

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“MODELAMIENTO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL RÍO
ÑAUPE PARA DETERMINAR LOS PARÁMETROS DE
SOCAVACIÓN Y NAME DEL NUEVO BADÉN QUERPÓN”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÍCOLA**

MIGUEL ANGEL BECERRA PEÑA

LIMA – PERÚ

2020

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

**“MODELAMIENTO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL RÍO ÑAUPE
PARA DETERMINAR LOS PARÁMETROS DE SOCAVACIÓN Y NAME
DEL NUEVO BADÉN QUERPÓN”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

Presentado por:

MIGUEL ANGEL BECERRA PEÑA

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

Mg. Sc. GUILLERMO CLEMENTE AGUILAR GIRALDO
Presidente

Mg. Sc. RICARDO APACLLA NALVARTE
Asesor

Mg. Sc. GONZALO RAMCÉS FANO MIRANDA
Miembro

Mg. Sc. JUVENAL VIVIANO GARCÍA ARMAS
Miembro

LIMA – PERU

2020

ÍNDICE GENERAL

I. PRESENTACIÓN	1
II. INTRODUCCIÓN	2
III. OBJETIVOS	3
3.1. Objetivo general.....	3
3.2. Objetivos específicos	3
IV. DESARROLLO DEL TRABAJO	4
4.1. Ubicación del badén Querpón.....	4
4.2. Problemática del badén Querpón	5
4.2.1. Antecedentes del badén Querpón	5
4.2.2. Magnitud del cauce principal del río Ñaupe.....	6
4.2.3. Evaluación funcional y estructural del badén Querpón	8
4.2.4. Geodinámica local en el badén Querpón	14
4.2.5. Funcionamiento del badén Querpón durante el FEN 2017	16
4.3. Estudio de la cuenca.....	18
4.3.1. Cartografía	18
4.3.2. Delimitación de cuencas	19
4.4. Estudio de la intensidad de la intensidad máxima pluviométrica	20
4.4.1. Elección de la información hidrometeorológica	20
4.4.2. Registro de precipitación máxima en 24 horas de la Est. Virrey.....	21
4.4.3. Verificación de hipótesis estadísticas básicas en las series estadísticas	22
4.4.4. Análisis estadístico y prueba de bondad de ajuste	27
4.4.5. Pruebas de bondad	28
4.4.6. Factor de ajuste de frecuencia.....	29
4.4.7. Curvas de intensidad-duración-frecuencia	30
4.4.8. Determinación del periodo de retorno	34
4.5. Estudio del caudal de diseño.....	35
4.5.1. Datos de entrada del Software HEC HMS	36
4.6. Modelamiento hidráulico	42
4.6.1. Pérdidas locales	42
4.6.2. Coeficientes de rugosidad.....	42
4.6.3. Corrida HEC - RAS	43

4.7.	Perforación diamantina	46
4.7.1.	Registro de perforación.....	47
4.8.	Análisis caudal – tránsito vial	49
4.9.	Resumen descriptivo del desarrollo del trabajo	51
4.9.1.	Solución de situaciones problemáticas presentados durante mi estancia en la empresa	51
4.9.2.	Competencias y habilidades adquiridas durante mi formación profesional para la contribución laboral	51
4.9.3.	Nivel de contribución en el centro laboral a partir de la solución de situaciones problemáticas	51
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	52
5.1.	Conclusiones	52
5.2.	Recomendaciones.....	55
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA Y CONSULTAS A PROFESIONALES .	56
VII.	ANEXOS	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Límites del badén Querpón (Km 131+790 – Km 132+000)	4
Tabla 2: Información cartográfica utilizada	18
Tabla 3: Parámetros fisiográficos de la cuenca	19
Tabla 4: Ubicación de la Estación Virrey.....	21
Tabla 5: Prueba de datos atípicos	24
Tabla 6: Prueba de datos atípicos sin el año 1991	25
Tabla 7: Prueba de datos atípicos sin los años 1991 y 1988.....	26
Tabla 8: Precipitaciones máximas en 24 horas.....	29
Tabla 9: Factor de ajuste de la frecuencia de observación diaria	29
Tabla 10: Precipitaciones máximas ajustadas en 24 horas	30
Tabla 11: Lluvias máximas (mm) – Estación Virrey	32
Tabla 12: Intensidades máximas (mm) – Estación Virrey	32
Tabla 13: Resultado del análisis de regresión – Estación Virrey	33
Tabla 14: Intensidades máximas (mm/hr) – Estación Virrey	33
Tabla 15: Valores de periodo de retorno - T (años)	35
Tabla 16: Periodos de retorno de diseño (años)	35
Tabla 17: Tiempo de retardo del hidrograma de Snyder	37
Tabla 18: Condición Hidrológica	39
Tabla 19: Número de Curva	41
Tabla 20: Caudales máximos.....	41
Tabla 21: Coeficiente de pérdidas locales	42
Tabla 22: Descripción litológica del sondaje P-01	47
Tabla 23: Descripción litológica del sondaje P-02.....	48
Tabla 24: Estimación de tirantes de flujo para eventos simulados.....	49
Tabla 25: Parámetros fisiográficos de la cuenca	52
Tabla 26: Precipitaciones máximas en 24 horas.....	53
Tabla 27: Caudales máximos.....	53
Tabla 28: Resultado del modelamiento con HEC-HMS del badén Querpón	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Accesibilidad a la zona de estudio desde Lima.....	4
Figura 2: Vista en planta del badén proyectado en el 2005.....	5
Figura 3: Sección típica del badén proyectado en el 2005	6
Figura 4: Sección del badén proyectado en el 2012	6
Figura 5: Cauce generado del 2007 en el badén Querpón.....	7
Figura 6: Cauce generado del 2016 en el badén Querpón.....	7
Figura 7: Cauce generado del 2017 en el badén Querpón.....	8
Figura 8: Vista aguas abajo del río Ñaupe.....	9
Figura 9: Vista aguas arriba del río Ñaupe	9
Figura 10: Muro de Gaviones colapsados	10
Figura 11: Batería de alcantarillas de 4 vamos de TMC de 60” (km 131+610).....	11
Figura 12: Batería de alcantarillas de 5 vamos de TMC de 60” (km 131+990).....	11
Figura 13: Vista de colapso de losas de concreto del badén	12
Figura 14: Evidencia de la turbulencia del cauce aguas arriba del badén	12
Figura 15: Vista del flujo de la quebrada Querpón	13
Figura 16: Vista de la activación de la quebrada Querpón.....	13
Figura 17: Unidad geológica del sector inestable, aguas arriba	14
Figura 18: Socavación progresiva del margen derecho.....	15
Figura 19: Socavación progresiva del margen izquierdo	15
Figura 20: Noticia del diario La República	17
Figura 21: Noticia de RPP Noticias.....	18
Figura 22: Delimitación de la cuenca.....	19
Figura 23: Polígono de Thiessen para las Estaciones Virrey-Morropón-Huarmaca.....	20
Figura 24: Ubicación de la Estación Virrey	21
Figura 25: Registro histórico de precipitaciones máximas en 24 horas - Estación Virrey..	22
Figura 26: Valores Kn para la prueba de datos atípicos	23
Figura 27: Curva Intensidad – Duración – Frecuencia – Estación Virrey.....	34
Figura 28: Valores del número de curva (CN)	38
Figura 29: Valores del número de curva (CN)	43
Figura 30: Vista de perfil del NAME	44
Figura 31: Vista frontal del Name en el inicio del badén.....	44

Figura 32: Vista frontal del Name en el inicio del badén.....	45
Figura 33: Vista frontal de la socavación del badén.....	45
Figura 34: Vista perfil de la socavación del badén.....	46
Figura 35: Perfil hidráulico del río Ñaupe en el badén Querpón.....	49
Figura 36: Niveles sobre el badén Querpón y su relación con un vehículo pesado	50
Figura 37: Vista frontal del Name en el inicio del badén.....	53
Figura 38: Vista frontal del Name en el inicio del badén.....	54
Figura 39: Vista frontal de la socavación del badén.....	54
Figura 40: Data de precipitaciones máximas en 24 horas – SENAMHI (1986-1989).....	58
Figura 41: Data de precipitaciones máximas en 24 horas – SENAMHI (1991-2008).....	59
Figura 42: Data de precipitaciones máximas en 24 horas – SENAMHI (2009-2011).....	60
Figura 43: Data de precipitaciones máximas en 24 horas – SENAMHI (2016-2018).....	61
Figura 44: Modelo hidrológico de la cuenca	62
Figura 45: Hidrograma de máxima avenida para un periodo de retorno de 70 años – Querpón (Parte Alta).....	63
Figura 46: Hidrograma de máxima avenida para un periodo de retorno de 70 años – Querpón (Parte Baja)	63
Figura 47: Hidrograma de máxima avenida para un periodo de retorno de 70 años – Querpón (Ñaupe)	64
Figura 48: Hidrograma de máxima avenida para un periodo de retorno de 140 años – Querpón (Parte Alta).....	64
Figura 49: Hidrograma de máxima avenida para un periodo de retorno de 140 años – Querpón (Parte Baja)	65
Figura 50: Hidrograma de máxima avenida para un periodo de retorno de 140 años – Querpón (Ñaupe)	65
Figura 51: Hidrograma de máxima avenida para un periodo de retorno de 500 años – Querpón (Parte Alta).....	66
Figura 52: Hidrograma de máxima avenida para un periodo de retorno de 500 años – Querpón (Parte Baja)	66
Figura 53: Hidrograma de máxima avenida para un periodo de retorno de 500 años – Querpón (Ñaupe)	67
Figura 54: Resumen de la corrida con el HEC-HMS – TR 70 años – Querpón (Parte Alta)	67

Figura 55: Resumen de la corrida con el HEC-HMS – TR 70 años – Querpón (Parte Baja).....	68
Figura 56: Resumen de la corrida con el HEC-HMS – TR 70 años – Querpón (Ñaupe)....	68
Figura 57: Resumen de la corrida con el HEC-HMS – TR 140 años – Querpón (Parte Alta)	69
Figura 58: Resumen de la corrida con el HEC-HMS – TR 140 años – Querpón (Parte Baja).....	69
Figura 59: Resumen de la corrida con el HEC-HMS – TR 140 años – Querpón (Ñaupe)..	70
Figura 60: Resumen de la corrida con el HEC-HMS – TR 500 años – Querpón (Parte Alta)	70
Figura 61: Resumen de la corrida con el HEC-HMS – TR 500 años – Querpón (Parte Baja).....	71
Figura 62: Resumen de la corrida con el HEC-HMS – TR 500 años – Querpón (Ñaupe)..	71
Figura 63: Pantalla donde se ingresa la data para el HEC-RAS.....	72
Figura 64: Geometría del cauce del río Ñaupe	73
Figura 65: Data del flujo calcula en el HEC-HMS.....	73
Figura 66: Perfil del eje del río.....	74
Figura 67: Vista del cauce con flujo del río Ñaupe	74
Figura 68: Corrida Hec-Ras.....	75
Figura 69: Corrida Hec-Ras.....	76
Figura 70: Corrida Hec-Ras.....	77
Figura 71: Corrida Hec-Ras.....	78

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Plano de cuenca Querpón	57
Anexo 2: Data SENAMHI.....	58
Anexo 3: Cálculos HEC-HMS	62
Anexo 4: Cálculos HEC-RAS y socavación.....	72

I. PRESENTACIÓN

Como bachiller en Ing. Agrícola me he desempeñado como asistente y responsable de diferentes tipos de estudios de infraestructura vial para el MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones), en la especialidad de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, también he adoptado y mejorado conocimientos propios sobre las demás especialidades como son: Tráfico, Topografía y Diseño Geométrico; Geología y Geotecnia; Estructuras y Obras de Arte; Suelos y Pavimentos; Metrados, Costos y Presupuestos.

Las funciones desempeñadas para un estudio de infraestructura vial, requiere del reconocimiento de campo, donde se evidencian los problemas de la vía. Para la buena realización se requiere conocimientos aprendidos en los cursos de Fundamentos de Suelos y Plantas y Geología y Geotecnia, ello ayuda a interpretar el tipo de suelo y roca, las cárcavas y la estratigrafía. También estudios de Mecánica de Fluidos, Hidrología, Hidráulica y Estructuras Hidráulicas, para la buena interpretación del sentido, tipo y dinámica de flujo, morfología del cauce aguas arriba y abajo, huella hídrica, estado de la estructura hidráulica (alcantarilla, badén, puente, cuneta, etc.), erosión, colmatación y sedimentación.

En gabinete, se aplica conocimientos adquiridos en los cursos de Topografía, Hidrología, Hidráulica y Estructuras Hidráulicas, para el desarrollo de delimitación de la cuenca, cálculo de parámetros fisiográficos, intensidades de lluvias máximas, caudal, socavación, tirante; esviaje, proyección y/o reemplazo de estructuras hidráulicas, limpieza de cauce aguas arriba y abajo. Para la realización de los cálculos se usaron *softwares* como: Hydrognomon, Arc Gis, HEC-HMS, HEC-RAS, HY-8, HydroCulv y HCanales, al igual de plantillas realizadas en Excel y para la realización de los planos de planta, perfil, secciones y detalles se usaron los *softwares* de: ArcGis, AutoCAD y Civil 3D. Con todos los cálculos y planos desarrollados se procede a hacer el informe del estudio solicitado por el MTC.

En todo el proceso del estudio se llevaron a cabo reuniones con los especialistas del ministerio para la absolución de observaciones y comentarios, hasta llegar a un entendimiento y conformidad por ambas partes hasta la aprobación del estudio.

II. INTRODUCCIÓN

La presente monografía, abarca dos aspectos importantes que se dan en nuestro país, uno es el entendimiento del comportamiento del fenómeno del Niño Costero (FEN) y como afecta a las obras viales, el otro, es el criterio para proyectar mejores obras teniendo en cuenta la geomorfología externa, el tipo de suelo y las precipitaciones extraordinarias.

