TR = 150 AÑOS</p>			
TESISTAS		ASESOR	
 JOSÉ TENORIO		 CÉSAR VALDEZA	
			

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - CAJAMARCA			
FICHA TÉCNICA			
ENSAYO:	MEDIDAS DE SOCAVACIÓN OBTENIDOS EN EL MODELO HIDRAULICO		
TESIS:	NIVELES DE SOCAVACIÓN MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN ESTRIBOS DE LOS PUENTES "EL CALLEJÓN, LA RINCONADA Y CHONTA", UBICADOS EN EL RÍO CHONTA - CAJAMARCA		
FECHA:	10/06/11	ASESOR:	ING. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
UBICACIÓN:	PUENTE "EL CALLEJÓN"		
ESQUEMA	PTO N°	SOCAV. (m)	SOCAV. MÁX (m)
Lado Derecho 	1	-	0.60
	2	0.40	
	3	-	
	4	0.50	
	5	0.55	
	6	-	
	7	0.60	
Lado Izquierdo 	1	1.55	1.55
	2	0.15	
	3	1.05	
	4	-	
	5	1.00	
	6	-	
	7	1.38	
OBSERVACIONES: MODELAMIENTO PARA UN TR=10 AÑOS, PARA CALIBRACIÓN			
TESISTAS		ASESOR	
 JOSE TENORIO		 CESAR VALDERA	
		