El Estado Peruano mediante Decreto Supremo N.º 035-2017-PCM de fecha 29/03/17, declara Estado de Emergencia Nacional los departamentos de Piura y Lambayeque, por desastre de gran magnitud, a consecuencia de intensas lluvias, por un plazo de sesenta (60) días calendario. La denominación dada fue fenómeno del Niño Costero el cual se da con más frecuencia debido al cambio climático en el que vivimos.

A raíz del Niño Costero con el fin de liderar los esfuerzos de la reconstrucción con cambios en mayo del 2017, el Congreso aprobó el Proyecto de Ley N.º 1249-2016-PE enviado por el Ejecutivo, el mismo que establece un régimen normativo excepcional orientado a facilitar la coordinación entre los distintos niveles de gobierno, y expeditar la ejecución de las obras con la finalidad de restituir el bienestar perdido a los ciudadanos. Con la emisión de la Ley N.º 30556 se establece la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios (RCC), cuya misión principal es liderar el diseño, ejecución y supervisión de un plan integral para la rehabilitación, reposición, reconstrucción y construcción de la infraestructura de uso público comprometida como consecuencia de El Niño Costero.

La monografía está centrada en la realización del modelamiento hidrológico de la cuenca del río Ñaupe para la proyección de una estructura hidráulica en reemplazo del badén Querpón, el cual colapsó debido al FEN 2017. El badén ha presentado colapsos en su estructura debido a fenómenos hidrológicos pasados, por ende, es necesario el desarrollo del modelamiento hidrológico de la cuenca del río Ñaupe, para determinar el caudal en sus diferentes periodos de retorno, la socavación y la huella hídrica, todo ello nos llevará a un mejor entendimiento de la problemática en el badén y así proyectar un nuevo badén Querpón para la buena transitabilidad vial.

III. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Realizar el modelamiento hidrológico e hidráulico de la cuenca del río Ñaupe para determinar los parámetros de socavación y name, caso confluencia Ñaupe-Querpón.

3.2. Objetivos específicos

Como objetivos específicos para el cumplimiento del Objetivo General, se tienen los siguientes:

- Procesar el modelamiento de elevación digital para delimitar la cuenca, caso confluencia Ñaupe-Querpón.
- Realizar el análisis estadístico de las precipitaciones máximas anuales en 24 horas para determinar las precipitaciones máximas a diferentes tiempos de retorno.
- Realizar el modelamiento hidrológico de la cuenca, para el cálculo del caudal a 70 y 500 años de tiempo de retorno.
- Realizar el modelamiento hidráulico de la confluencia Ñaupe-Querpón para determinar la altura de socavación y el name (nivel de agua máxima extraordinaria).

IV. DESARROLLO DEL TRABAJO

4.1. Ubicación del badén Querpón

El badén Querpón se ubica al norte del departamento de Lambayeque, la accesibilidad a partir de Lima es rumbo a Chiclayo (780 Km.), desde ahí hasta el distrito de Olmos por la antigua panamericana norte (100 Km.), luego continúa por una la misma panamericana (40.3 Km) hasta llegar al badén, el tiempo estimado es de 14 a 15 horas en auto. En la Tabla 1 se muestra las coordenadas UTM de la ubicación del badén. La progresiva es respecto a la antigua panamericana norte.

Tabla 1:

Límites del badén Querpón (Km 131+790 – Km 132+000)

Punto	Progresiva (km)	Coordenadas	
		Norte	Este
Inicio	131+790	9372742.839	624222.127
Fin	132+000	9372914.662	624101.392



Figura 1:

Accesibilidad a la zona de estudio desde Lima

FUENTE: Google Maps

4.2. Problemática del badén Querpón

4.2.1. Antecedentes del badén Querpón

Se revisaron antecedentes del badén Querpón y se evidenció la realización de trabajos de prevención y colapsos por erosión en al menos dos etapas anteriores, los estudios datan del 2005, se encontró antecedentes en la biblioteca del MTC con el nombre de Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Nacional – Provias Nacional – Unidad Zonal II Lambayeque en el cual se observa la proyección de un badén de 97 metros de longitud con uñas de 1,20 metros; otro antecedente, del 2012, fue información obtenida de la concesionaria IIRSA Norte, el badén tenía una longitud de 210 metros con una sección tipo cajón de 2 metros de alto y rellenos de rocas de diámetro promedio de 1 metro la cual fue colapsada por el fenómeno del Niño Costero del 2017. Las obras de prevención consistieron en protección con gaviones y diques de encauzamiento, pero siempre manteniendo la solución de badén.

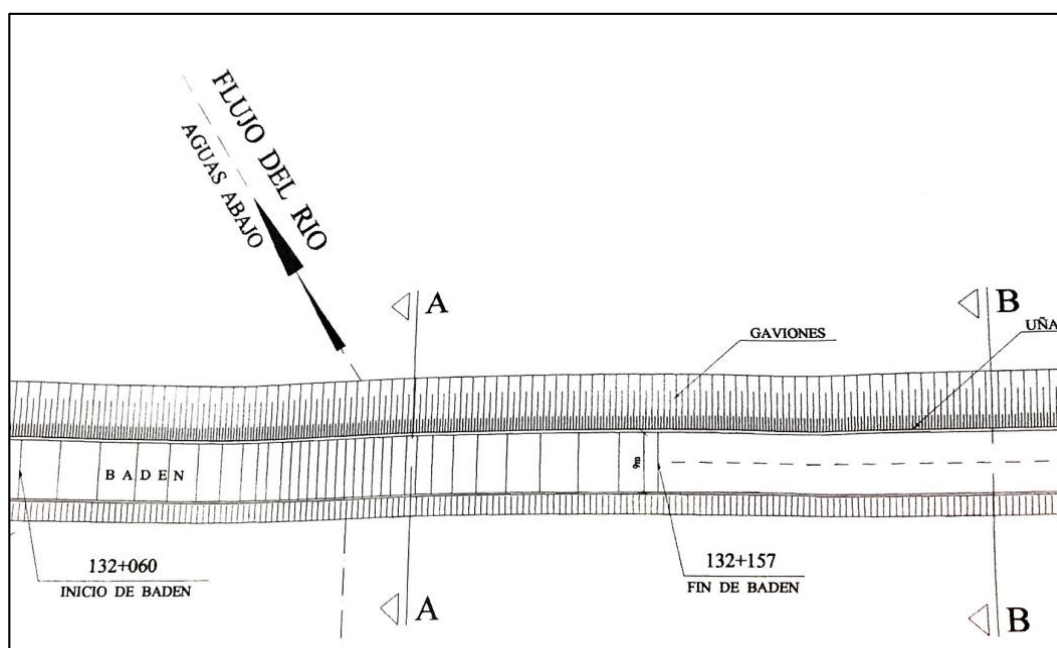


Figura 2:

Vista en planta del badén proyectado en el 2005

FUENTE: Proyecto especial de infraestructura de transporte nacional -PROVIAS NACIONAL – Unidad zonal II Lambayeque

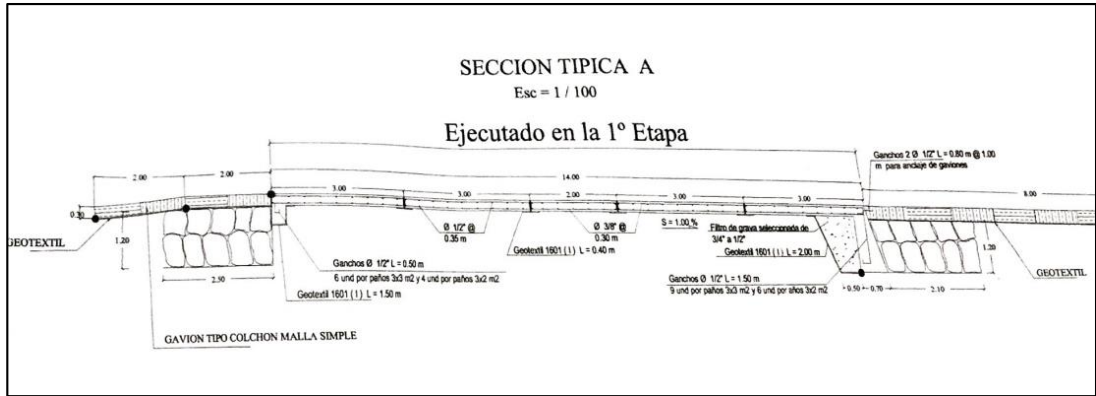


Figura 3:

Sección típica del badén proyectado en el 2005

FUENTE: Proyecto especial de infraestructura de transporte nacional -PROVIAS NACIONAL – Unidad zonal II Lambayeque



Figura 4:

Sección del badén proyectado en el 2012

4.2.2. Magnitud del cauce principal del río Ñaupe

Se ha recurrido a las imágenes históricas del Google Earth donde se ha marcado la silueta del Badén Querpón cuya longitud total es de 210 m aproximadamente, véase imagen siguiente en color celeste.

El ancho total de la quebrada es de 528 m aproximadamente y está delimitada por el color claro propio de la arena fina que cubre el cauce principal. Nótese que el badén cubre una fracción del ancho total.

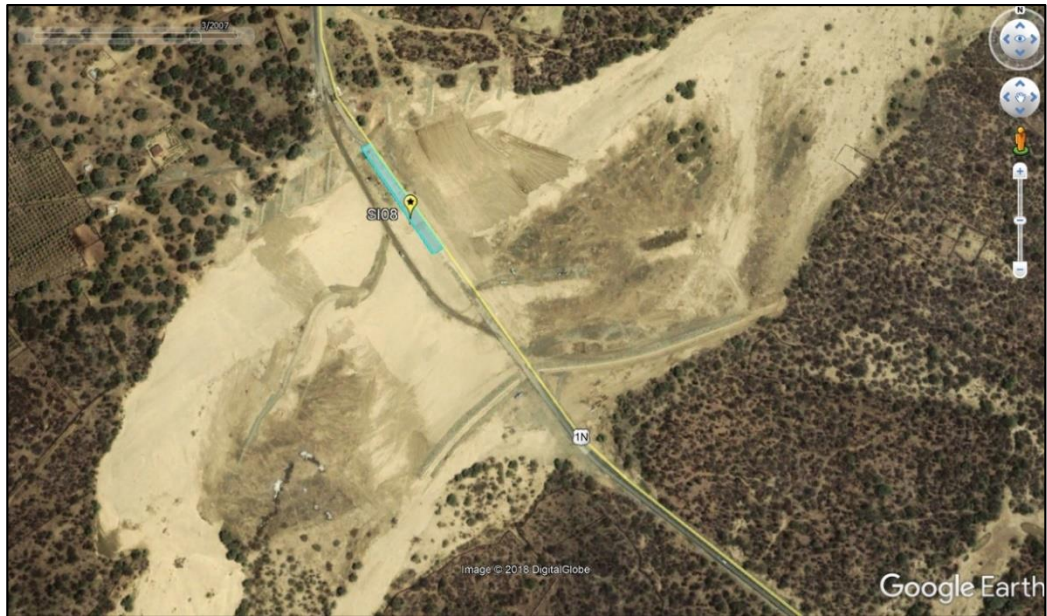


Figura 5:

Cauce generado del 2007 en el badén Querpón

FUENTE: Google Earth



Figura 6:

Cauce generado del 2016 en el badén Querpón

FUENTE: Google Earth

En la segunda imagen de la quebrada se puede apreciar que la vegetación arbustiva ha crecido en las márgenes y las obras de encauzamiento generaron que el cauce se reduzca en ancho, profundizando la parte central de la quebrada, este fenómeno se denomina erosión por contracción del cauce.



Figura 7:
Cauce generado del 2017 en el badén Querpón

La contracción del cauce ha sido brusca reduciéndose de 528 m a solamente 210 m lo que representa la cerca de la tercera parte de su ancho original, como consecuencia el badén o cualquier estructura quedarán expuestas a un intenso fenómeno de erosión o socavación. La principal conclusión del análisis de la contracción brusca de la quebrada es que cualquier solución definitiva requiere necesariamente una cimentación profunda.

4.2.3. Evaluación funcional y estructural del badén Querpón

Luego de fenómeno El Niño del año 1997 – 1998 el siguiente evento extraordinario ha sido el denominado FEN 2017, durante los meses de febrero y marzo las intensas y extraordinarias precipitaciones pluviales generaron el aumento del caudal del río Ñaupe que terminaron por erosionar el cauce colapsando la estructura tipo badén, así como sus protecciones transversales ejecutadas como obras de prevención. Además del efecto de la acción hidráulica, cabe señalar la acción del impacto de sólidos y sedimentos que arrastró el río causando el daño hasta su colapso tanto de badén de concreto armado, así como de sus

defensas paralelas al mismo.



Figura 8:

Vista aguas abajo del río Ñaupe

Como se puede apreciar en la figura 8, la parte aguas abajo del badén ha sido erosionada, quedando un desnivel de aproximadamente 2 m, luego del proceso de erosión inicial y sedimentación final que se da al término de la época de avenidas.



Figura 9:

Vista aguas arriba del río Ñaupe

El nivel de la cimentación del badén ha quedado por encima del nivel actual del terreno luego del Niño Costero 2017. Las losas del badén han sido destruidas desde la progresiva Km 131+803 al Km 131+870, es decir en una longitud de 67 m, que es el fondo de losa del badén, lo que demuestra que la longitud ha sido insuficiente.

Se evidenció cerca de la estructura del badén, la existencia de muro gavión dispuesto como protección a la vía en condiciones de deterioro y sin ninguna función estructural, encontrándose enterradas por sedimentos y bloques debido al desgaste e impacto que producen las partículas sólidas acarreadas por los flujos.



Figura 10:
Muro de Gaviones colapsados

Muy cercanas al badén de estructura armada, se evidenciaron baterías de alcantarillas tipo TMC de 60'', ubicadas en el km 131+610 de 4 vanos y en el km 131+990 de 5 vanos las cuales se encontraron en buenas condiciones estructurales y funcionales, sin embargo, al tener un cauce ancho y no definido surge la necesidad de proyectar obras de arte, que permitan conducir los flujos, nótese en las figuras 11 y 12.



Figura 11:

Batería de alcantarillas de 4 vamos de TMC de 60” (km 131+610)



Figura 12:

Batería de alcantarillas de 5 vamos de TMC de 60” (km 131+990)

A continuación, apreciaremos fotos de como fue el avance del flujo del río Ñaupe en el badén Querpón iniciándose con erosión lateral aguas arriba y terminándola por colapsar e interrumpir la transitabilidad vial, al igual que el peligro para sus peatones.



Figura 13:

Vista de colapso de losas de concreto del badén



Figura 14:

Evidencia de la turbulencia del cauce aguas arriba del badén



Figura 15:
Vista del flujo de la quebrada Querpón



Figura 16:
Vista de la activación de la quebrada Querpón

En conclusión, la estructura tipo badén no tuvo capacidad hidráulica suficiente para conducir el flujo y resistir la acción hidráulica, las malas condiciones de cimentación sobre suelo blando y erosionable resultaron en una condición muy desfavorable y vulnerable.

4.2.4. Geodinámica local en el badén Querpón

La zona de estudio evaluada se caracteriza por presentar un cauce llano, con pendiente de 0° - 3° , con escasa cobertura vegetal conformado por depósitos aluviales recientes como antiguos de arenas, limos y finos (SM). Geomorfológicamente se observa que la zona se encuentra sobre una superficie casi plana con ligeras ondulaciones sin cauces definidas que permitan dirigir los flujos generados en épocas de mayor caudal, como lo fue durante el FEN 2017.



Figura 17:

Unidad geológica del sector inestable, aguas arriba

Estos depósitos que yacen en la zona de estudio, se caracterizan físicamente por ser inconsolidados, de muy baja a nula plasticidad, las cuales fueron transportados por flujos de agua con dirección NE – SW perpendicularmente a la vía, generando daños a las obras de protección. Tal como se observa en las figuras 18 y 19, la acción erosiva de los flujos que se da en los márgenes del río Ñaupe ha ido socavando progresivamente a tal punto de ir ensanchando su cauce cada vez más aún, durante temporadas extraordinarias como las que sucedieron durante el FEN 2017.



Figura 18:
Socavación progresiva del margen derecho



Figura 19:
Socavación progresiva del margen izquierdo

4.2.5. Funcionamiento del badén Querpón durante el FEN 2017

Las afectaciones al funcionamiento del Badén Querpón ocasionadas por El Niño Costero 2017 se pueden resumir en los siguientes puntos:


- El corte del tránsito vehicular, con afectaciones a los usuarios por las demoras en varias ocasiones.
- Pérdida de la estructura existente, colapso del badén.
- Pérdidas de la propiedad privada, vehículos dañados, carga de productos perecibles, desabastecimiento de productos de primera necesidad.
- Exposición al peligro de los usuarios que intentan cruzar la quebrada.
- El vertedero formado por el badén resultó en una erosión a aguas abajo ocasionando exposición estructuras tales como los cables de fibra óptica que corren paralelos a la carretera Panamericana Norte.

A continuación, se presentan algunas noticias del badén Querpón de marzo de 2017.

SOCIEDAD

Chofer desaparece en las turbulentas aguas del río Seco al cruzar badén

 Compartir en Facebook

 Compartir en Twitter



Olmos. Camión fue arrastrado por quebrada Querpón.

Figura 20:

Noticia del diario La República

FUENTE: Diario La República, 25 de marzo de 2017

“Debido a la crecida de las aguas de la quebrada Querpón Badén una cámara frigorífica fue arrasada por las aguas de dicha quebrada a la altura del km 132 el vehículo de placa P3J 859; según el conductor que se identificó como Juan Castillo quien venía procedente de Paita y a la 1 de la madrugada cruzó las aguas y debido a que estaban crecidas perdió el control.”



Figura 21:

Noticia de RPP Noticias

FUENTE: RPP Noticias, 03 de marzo de 2017

“La torrencial lluvia que cayó durante casi toda la noche originó el incremento del caudal de la quebrada Querpón, el badén quedó colapsado y decenas de vehículos quedaron varados.”

4.3. Estudio de la cuenca

4.3.1. Cartografía

Para las delimitaciones de las cuencas hidrográficas y de acuerdo con la ubicación geográfica del proyecto se emplearon hojas de las cartas nacionales, obtenidas del Instituto Geográfico Nacional (IGN) a escala 1:100 000.

Tabla 2:

Información cartográfica utilizada

Denominación	Hoja	Escala
12-d	Olmos	1: 100 000

FUENTE: INGEMMET

4.3.2. Delimitación de cuencas

Para la delimitación de las cuencas hasta la ubicación del badén, se usó el programa ArcGis mediante su herramienta Hydrology con el fin de obtener los parámetros necesarios de la cuenca para calcular las avenidas de diseño.

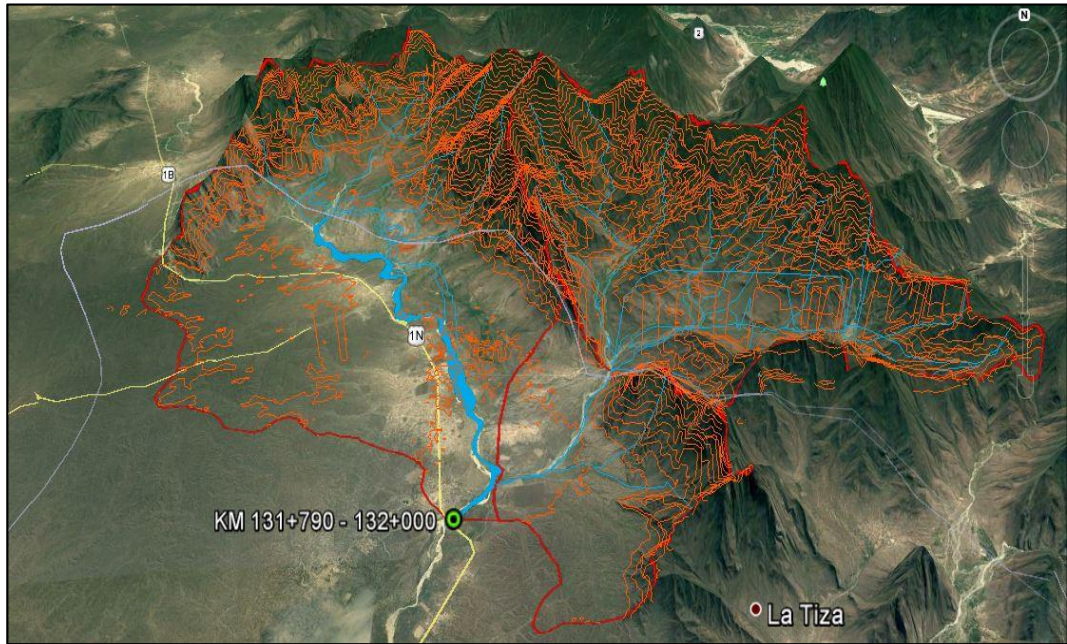


Figura 22:
Delimitación de la cuenca

En la siguiente tabla se muestra los parámetros geomorfológicos de la cuenca en estudio:

Tabla 3:
Parámetros fisiográficos de la cuenca

Tramo	Progresiva	Coordenadas UTM		Estructura	Subcuencas	Perímetro (m)	Área (km ²)	L (millas)
		Este	Norte					
					Ñaupe	62463.24	178.616	16.14
Tramo 5	131+790 - 132+000	624165	9372806	Badén	Querpón Bajo	27070.09	33.619	3.32
					Querpón Alto	50827.63	112.640	8.23

El área, perímetro y longitud del cauce principal en millas es calculado con el *software* Arc Gis, estos parámetros nos ayudarán a calcular el caudal hidrológico de la quebrada Querpón. En el Anexo 1, se muestra el plano de la cuenca.

4.4. Estudio de la intensidad de la intensidad máxima pluviométrica

4.4.1. Elección de la información hidrometereológica

Para la elección de la estación hidrometereológica se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

- Distancia de la estación a la zona de estudio
- Altitud y cobertura vegetal donde se encuentra la estación y la zona de estudio
- La ubicación de la estación respecto a la cordillera de los andes
- Confirmación de la data existente y verificada por el SENAMHI
- Realización en el ArcGis con su herramienta Analysis Tools – Proximity -Create Thiessen Poligons

A continuación, se presenta el resultado del Polígono de Thiessen, para ver la influencia de las estaciones cercanas (Estación Huarmaca, Estación Morropón y Estación Virrey) a la cuenca a estudiar.

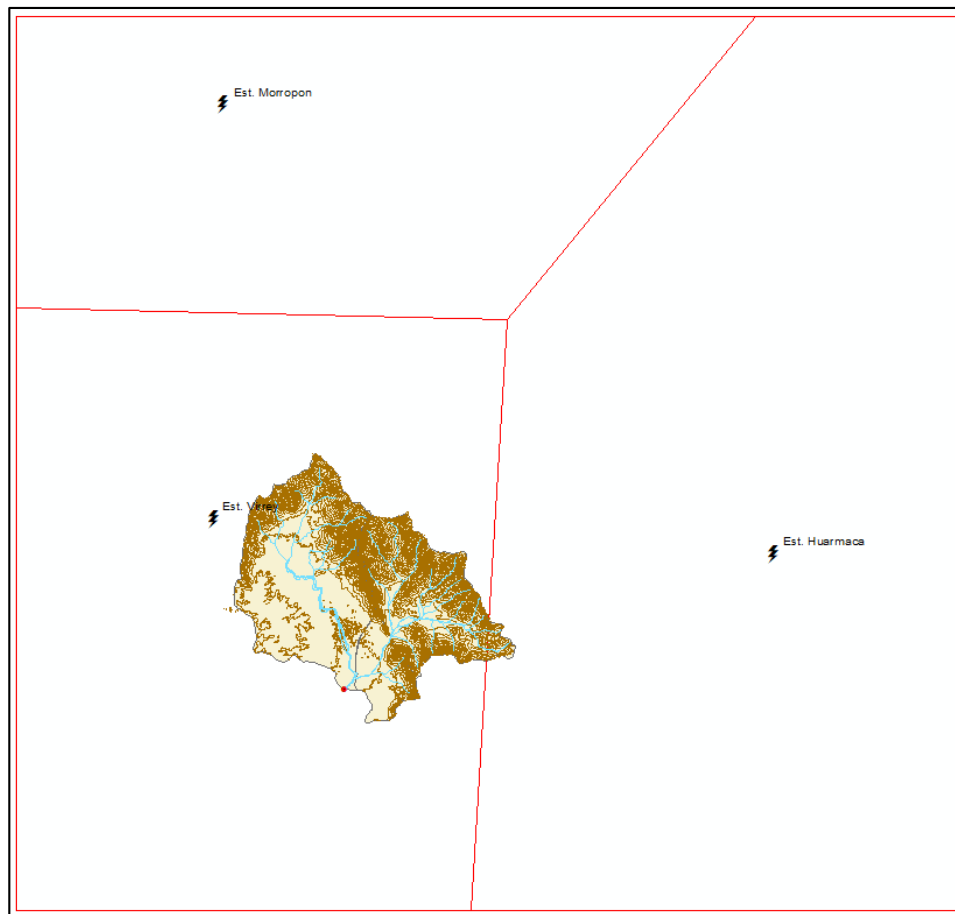


Figura 23:

Polígono de Thiessen para las Estaciones Virrey-Morropón-Huarmaca

Ya habiendo considerado estos criterios se eligió la Estación Meteorológica Virrey, los registros de precipitación máxima en 24 horas recopilada han sido proporcionados por el SENAMHI, la ubicación de la estación se detalla en la Tabla 4 y en el Anexo 2 se adjuntan los registros originales.

Tabla 4:

Ubicación de la Estación Virrey

Estación	Departamento	Provincia	Distrito	Latitud S.	Longitud W.	Altitud (msnm)
Virrey	Lambayeque	Lambayeque	Olmos	5°34´	79°58´	264

En la siguiente figura se muestra la ubicación de la estación pluviométrica respecto a la zona de estudio.



Figura 24:

Ubicación de la Estación Virrey

4.4.2. Registro de precipitación máxima en 24 horas de la Est. Virrey

Según los registros históricos de precipitación máxima en 24 horas de la Est. Virrey (SENAMHI), se observa picos de 330.00 mm, 230.70 mm y de 155.10 mm para los años 2012 ,1998 y 2017, respectivamente.

Considerándose al año de 2012 como el más intenso de los tres eventos ocurridos con mayor

precipitación, dándole el termino de lluvias extraordinarias, el cual activó la quebrada generando incremento de caudal considerable en los cursos de agua.

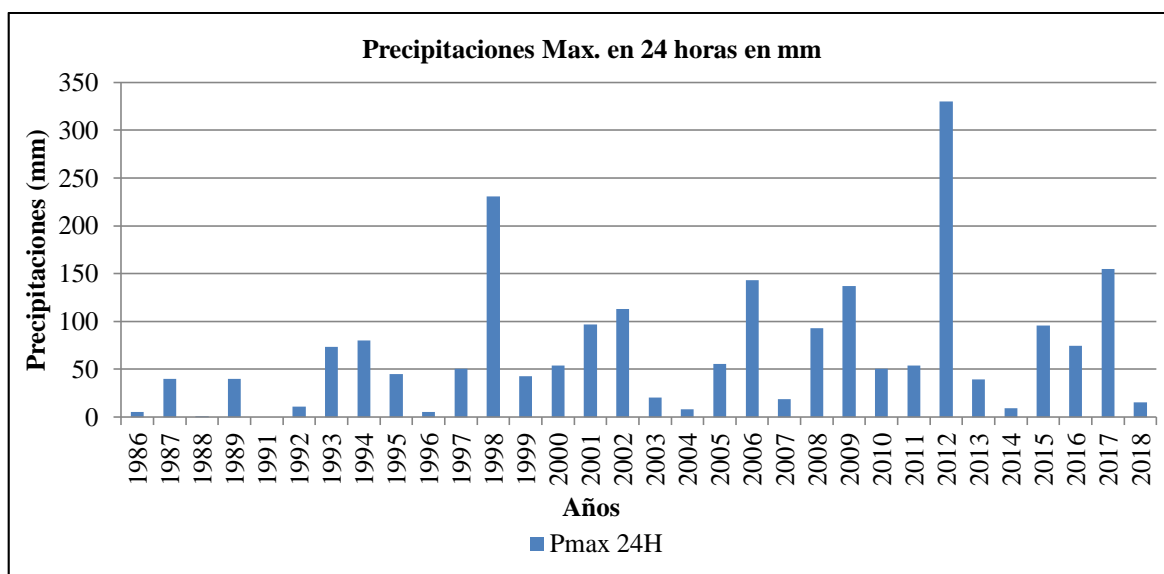


Figura 25:

Registro histórico de precipitaciones máximas en 24 horas - Estación Virrey

4.4.3. Verificación de hipótesis estadísticas básicas en las series estadísticas

En este capítulo se desarrollan la verificación que se realiza a cada una de las series de las precipitaciones máximas en 24 horas, para garantizar que la muestra de la que partimos es representativa, es decir describe las características generales de la población a la que pertenece, y que a la misma se le puede aplicar la estadística inferencial. La verificación es:

- Detección de datos Atípicos en la serie.

Los “datos atípicos” son definidos como registros que se alejan significativamente de la tendencia observada en la muestra (suponiendo que se encuentra normalmente distribuidos). La retención o eliminación de estos datos puede afectar significativamente la magnitud de los parámetros estadísticos, especialmente en muestras pequeñas.

La metodología para la detección de los datos atípicos consiste en el análisis de las series históricas de datos correspondientes a precipitaciones máximas en 24hr. De la determinación de la media (\bar{y}) y la desviación estándar (S_y), mediante la ecuación de frecuencia:

$$y_H = \bar{y} + k_n * S_y; \quad P_H = 10^{y_H}$$

$$y_L = \bar{y} - k_n * S_y; \quad P_L = 10^{y_L}$$

Dónde:

YH: Umbral superior para datos dudosos en unidades logarítmicas

YL: Umbral inferior para datos dudosos en unidades logarítmicas

\bar{y} : Promedio de los logaritmos de las precipitaciones máximas

SY: Desviación estándar de los logaritmos de las precipitaciones máximas

Kn: Es un valor que depende del tamaño de la muestra

PH: Umbral superior para datos dudosos en milímetros

PL: Umbral inferior para datos dudosos en milímetros.

Tamaño de muestra	Kn	Tamaño de muestra	Kn	Tamaño de muestra	Kn	Tamaño de muestra	Kn
10	2,036	24	2,467	38	2,661	60	2,837
11	2,088	25	2,486	39	2,671	65	2,866
12	2,134	26	2,502	40	2,682	70	2,893
13	2,175	27	2,519	41	2,692	75	2,917
14	2,213	28	2,534	42	2,700	80	2,940
15	2,247	29	2,549	43	2,710	85	2,961
16	2,279	30	2,563	44	2,719	90	2,981
17	2,309	31	2,577	45	2,727	95	3,000
18	2,335	32	2,591	46	2,736	100	3,017
19	2,361	33	2,604	47	2,744	110	3,049
20	2,385	34	2,616	48	2,753	120	3,078
21	2,408	35	2,628	49	2,76	130	3,104
22	2,429	36	2,639	50	2,768	140	3,129
23	2,448	37	2,65	55	2,804		

Figura 26:

Valores Kn para la prueba de datos atípicos

FUENTE: U.S Water Resources Council, 1981. Tabla de valores de kn para una distribución normal

Si los logaritmos de los valores en una muestra son mayores que YH (Umbral superior) entonces se considera como datos atípicos altos, análogamente en el caso de ser menores que YL (Umbral inferior) serán tomados como datos atípicos bajos.

Tabla 5:***Prueba de datos atípicos***

N°	Año	Prec.Max	Log (max)	Condición
		24hr		
1	1986	5.50	0.740	Ok
2	1987	40.00	1.602	Ok
3	1988	1.00	0.000	Ok
4	1989	40.00	1.602	Ok
5	1991	0.00	0.000	Incorrecto
6	1992	10.80	1.033	Ok
7	1993	73.50	1.866	Ok
8	1994	80.30	1.905	Ok
9	1995	44.80	1.651	Ok
10	1996	5.30	0.724	Ok
11	1997	50.50	1.703	Ok
12	1998	230.70	2.363	Ok
13	1999	42.70	1.630	Ok
14	2000	53.60	1.729	Ok
15	2001	97.10	1.987	Ok
16	2002	113.20	2.054	Ok
17	2003	20.60	1.314	Ok
18	2004	8.10	0.908	Ok
19	2005	55.70	1.746	Ok
20	2006	143.40	2.157	Ok
21	2007	18.70	1.272	Ok
22	2008	92.90	1.968	Ok
23	2009	137.30	2.138	Ok
24	2010	50.70	1.705	Ok
25	2011	54.00	1.732	Ok
26	2012	330.00	2.519	Ok
27	2013	39.50	1.597	Ok
28	2014	9.50	0.978	Ok
29	2015	95.70	1.981	Ok
30	2016	74.40	1.872	Ok
31	2017	155.10	2.191	Ok
32	2018	15.50	1.190	Ok
		Promedio	1.558	
		Desv. Est.	0.608	
		YH (Lim Sup)	3.132	
		YL (Lim Inf)	-0.016	

De la prueba de detección de datos atípicos realizada a la Estación Virrey, se encontró un valor atípico (año 1991); por ello se procedió a hacer nuevamente el análisis.

Tabla 6:***Prueba de datos atípicos sin el año 1991***

N°	Año	Prec.Max	Log (max)	Condición
		24hr		
1	1986	5.50	0.740	Ok
2	1987	40.00	1.602	Ok
3	1988	1.00	0.000	Incorrecto
4	1989	40.00	1.602	Ok
5	1992	10.80	1.033	Ok
6	1993	73.50	1.866	Ok
7	1994	80.30	1.905	Ok
8	1995	44.80	1.651	Ok
9	1996	5.30	0.724	Ok
10	1997	50.50	1.703	Ok
11	1998	230.70	2.363	Ok
12	1999	42.70	1.630	Ok
13	2000	53.60	1.729	Ok
14	2001	97.10	1.987	Ok
15	2002	113.20	2.054	Ok
16	2003	20.60	1.314	Ok
17	2004	8.10	0.908	Ok
18	2005	55.70	1.746	Ok
19	2006	143.40	2.157	Ok
20	2007	18.70	1.272	Ok
21	2008	92.90	1.968	Ok
22	2009	137.30	2.138	Ok
23	2010	50.70	1.705	Ok
24	2011	54.00	1.732	Ok
25	2012	330.00	2.519	Ok
26	2013	39.50	1.597	Ok
27	2014	9.50	0.978	Ok
28	2015	95.70	1.981	Ok
29	2016	74.40	1.872	Ok
30	2017	155.10	2.191	Ok
31	2018	15.50	1.190	Ok
		Promedio	1.608	
		Desv. Est.	0.546	
		YH (Lim Sup)	3.015	
		YL (Lim Inf)	0.202	

De la prueba de detección de datos atípicos realizada a la estación Virrey sin el año 1991, se encontró un valor atípico (año 1988); por ello se procedió a hacer nuevamente el análisis.

Tabla 7:***Prueba de datos atípicos sin los años 1991 y 1988***

N	Año	Prec.Max	Log (max)	Condición
		24hr		
1	1986	5.50	0.740	Ok
2	1987	40.00	1.602	Ok
3	1989	40.00	1.602	Ok
4	1992	10.80	1.033	Ok
5	1993	73.50	1.866	Ok
6	1994	80.30	1.905	Ok
7	1995	44.80	1.651	Ok
8	1996	5.30	0.724	Ok
9	1997	50.50	1.703	Ok
10	1998	230.70	2.363	Ok
11	1999	42.70	1.630	Ok
12	2000	53.60	1.729	Ok
13	2001	97.10	1.987	Ok
14	2002	113.20	2.054	Ok
15	2003	20.60	1.314	Ok
16	2004	8.10	0.908	Ok
17	2005	55.70	1.746	Ok
18	2006	143.40	2.157	Ok
19	2007	18.70	1.272	Ok
20	2008	92.90	1.968	Ok
21	2009	137.30	2.138	Ok
22	2010	50.70	1.705	Ok
23	2011	54.00	1.732	Ok
24	2012	330.00	2.519	Ok
25	2013	39.50	1.597	Ok
26	2014	9.50	0.978	Ok
27	2015	95.70	1.981	Ok
28	2016	74.40	1.872	Ok
29	2017	155.10	2.191	Ok
30	2018	15.50	1.190	Ok
		Promedio	1.662	
		Desv. Est.	0.465	
		YH (Lim Sup)	2.853	
		YL (Lim Inf)	0.471	

De la prueba de detección de datos atípicos realizada a la estación Virrey sin el año 1988-1991, no se encontraron valores atípicos, y se procedió a la realización del análisis estadístico con la data sin valores atípicos.

4.4.4. Análisis estadístico y prueba de bondad de ajuste

El análisis de frecuencias tiene la finalidad de estimar precipitaciones, intensidades o caudales máximos, según sea el caso, para diferentes períodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos, los cuales pueden ser discretos o continuos.

En la estadística existen diversas funciones de distribución de probabilidad teóricas; recomendándose utilizar las siguientes:

- Distribución Log Normal
- Distribución Log Normal 3 parámetros
- Distribución Log Pearson Tipo III
- Distribución Gumbel

a. Distribución Log Normal

La función de densidad de probabilidad normal se define como:

$$f(x) = \frac{1}{S\sqrt{(2\pi)}} e^{\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{s}\right)^2}$$

Donde:

F(x): Función densidad normal de la variable x

X: Variable independiente

μ : Parámetros de localización, igual a la media aritmética x.

S: Parámetro de escala, igual a la desviación estándar de X

b. Distribución Log Normal 3 parámetros

La función de densidad de X es:

$$F(x) = \frac{1}{(x-x_0)\sqrt{(2\Pi)S_y}} e^{-1/2(\ln(x-x_0)-u_y/S_y)^2}$$

Para $x \geq X_0$

Dónde:

X0: Parámetro de posición

Uy: Parámetro de escala o media

SY2: Parámetro de forma o varianza

c. Distribución Log Pearson tipo III

La función de densidad es:

$$f(x) = \frac{(\ln x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(\ln x - x_0)}{\beta}}}{x\beta^\gamma \Gamma(\gamma)}$$

Valido para:

$$\begin{array}{rclcl} X_0 & \leq & x & \leq & \infty \\ -\infty & < & x_0 & < & \infty \\ 0 & < & \beta & < & \infty \\ 0 & < & \gamma & < & \infty \end{array}$$

Dónde:

X_0 : Origen de la variable x, parámetro de posición

γ : Parámetro de forma

β : Parámetro de escala

d. Distribución Gumbel

La distribución de valores Tipo I conocida como distribución Gumbel o Doble Exponencial, tiene como función de distribución de probabilidades la siguiente expresión:

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

Siendo:

$$\alpha : \frac{1.2825}{\sigma}$$

$$\beta : \mu - 0.45\sigma$$

Dónde:

σ : Parámetro de concentración

β : Parámetro de localización

Según Ven Te Chow, la distribución puede expresarse de la siguiente forma:

$$X : \bar{x} + k\sigma_x$$

Dónde:

X: Valor con una probabilidad dada.

\bar{X} : Media de la serie

K: Factor de frecuencia.

4.4.5. Pruebas de bondad

Las pruebas de bondad de ajuste, consiste en comprobar gráfica y estadísticamente, si la frecuencia empírica de la serie analizada se ajusta a una determinada función de probabilidad teórica seleccionada a priori en base a los parámetros estimados.

Las pruebas de ajuste estadísticos, es ejecutada por el método Kolmogorov -Smirnov, a través del Software Hydrognomon.

Se presentan el resumen de las pruebas estadísticas, donde la estación Virrey, se ajusta a la distribución EV1-Max (Gumbel).

Tabla 8:
Precipitaciones máximas en 24 horas

Periodo de Retorno	Pmax (mm) Est. Virrey
500	386.21
140	315.32
100	296.55
70	276.60
50	257.74
35	237.68
25	218.65
10	165.96

4.4.6. Factor de ajuste de frecuencia

Según la Guía de prácticas hidrológicas de la Organización Meteorológicas Mundial-OMM, se recomienda multiplicar los datos pluviométricos por un factor de ajuste de la frecuencia de observaciones diarias. Asumiendo que el caso de nuestras estaciones de registros, son aquellas que se registren una vez al día, las precipitaciones deberán multiplicarse por un factor de 1.13, según la Tabla siguiente.

Tabla 9:
Factor de ajuste de la frecuencia de observación diaria

Numero de observaciones / día	1	2	3 - 4	5 - 8	9 - 24	>24
Factor de ajuste	1.13	1.04	1.03	1.02	1.01	1.00

FUENTE: Guía de prácticas hidrológicas – Volumen II: Gestión de recursos hídricos y aplicación de prácticas hidrológicas - Tabla II.5.5 (OMM N°168 – 2011)

Los valores de precipitación mostrados en la Tabla “Precipitaciones Máximas” se afectaron por el factor indicado, generando nuevos valores que se convierten en las precipitaciones máximas ajustadas, los cuales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 10:
Precipitaciones máximas ajustadas en 24 horas

Periodo de Retorno	Pmax. con corrección (mm) Est. Virrey
500	436.42
140	356.32
100	335.1
70	312.56
50	291.25
35	268.58
25	247.07
10	187.53

4.4.7. Curvas de intensidad-duración-frecuencia

La estación de lluvia ubicada en la zona, no cuentan con registros pluviográficos que permitan obtener las intensidades máximas. Para poder estimarlas se recurrió al principio conceptual, referente a que los valores extremos de lluvias de alta intensidad y corta duración aparecen, en el mayor de los casos, marginalmente dependientes de la localización geográfica, con base en el hecho de que estos eventos de lluvia están asociados con celdas atmosféricas las cuales tienen propiedades físicas similares en la mayor parte del mundo.

Existen varios modelos para estimar la intensidad a partir de la precipitación máxima en 24 horas. Uno de ellos es el modelo de Frederich Bell que permite calcular la lluvia máxima en función del período de retorno, la duración de la tormenta en minutos y la precipitación máxima de una hora de duración y periodo de retorno de 10 años. La expresión es la siguiente:

$$P_t^T = (0.21 \log_e T + 0.52) (0.54 t^{0.25} - 0.50) P_{60}^{10}$$

Donde:

t = duración en minutos

T = periodo de retorno en años

P_t^T =precipitación caída en t minutos con periodo de retorno de T años

P_{60}^{10} =precipitación caída en 60 minutos con periodo de retorno de 10 años

El valor de P_{60}^{10} , puede ser calculado a partir del modelo de Yance Tueros, que estima la intensidad máxima horaria a partir de la precipitación máxima en 24 horas.

$$I = aP_{24}^b$$

Donde:

I= intensidad máxima en mm/h

a, b= parámetros del modelo; 0.4602, 0.876, respectivamente.

P24= precipitación máxima en 24 horas

Las curvas de intensidad-duración-frecuencia, se han calculado indirectamente, mediante la siguiente relación:

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

Donde:

I = Intensidad máxima (mm/min)

K, m, n = factores característicos de la zona de estudio

T = período de retorno en años

t = duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración (min)

Si se toman los logaritmos de la ecuación anterior se obtiene:

$$\text{Log (I)} = \text{Log (K)} + m \text{Log (T)} - n \text{Log (t)}$$

O bien: $Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2$

Donde:

$Y = \text{Log (I)}$, $a_0 = \text{Log K}$

$X_1 = \text{Log (T)}$ $a_1 = m$

$X_2 = \text{Log (t)}$ $a_2 = -n$

Los factores de K, m, n, se obtienen a partir de las intensidades máximas calculadas anteriormente, mediante regresión múltiple.

Los resultados se muestran en las tablas 11, 12, 13 y 14, así como en la Figura 27.

Tabla 11:

Lluvias máximas (mm) – Estación Virrey

T años	P. Max 24 horas	Duración en minutos					
		5	10	15	20	30	60
100	335.1	20.6	30.9	37.7	43.1	51.2	67.3
70	312.6	19.6	29.3	35.8	40.9	48.6	63.9
50	291.2	18.6	27.8	34.0	38.8	46.2	60.7
35	268.6	17.6	26.3	32.1	36.7	43.6	57.3
25	247.1	16.6	24.8	30.4	34.6	41.2	54.1
10	187.5	13.9	20.8	25.5	29.1	34.6	45.1
5	140.4	11.9	17.8	21.8	24.8	29.6	38.8
2	69.2	9.2	13.8	16.9	19.3	22.9	30.1

FUENTE: Aplicando el Modelo de Bell.

Tabla 12:

Intensidades máximas (mm) – Estación Virrey

T años	P. Max 24 horas	Duración en minutos					
		5	10	15	20	30	60
100	335.1	247.5	185.2	151.0	129.2	102.4	67.3
70	312.6	235.0	175.9	143.3	122.7	97.3	63.9
50	291.2	223.2	167.1	136.2	116.5	92.4	60.7
35	268.6	210.8	157.7	128.6	110.0	87.3	57.3
25	247.1	199.0	148.9	121.4	103.9	82.4	54.1
10	187.5	167.0	125.0	101.9	87.2	69.1	45.1
5	140.4	142.8	106.9	87.1	74.5	59.1	38.8
2	69.2	110.8	82.9	67.6	57.8	45.9	30.1

FUENTE: Aplicando el Modelo de Bell.

Tabla 13:**Resultado del análisis de regresión – Estación Virrey**

Constante	2.39562		Log K= 2.3956	K= 248.67
Err. estándar de est. Y	0.02023			m= 0.202
R cuadrada	0.99158			n= 0.527
Núm. de observaciones	48			
Grado de libertad	47			
Coeficiente(s) X	0.20212	-0.52705	Donde:	$I= \frac{201.06 T^{0.202}}{t^{0.527}}$
Error estándar de coef.	0.00526	0.00852		T= años t= minutos

Tabla 14:**Intensidades máximas (mm/hr) – Estación Virrey**

Duración (t) (minutos)	Período de Retorno (T) en años					
	10	25	50	70	100	140
5	169.54	204.01	234.67	251.17	269.94	288.92
10	117.66	141.58	162.86	174.31	187.34	200.51
20	81.65	98.26	113.02	120.97	130.01	139.15
30	65.94	79.35	91.28	97.70	105.00	112.38
40	56.67	68.19	78.44	83.96	90.23	96.57
50	50.38	60.62	69.74	74.64	80.22	85.86
60	45.77	55.07	63.35	67.80	72.87	77.99
70	42.19	50.77	58.40	62.51	67.18	71.91
80	39.33	47.32	54.44	58.26	62.62	67.02
90	36.96	44.48	51.16	54.76	58.85	62.99
100	34.96	42.07	48.40	51.80	55.67	59.59
110	33.25	40.01	46.03	49.26	52.94	56.67
120	31.76	38.22	43.96	47.05	50.57	54.13

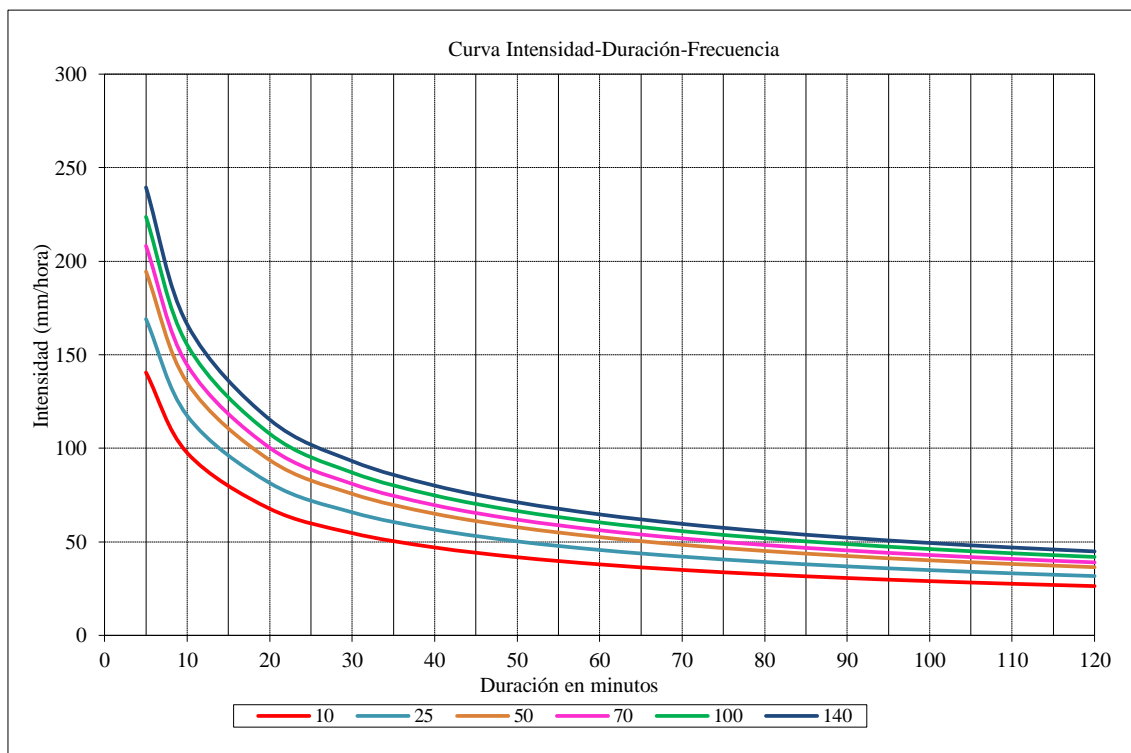


Figura 27:

Curva Intensidad – Duración – Frecuencia – Estación Virrey

4.4.8. Determinación del periodo de retorno

Para determinar el Periodo de retorno de diseño, “es necesario considerar la relación existente entre la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la estructura y el riesgo de falla admisible, dependiente este último de factores económicos, sociales, técnicos y otros” (Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje de Carreteras – MTC).

Tomando en cuenta lo señalado, la probabilidad de riesgo y falla se determina mediante la siguiente expresión:

$$R = 1 - (1 - 1/T)^n$$

Dónde:

- R : riesgo de falla admisible
- T : periodo de retorno
- n : vida útil de la obra

En la Tabla 15, se presenta los valores de periodos de retorno - T (años) para varios riesgos permisibles - R y para la vida útil (n años) de la obra.

Tabla 15:**Valores de periodo de retorno - T (años)**

RIESGO ADMISIBLE	VIDA ÚTIL DE LAS OBRAS (n años)									
	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
R	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
0.01	100	199	299	498	995	1990	2488	4975	9950	19900
0.02	50	99	149	248	495	990	1238	2475	4950	9900
0.05	20	39	59	98	195	390	488	975	1950	3900
0.10	10	19	29	48	95	190	238	475	950	1899
0.20	5	10	14	23	45	90	113	225	449	897
0.25	4	7	11	18	35	70	87	174	348	695
0.50	2	3	5	8	15	29	37	73	154	289
0.75	1.3	2	2.7	4.1	7.7	15	18	37	73	144

FUENTE: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje de Carreteras - MTC

En la siguiente tabla se muestran los periodos de retorno de diseño para las diferentes estructuras cumpliendo con los riesgos admisibles mínimos.

Tabla 16:**Periodos de retorno de diseño (años)**

Tipo de estructura	Riesgo (%)	Vida útil (años)	T_R (años)
Socavación	8	40.0	500
Puentes	25	40.0	140
Alcantarillas y Badenes	30	25.0	70
Alcantarillas de alivio	35	15.0	35
Cuneta	40	15.0	30
Defensas ribereñas	25	40.0	140
Sub-drenes	40	15.0	30
Pase Temporal	10	1.0	10

Los valores de riesgo y vida útil mostrados en la Tabla anterior corresponden a la recomendación de valores máximos del Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje para Carreteras del MTC.

4.5. Estudio del caudal de diseño

El HEC-HMS se usa para simular la respuesta hidrológica de una cuenca, incluye los modelos:

- Modelo de Cuenca o base: Modelo de pérdida de agua, modelo de transformación y

modelo de flujo base.

- Modelo meteorológico.
- Especificaciones de control.

Es un programa gratuito, de dominio público y fue desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los EE.UU.

4.5.1. Datos de entrada del Software HEC HMS

a. Modelo de la Cuenca

Debido al tamaño de la cuenca del badén Querpón se empleó el método del Hidrograma Unitario de Snyder, es un hidrograma que toma en cuenta las características del cauce y de la subcuenca, como parámetros de cálculo del hidrograma, lo cual hace que sea más representativa.

Para las cuencas mayores a 30.0Km², se empleó el método del Hidrograma Unitario de Snyder, es un hidrograma que toma en cuenta las características del cauce y de la subcuenca, como parámetros de cálculo del hidrograma, lo cual hace que sea más representativa.

Donde el tiempo de retardo está dado por la siguiente formula:

$$Tp : Ct(Lca * L)^{0.3}$$

Tp: tiempo Lag Estándar (hr)

Ct: coeficiente que representa variaciones de los tipos y localizaciones de los ríos. Varían entre 1.8 y 2.2. Se asumirá 2.

Lca: Distancia del centro de gravedad de la subcuenca a su salida (millas).

L: Longitud del curso principal (millas).

Cp: Coeficiente adimensional varía entre 0.4 y 0.8, se asume 0.6.

Tabla 17:***Tiempo de retardo del hidrograma de Snyder***

Cuenca	Área (km ²)	CN	Lc (millas)	Parámetros Hidrograma			
				Lca (millas)	Ct	Cp	Tp (horas)
	178.616	70	16.14	6.98	2.00	0.60	8.25
Quebrada Querpón	33.619	77	3.32	1.46	2.00	0.60	3.21
	112.640	77	8.23	3.61	2.00	0.60	5.53

- Número de Curva (CN)

El número de curva CN, es un número hidrológico adimensional que varía en función a la capacidad de infiltración del suelo en base al tipo hidrológico del suelo y el tipo de cobertura vegetal. Generalmente, las cuencas presentan variedad de coberturas vegetales y tienen diferentes usos de suelo, por tal razón se determinó el número de curva mediante un promedio ponderado de los CN de cada zona.

El número de curva CN, es utilizada a partir de la siguiente tabla, y depende del uso de la tierra, la pendiente y la velocidad de infiltración.

TIPO DE VEGETACIÓN	TRATAMIENTO	CONDICIÓN HIDROLÓGICA	TIPO DE SUELO			
			A	B	C	D
Barbecho	Desnudo	-	77	86	91	94
	CR	Pobre	76	85	90	93
	CR	Buena	74	83	88	90
Cultivos alineados	R	Pobre	72	81	88	91
	R	Buena	67	78	85	89
	R + CR	Pobre	71	80	87	90
	R + CR	Buena	64	75	82	85
	C	Pobre	70	79	84	88
	C	Buena	65	75	82	86
	C + CR	Pobre	69	78	83	87
	C + CR	Buena	64	74	81	85
	C + T	Pobre	66	74	80	82
	C + T	Buena	62	71	78	81
	C + T + CR	Pobre	65	73	79	81
C + T + CR	Buena	61	70	77	80	
Cultivos no alineados, o con surcos pequeños o mal definidos	R	Pobre	65	76	84	88
	R	Buena	63	75	83	87
	R + CR	Pobre	64	75	83	86
	R + CR	Buena	60	72	80	84
	C	Pobre	63	74	82	85
	C	Buena	61	73	81	84
	C + CR	Pobre	62	73	81	84
	C + CR	Buena	60	72	80	83
	C + T	Pobre	61	72	79	82
	C + T	Buena	59	70	78	81
	C + T + CR	Pobre	60	71	78	81
C + T + CR	Buena	58	69	77	80	
Cultivos densos de leguminosas o prados en alternancia	R	Pobre	66	77	85	89
	R	Buena	58	72	81	85
	C	Pobre	64	75	83	85
	C	Buena	55	69	78	83
	C + T	Pobre	63	73	80	83
C + T	Buena	51	67	76	80	
Pastizales o pastos naturales	-	Pobres	68	79	86	89
	-	Regulares	49	69	79	84
	-	Buenas	39	61	74	80
Pastizales	C	Pobres	47	67	81	88
	C	Regulares	25	59	75	83
	C	Buenas	6	35	70	79
Prados permanentes	-	-	30	58	71	78
Matorral-herbazal, siendo el matorral preponderante	-	Pobres	48	67	77	83
	-	Regulares	35	56	70	77
	-	Buenas	≤ 30	48	65	73
Combinación de arbolado y herbazal, cultivos agrícolas leñosos	-	Pobres	57	73	82	86
	-	Regulares	43	65	76	82
	-	Buenas	32	58	72	79
Montes con pastos (aprovechamientos silvopastorales)	-	Pobres	45	66	77	83
	-	Regulares	36	60	73	79
	-	Buenas	25	55	70	77
Bosques	-	I Muy pobre	56	75	86	91
	-	II Pobre	46	68	78	84
	-	III Regular	36	60	70	76
	-	IV Buena	26	52	63	69
	-	V Muy buena	15	44	54	61
Caseríos	-	-	59	74	82	86
Caminos en tierra	-	-	72	82	87	89
Caminos en firme	-	-	74	84	90	92

CR = Cubierta de residuos; R = Labores en línea recta; C = Labores en curvas de nivel; T = Terrazas

Figura 28:

Valores del número de curva (CN)

FUENTE: Ingeniería de conservación de suelos y aguas - Schwab, G.O. - Frevert, R.K. - Edminster, T.W

- Condición hidrológica

La condición hidrológica se refiere a la capacidad de la superficie de la cuenca para favorecer o dificultar el escurrimiento directo, esto se encuentra en función de la cobertura vegetal. Puede aproximarse de la siguiente forma:

Tabla 18:
Condición Hidrológica

Cobertura Vegetal	Condición hidrológica
>75% del área	Buena
Entre 50% y 75% del área	Regular
<50% del área	Pobre

- Grupo hidrológico

La determinación del grupo hidrológico del suelo está relacionada a la tasa de infiltración y a la tasa de transmisión.

- Tasa de Infiltración

Es el porcentaje de agua que penetra en el suelo superficial y que es controlado por condiciones de superficie.

Define los grupos de suelo, los cuales pueden ser:

Grupo A, tiene bajo potencial de escorrentía

Grupo B, tiene un moderado bajo potencial de escorrentía

Grupo C, tiene un moderado alto potencial de escorrentía

Grupo D, tiene un alto potencial de escorrentía

Para calcular el valor de N, se debe tener en cuenta el grupo de suelo hidrológico:

Grupo A: (Bajo potencial de escurrimiento). Suelos que tienen altas velocidades de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente de arenas y gravas profundas, con bueno a excesivo drenaje. Estos suelos tienen altas velocidades de transmisión del agua.

Grupo B: Suelos con moderada velocidad de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente de suelos con cantidades moderadas de texturas finas y gruesas, con drenaje medio y algo profundo. Son básicamente suelos arenosos.

Grupo C: Suelos que tienen bajas velocidades de infiltración cuando están mojados, consisten principalmente de suelos que tienen un estrato que impide el flujo del agua, son suelos con texturas finas. Estos suelos tienen bajas velocidades de transmisión.

Grupo D: (Alto potencial de escurrimiento). Suelos que tienen muy bajas velocidades de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente de suelos arcillosos con alto potencial de hinchamiento, suelos con nivel freático alto y permanente, suelos con estratos arcillosos cerca de su superficie, o bien, suelos someros sobre horizontes impermeables. Estos suelos tienen muy bajas velocidades de transmisión del agua.

El área de Modelamiento de Información Hídrica, OSNIRH – Autoridad Nacional del Agua ha generado un mapa Numero de Curva que se generó inicialmente (Condiciones Normales), y utilizando las ecuaciones CN (I) y CN (III), y utilizando las herramientas de algebra de mapas se generaron los mapas Numero de Curva para condiciones Secas y Húmedas.

Los valores de Número de Curva para condiciones normales varían desde 25 hasta 100, para condiciones secas de 12 a 100 y para condiciones húmedas de 43 a 100.

La resolución espacial del Mapa de Numero de Curva es de 90 metros, a cada celda le corresponde un valor adimensional

En función a esta información se determinaron los siguientes Números de curva para cada cuenca; las mismas que se detallan en la Tabla 19.

La abstracción inicial es la cantidad de lluvia en mm que se pierde antes de ocasionar el flujo superficial, el cual se puede calcular según la siguiente relación:

$$Ia = 0.2 * \left(\frac{25400 - 254 * CN}{CN} \right)$$

Donde:

Ia: Abstracción inicial (mm)

CN: Número de curva

Tabla 19:

Número de Curva

Subcuenca	CN	Ia
Ñaupe	70	22
Querpón Bajo	77	15
Querpón Alto	77	15

b. Modelo Metereológico

Debido al tamaño de la cuenca del badén Querpón se empleó el método del Hidrograma Unitario de Snyder, es un hidrograma que toma en cuenta las características del cauce y de la subcuenca, como parámetros de cálculo del hidrograma, lo cual hace que sea más representativa. Se usaron los perfiles de tormenta de la SCS tipo I, por ausencia de perfiles de tormenta en la zona.

Las precipitaciones máximas en 24 horas para la estación pluviométrica El Virrey que se ingresaron al Software HEC HMS, se detallan en la Tabla 10.

c. Modelo de Control

El periodo de simulación es variable, se encuentra en el rango de 24 horas a 2 días, dependiendo del tamaño de la subcuenca. Los caudales obtenidos para un pre dimensionamiento de las obras hidráulicas con una tormenta Tipo I, a continuación, los resultados de los caudales en la Tabla 20.

Tabla 20:

Caudales máximos

Periodo de Años	Caudal (m ³ /s)
70	670.40
140	843.60
500	1179.50

En el Anexo 3 se muestran los cálculos realizados y resultados del programa HEC-HMS.

4.6. Modelamiento hidráulico

El cálculo de la interacción entre el río y la estructura proyectada requiere de la utilización de modelos hidráulicos, capaces de representar adecuadamente la relación. Para la presente monografía se empleó el modelo unidimensional HEC RAS 5.0.6; el modelo permitirá obtener los niveles de agua y velocidades para diferentes períodos de retorno. A continuación, se presenta la descripción del proceso y los resultados del estudio.

- Modelamiento de la topografía del río y de sus características hidráulicas mediante la digitalización de las secciones transversales.
- Ingreso de las rugosidades en el cauce principal y llanuras de inundación.
- En el modelo se incluirán en caso de ser necesario correcciones por efecto de oblicuidad sobre todo para los efectos de socavación.

4.6.1. Pérdidas locales

Para el cálculo de las pérdidas locales de contracción y expansión debido a la variabilidad de las características geométricas, se han adoptado los valores indicados en la siguiente tabla:

Tabla 21:

Coefficiente de pérdidas locales

Perdida Local	Coefficiente
Contracción	0.10
Expansión	0.30

4.6.2. Coeficientes de rugosidad

En el presente estudio se han considerado 1 coeficientes de rugosidad, para el cauce principal y para las llanuras de inundación. Estos se determinaron según la siguiente figura:

TIPO DE CANAL		MÍNIMO	NORMAL	MÁXIMO
Corrientes menores (Ancho menor que 30m)	a. Ríos en planicies			
	Rectos, sin zonas muertas	0.025	0.030	0.033
	Rectos sin zonas muertas con piedras y malezas	0.030	0.036	0.040
	Sinuoso, vegetación y piedras	0.035	0.045	0.050
	Sinuoso, vegetación y bastante pedregoso	0.045	0.050	0.060
	Abundante vegetación, sinuoso.	0.075	0.100	0.150
	b. Torrentes de montaña, sin vegetación, bordes abruptos, árboles y arbustos sumergidos			
Gravas, cantos rodados y algunas rocas.	0.030	0.040	0.050	
	Cantos rodados con rocas grandes.	0.040	0.050	0.070
Planicies de Inundación	a. con pasto sin arbusto			
	Pastizales bajos	0.025	0.030	0.035
	Pastizales altos	0.030	0.035	0.050
	b. áreas cultivadas			
	Sin cultivo	0.020	0.030	0.040
	Con cultivos	0.030	0.040	0.050
	c. Arbustos y Malezas			
	Escasos	0.040	0.060	0.080
	Densos	0.070	0.100	0.160
	d. Árboles			
Sauces	0.110	0.150	0.200	
	Tierra despejada con troncos	0.030	0.040	0.050
Ríos principales (Ancho mayor que 30m)	Secciones regulares	0.025	-	0.060
	Secciones Irregulares	0.035	-	0.100

Figura 29:

Valores del número de curva (CN)

FUENTE: Hidráulica de canales abierto, Ven te Chow, 1983

Tomando en cuenta estas consideraciones se realizaron el modelamiento hidráulico del badén Querpón para determinar las características hidráulicas (socavación y NAME).

4.6.3. Corrida HEC - RAS

La simulación hidráulica para determinar el NAME del nuevo badén Querpón se realizó con un caudal de periodo de retorno de 70 años (670.4 m³/s), el cual es recomendado por el manual de Hidrología e Hidráulica del MTC.

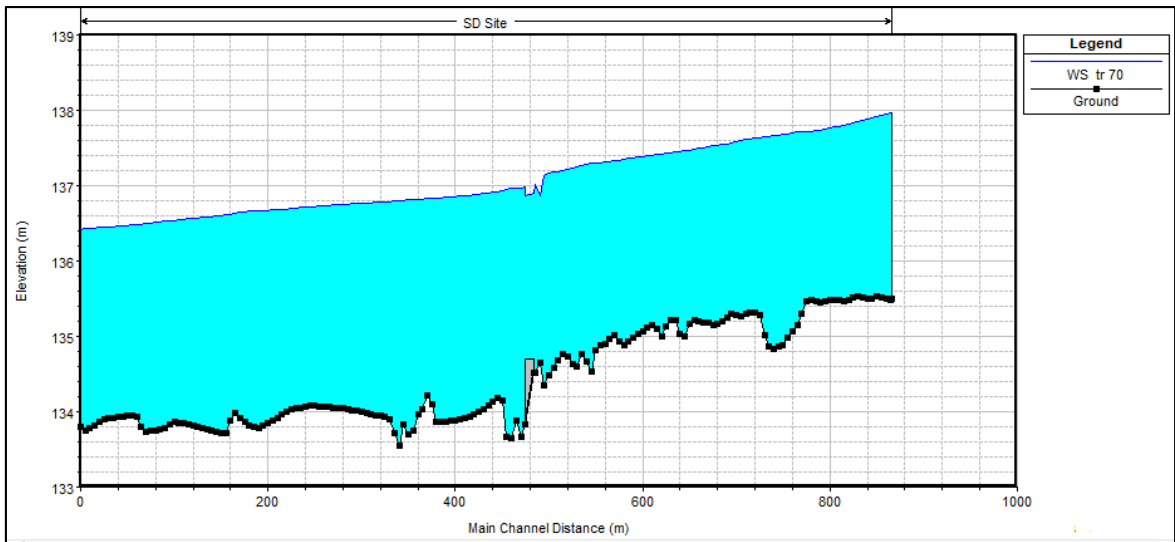


Figura 30:

Vista de perfil del NAME

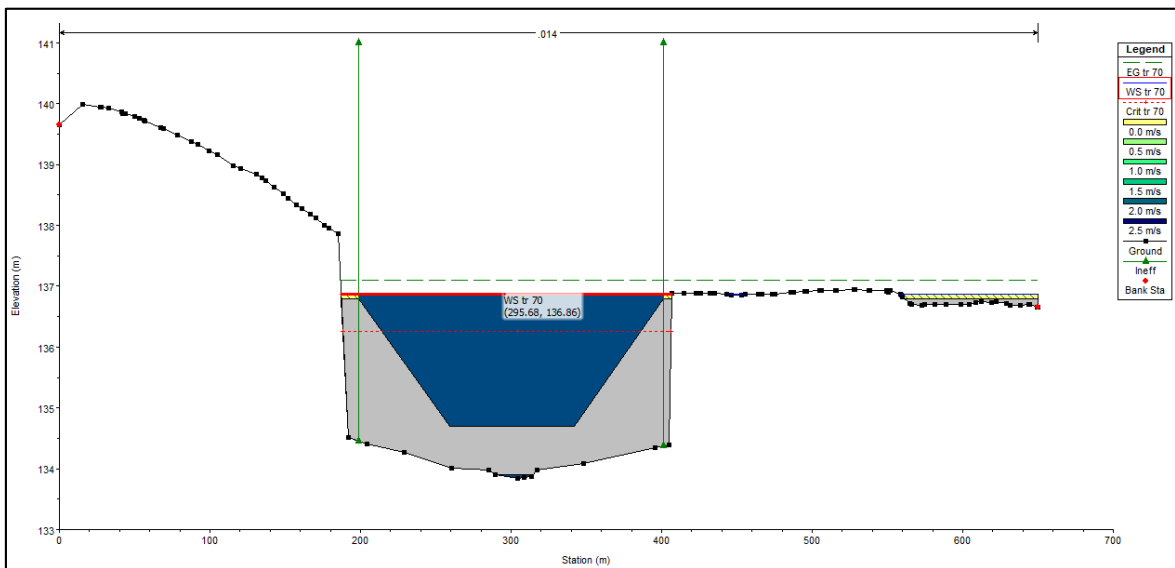


Figura 31:

Vista frontal del Name en el inicio del badén

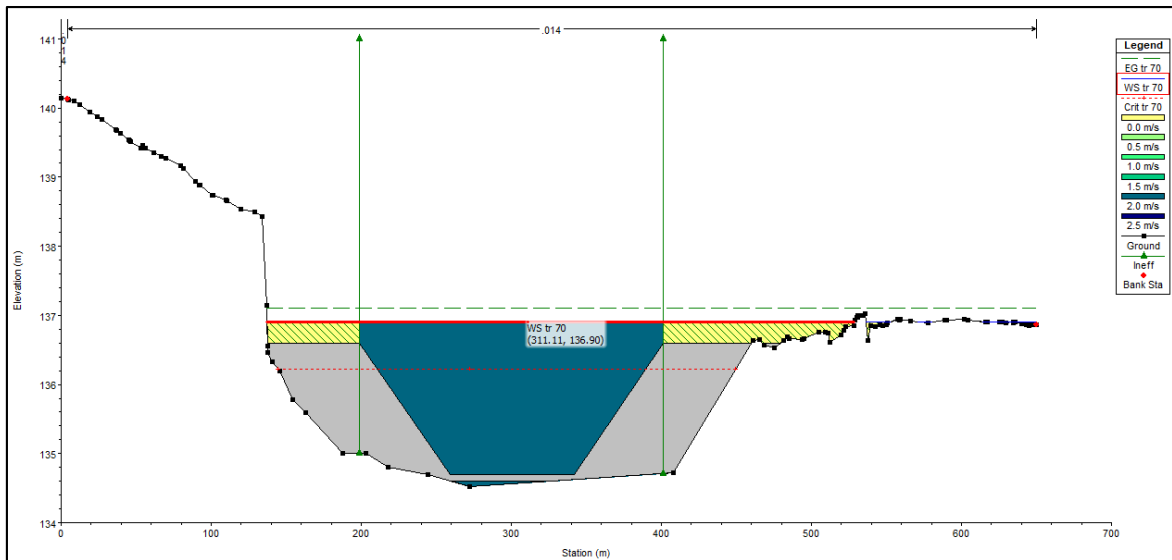


Figura 32:

Vista frontal del Name en el inicio del badén

La cota obtenida del NAME al inicio transversal del badén es de 136.86 msnm y al final transversal del badén es de 136.90 msnm.

La simulación hidráulica para determinar la socavación del nuevo badén Querpón se realizó con un caudal de periodo de retorno de 500 años (1179.50 m³/s), el cual es recomendado por el manual de Hidrología e Hidráulica del MTC.

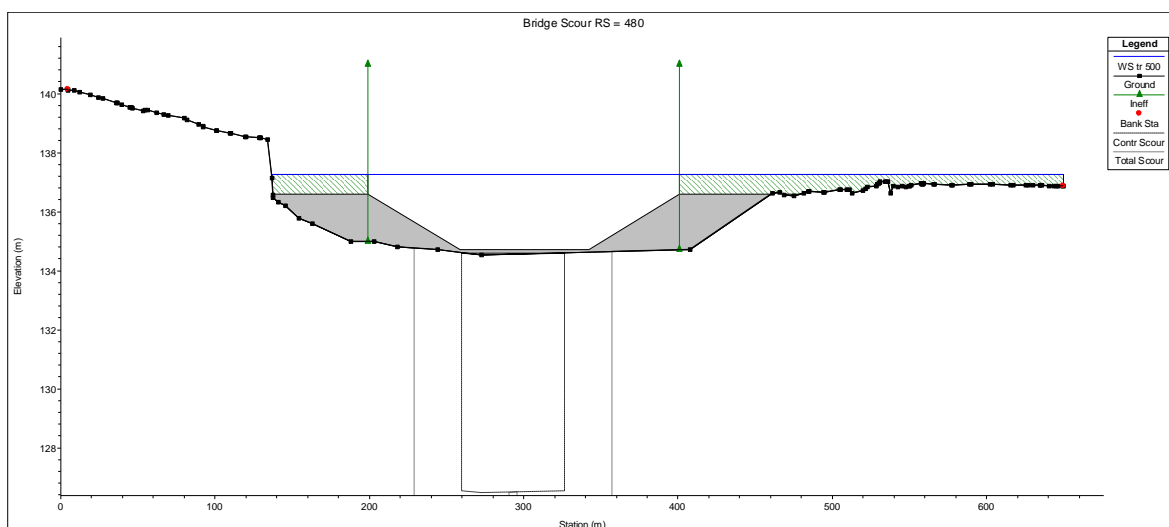


Figura 33:

Vista frontal de la socavación del badén

La socavación obtenida es de 8.06 m, encontrándose en una cota de 126.54 msnm.

También se realizó con la tabla de resultados del Hec-Ras para el TR de 500 años, el cálculo de socavación con el método de LISCHT VAN-LEBEDIEV. A continuación, el resultado.

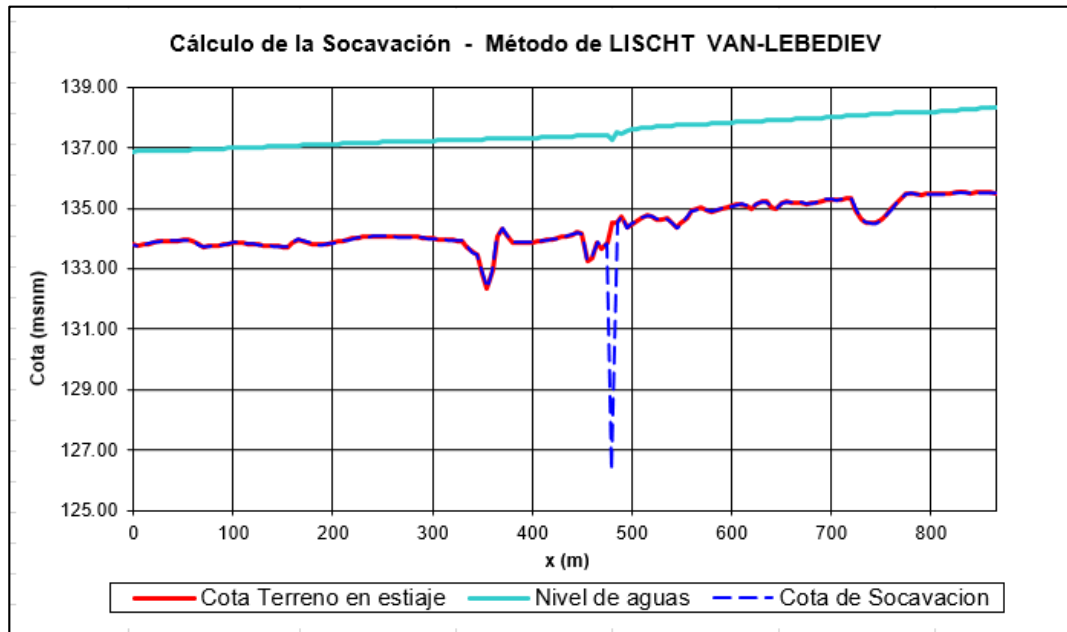


Figura 34:

Vista perfil de la socavación del badén

La socavación obtenida es de 8.19 m, encontrándose en una cota de 126.41 msnm.

En las imágenes a continuación se muestran los perfiles de flujo (NAME) y su socavación con la topografía actual y la topografía perfilada para el diseño de la estructura a proyectar. Los cálculos del Hec – Ras y la socavación se encuentran en el Anexo 4.

4.7. Perforación diamantina

Se realizó en campo la investigación de una perforación con diamantina, para la ejecución se utilizó el método rotativo, con una perforadora diamantina (maquina hidráulica); durante la perforación se utilizaron casing de tubería HW, para las perforaciones se utilizaron tubería HQ con brocas con esquiras de diamante impregnadas. Como fluido de perforación se utilizó agua; ningún tramo durante la perforación utilizó bentonita ni otro aditivo químico de perforación.

4.7.1. Registro de perforación

Se presenta el registro de las perforaciones realizadas en el sondaje P-01 y P-02.

Tabla 22:

Descripción litológica del sondaje P-01

SONDAJE P-01	
Profundidad	Descripción Litológica
0.00 – 11.50	0.00 a 11.50 m.: Depósito Aluvial Arena pobremente gradada de grano medio, color pardo rojizo, seco, no plástico, compacidad moderadamente densa. Presenta grava polimíctica esporádica sub angulosa de T. máx. de 3" F: 2.70%, A: 97.30% G: 0.00%. LL: N.P. LP: N.P. I.P: N.P.
11.50 – 12.00	11.50 a 12.00 m.: Depósito Aluvial Lente de grava pobremente gradada de matriz de arena mal gradada, seca, no plástica, compacidad densa. Los clastos de grava son sub angulosas de T. máx. 2". F: 35.60% A: 4.10% G: 64.40%. LL: N.P. LP: N.P. I.P: N.P.
12.00 – 14.30	12.00 a 14.30 m.: Depósito Aluvial Arena pobremente gradada con limos, grano medio a grueso, seco, no plástico, compacidad densa. F: 7.90% A: 65.30% G: 26.80%. LL: N.P. LP: N.P. I.P: N.P.
14.30 – 15.80	14.30 a 15.80 m.: Depósito Aluvial Arena limosa de grano fino, color pardo rojizo claro, semi húmedo a seco, baja plasticidad, compacidad densa. F: 25.30%, A: 74.70% G: 0.00%. LL: N.P. LP: N.P. I.P: N.P.
15.80 – 26.70	15.80 a 26.70 m.: Depósito Aluvial Arena pobremente gradada de grano medio con limos, color pardo rojizo claro, seco, no plástico, compacidad muy densa. Presencia de grava polimíctica sub angulosa de T. máx. 2". F: 4.40% A: 49.70% G: 45.90%. LL: N.P. LP: N.P. I.P: N.P.
26.70 – 30.00	26.70 a 30.00 m.: Depósito Aluvial Arena pobremente gradada con limos de grano medio a fino, color pardo claro, semi húmedo, no plástico, compacidad muy densa con presencia de clastos de grava sub angulosa de T. máx. F: 11.70%, A: 69.60% G: 18.70%. LL: N.P. LP: N.P. I.P: N.P.

Tabla 23:***Descripción litológica del sondeaje P-02***

SONDAJE P-02	
Profundidad	Descripción Litológica
0.00 – 2.40	0.00 a 2.40 m.: Depósito Aluvial Arena bien gradada de grano medio a grueso, color pardo rojizo, seco, no plástico, compacidad suelta a medianamente densa F: 3.5%, A: 96.6% G: 0.00%. LL: N.P. LP: N.P. I.P: N.P.
2.40 – 6.80	2.40 a 6.80 m.: Depósito Aluvial Arena pobremente gradada con limos, de grano medio a grueso, color pardo, seco, no plástico, compacidad medianamente densa. Presenta grava polimíctica esporádica, subangulosa de T. max de 2". F: 7.9% A: 87.8% G: 4.4%. LL: N.P. LP: N.P. I.P: N.P.
6.80 – 9.10	6.80 a 9.10 m.: Depósito Aluvial Arena pobremente gradada con grava, de grano medio, color pardo, seco, no plástico, compacidad densa. Presenta grava polimíctica subangulosa de T. máx. de 1-2". F: 4.3% A: 73.8% G: 21.90%. LL: N.P. LP: N.P. I.P: N.P.
9.10 – 11.50	9.10 a 11.50 m.: Depósito Aluvial Arena limosa de grano medio a fino, color pardo, seco, no plástico, compacidad densa. Presenta grava polimíctica esporádica, subangulosa de Tmax de 2". F: 26.2%, A: 73.1% G: 0.7%. LL: N.P. LP: N.P. I.P: N.P.
11.50 – 14.30	11.50 a 14.30 m.: Depósito Aluvial Arena pobremente gradada de grano medio, color pardo rojizo seco, no plástico, compacidad densa. Presenta grava polimíctica, subangulosa T. max de 1" F: 4.30% A: 79.8% G: 15.90%. LL: N.P. LP: N.P. I.P: N.P.
14.30 – 22.70	14.30 a 22.70 m.: Deposito Aluvial Arena pobremente gradada con limos de grano medio a fino, color pardo rojizo, seco, no plástico, compacidad densa a muy densa. Presenta grava polimíctica, subangulosa de T. max de 1 – 2" F: 7.20%, A: 69.4% G: 23.4%. LL: N.P. LP: N.P. I.P: N.P.
22.70 – 30.10	22.70 a 30.10 m.: Deposito Aluvial Arena pobremente gradada con limos y gravas, de grano medio a fino, color pardo rojizo, seco, no plástico, compacidad densa a muy densa. Presenta grava polimíctica, subangulosa de T. max de 1" F: 5.90%, A: 71.8% G: 22.3%. LL: N.P. LP: N.P. I.P: N.P.

Se puede observar en el sondeaje P-01 que hay 11.50 metros de profundidad con una descripción litológica de depósito aluvial, es decir, arena pobremente gradada ello complementa y afirma nuestro cálculo de socavación que tiene un promedio de 8 metros.

4.8. Análisis caudal – tránsito vial

Se cuenta con el levantamiento topográfico actualizado al año 2018 y con los caudales de diseño se ha simulado el escurrimiento sobre el terreno natural. En el perfil que se muestra a continuación se muestra el relleno que se ha ejecutado para el tránsito provisional de la vía, lo que ocasiona que se aprecie un desnivel en el fondo del río y en los perfiles del flujo. Para el cálculo hidráulico se ha usado una rugosidad conservadora, un coeficiente de Manning $n = 0.030$ es usado en los cálculos.

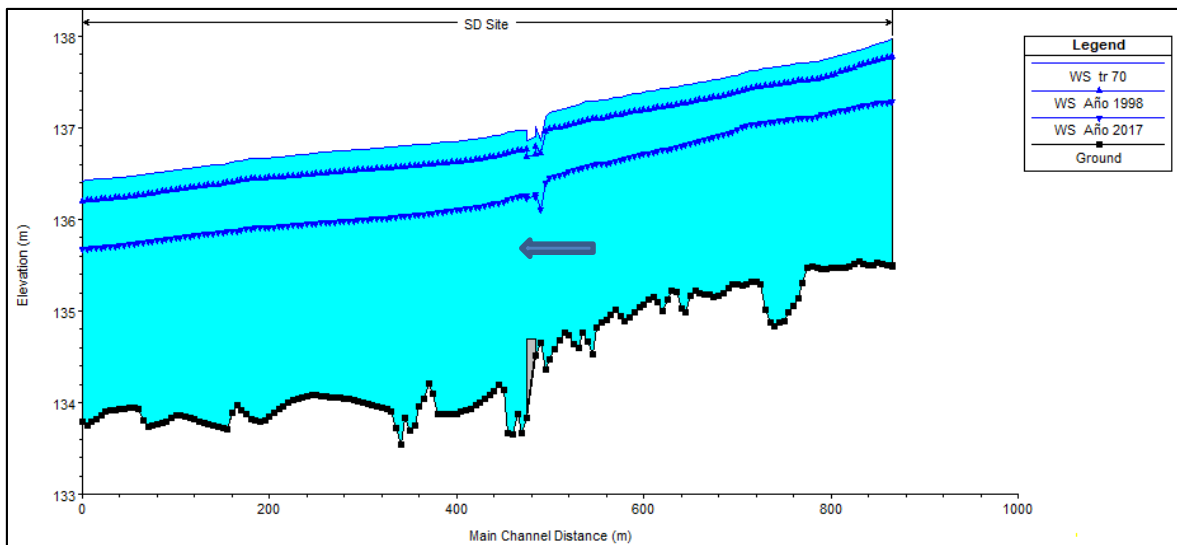


Figura 35:

Perfil hidráulico del río Ñaupe en el badén Querpón

Con esta información de niveles se ha preparado un gráfico donde se muestra un vehículo transitando por el badén, se muestra una elevación del flujo, en la situación actual.

Como se puede apreciar en la siguiente figura el nivel del piso del badén es la cota 136.00 msnm y los niveles alcanzados por el flujo se muestran a continuación:

Tabla 24:

Estimación de tirantes de flujo para eventos simulados

Nombre	Name (msnm)	Fondo (msnm)	Tirante (m)
Año 2017	136.24	135.80	0.44
Año 1998	136.71	135.80	0.91
TR 70 años	136.88	135.80	1.08

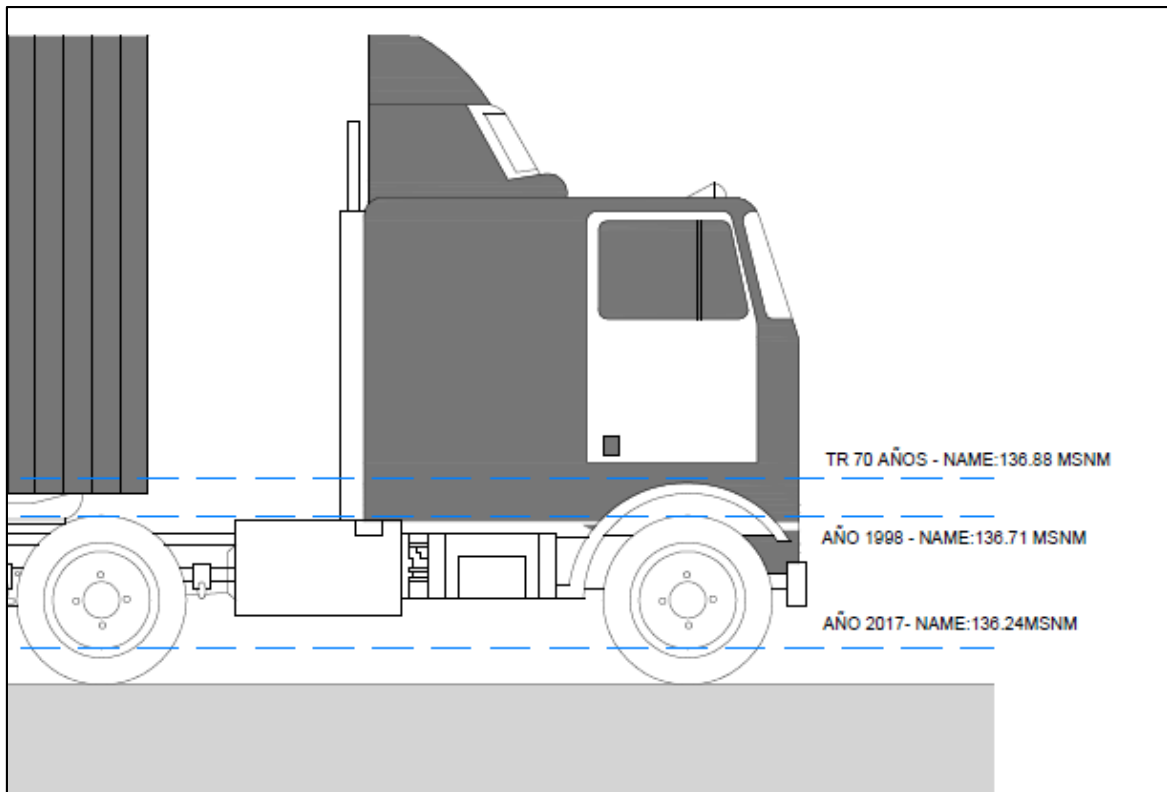


Figura 36:

Niveles sobre el badén Querpón y su relación con un vehículo pesado

Como se puede apreciar se ha calculado que el nivel para el Niño Costero del 2017, el tirante máximo es de 0.44 metros.

Para el caso del Niño de 1998 que es el mayor de que se dispone de registros se obtiene un nivel máximo de 0.91 metros.

Para el caso del diseño del badén que es para un tiempo de retorno de 70 años se obtiene un nivel máximo de 1.08 m.

Nótese que los niveles son elevados que cualquier vehículo va a tener dificultades para cruzar al badén, inclusive para los casos de vehículos pesados.

4.9. Resumen descriptivo del desarrollo del trabajo

4.9.1. Solución de situaciones problemáticas presentados durante mi estancia en la empresa

En la presente monografía se aprecia la problemática que causó el FEN 2017 en el badén Querpón, cabe resaltar que este sector es uno de los 16 sectores realizados dentro del paquete de sectores inestables debido al FEN 2017, cada uno presenta diferentes soluciones, en el caso del badén Querpón a primera instancia en la inspección de campo se tenía la idea por el tipo de suelo, el ancho del cauce y las obras de arte observadas cercanas con el mismo cauce (puentes), que se requería proyectar un puente con cimentación profunda, la cual es la solución principal del desarrollo del trabajo, luego de la realización de todos los cálculos y estudios para la sustentación reafirmamos nuestra primera solución tomada en campo gracias a los criterios obtenidos en el ámbito laboral y mi formación profesional.

4.9.2. Competencias y habilidades adquiridas durante mi formación profesional para la contribución laboral

Como se aprecia en el desarrollo del trabajo se han realizado reconocimiento de campo e investigación de los antecedentes del badén, también se realizó cálculos de hidrología, hidráulica y geología, para el buen entendimiento y el desarrollo de los cálculos fueron necesarios las competencias y habilidades adoptadas en los cursos de Hidrología, Hidráulica, Geología, Suelos y Estructuras Hidráulicas.

4.9.3. Nivel de contribución en el centro laboral a partir de la solución de situaciones problemáticas

Luego del desarrollo del trabajo con soluciones claras y justificadas, dos tipos de puentes u otros tipos de informes que realizo en mi centro laboral como estudios de mejoramiento, conservación, pasos peatonales, caminos vecinales, etc. Por lo general son revisadas por los especialistas de Hidrología e Hidráulica del MTC, con los cuales se mantienen unas reuniones para absolver alguna inquietud y así llegar a la aprobación del estudio.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Los badenes proyectados anteriormente fueron colapsados en el 2012 (badén de 97 metros) y 2017 (badén de 210 metros), ello ocasionó corte del tránsito y pérdidas materiales para los eventos de lluvias extraordinarias que se han presentado en los años 2012 y 2017, relacionados a los fenómenos del Niño Costero respectivamente.

Al delimitar la cuenca de la confluencia Ñaupe-Querpón con el *Software* ArcGis, mediante la herramienta *Hidrology*, se obtuvieron los siguientes parámetros fisiográficos:

Tabla 25:

Parámetros fisiográficos de la cuenca

Tramo	Progresiva	Coordenadas UTM		Estructura	Subcuencas	Perímetro (m)	Área (km ²)	L (millas)
		Este	Norte					
					Ñaupe	62463.24	178.616	16.14
Tramo 5	131+790 - 132+000	624165	9372806	Badén	Querpón Bajo	27070.09	33.619	3.32
					Querpón Alto	50827.63	112.640	8.23

En los registros históricos de precipitación máxima en 24 horas de la Est. Virrey (SENAMHI), se observa picos de 330.00 mm, 230.70 mm y de 155.10 mm para los años 2012, 1998 y 2017, respectivamente.

El análisis estadístico ejecutado por el método Kolmogorov -Smirnov, a través del Software Hydrognomon de la estación Virrey, se ajusta a la distribución EV1-Max (Gumbel) y se obtuvieron los siguientes valores de precipitaciones máximas para los tiempos de retorno de 70 años (Name para badén) y 500 años (socavación)

Tabla 26:

Precipitaciones máximas en 24 horas

Periodo de Retorno	Pmax. con corrección (mm) Est. Virrey
500	436.42
70	312.56

Los valores del caudal realizados a través del Software Hec-Hms para la nueva proyección del badén Querpón con una tormenta Tipo I, con tiempos de retorno de 70 años (Name para badén) y 500 años (socavación), son los siguientes.

Tabla 27:

Caudales máximos

Periodo de Años	Caudal (m ³ /s)
70	670.40
500	1179.50

Para determinar el NAME del nuevo badén Querpón, se realizó con el parámetro de un caudal de 670.4 m³/s (TR = 70 años), el cual es recomendado por el manual de Hidrología e Hidráulica del MTC.

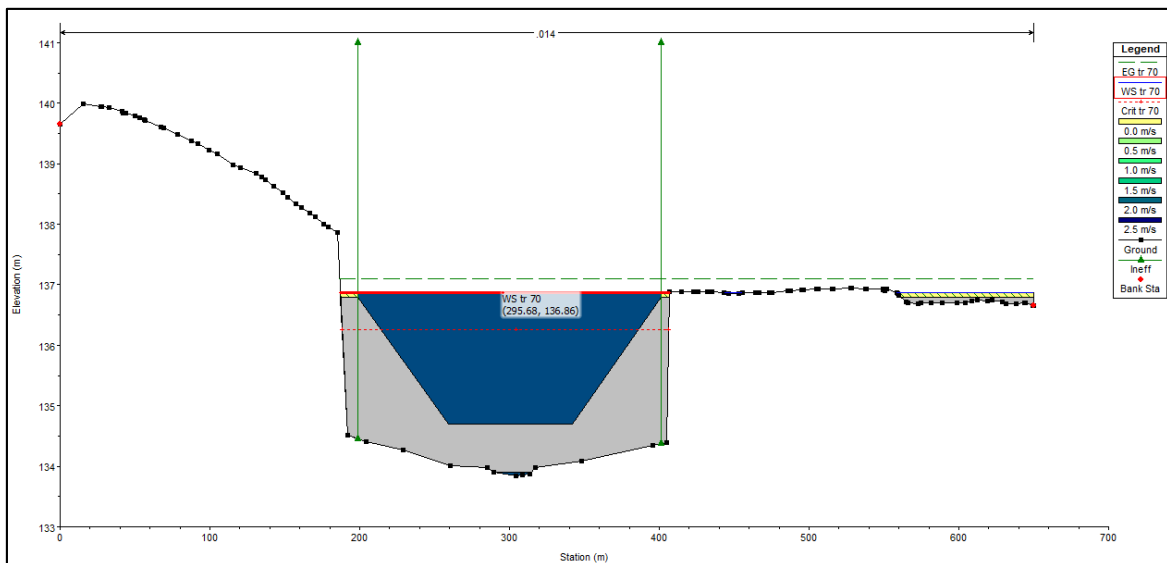


Figura 37:

Vista frontal del Name en el inicio del badén

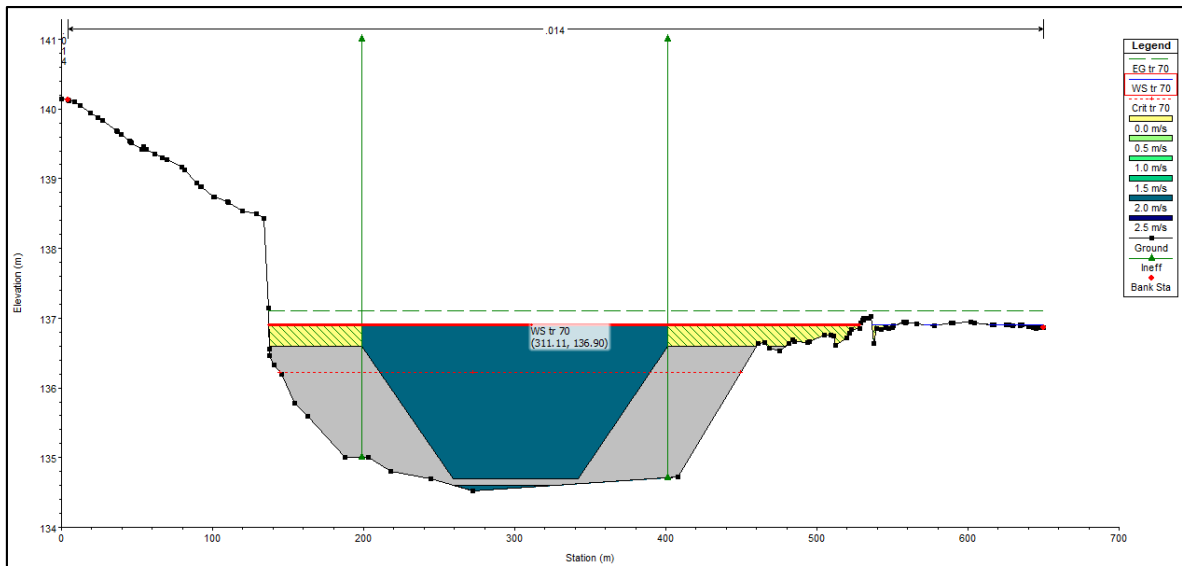


Figura 38:

Vista frontal del Name en el inicio del badén

La cota obtenida del NAME al inicio transversal del badén es de 136.86 msnm y al final transversal del badén es de 136.90 msnm.

Para determinar la socavación del nuevo badén Querpón se realizó con un caudal de periodo de retorno de 500 años (1179.50 m³/s), el cual es recomendado por el manual de Hidrología e Hidráulica del MTC.

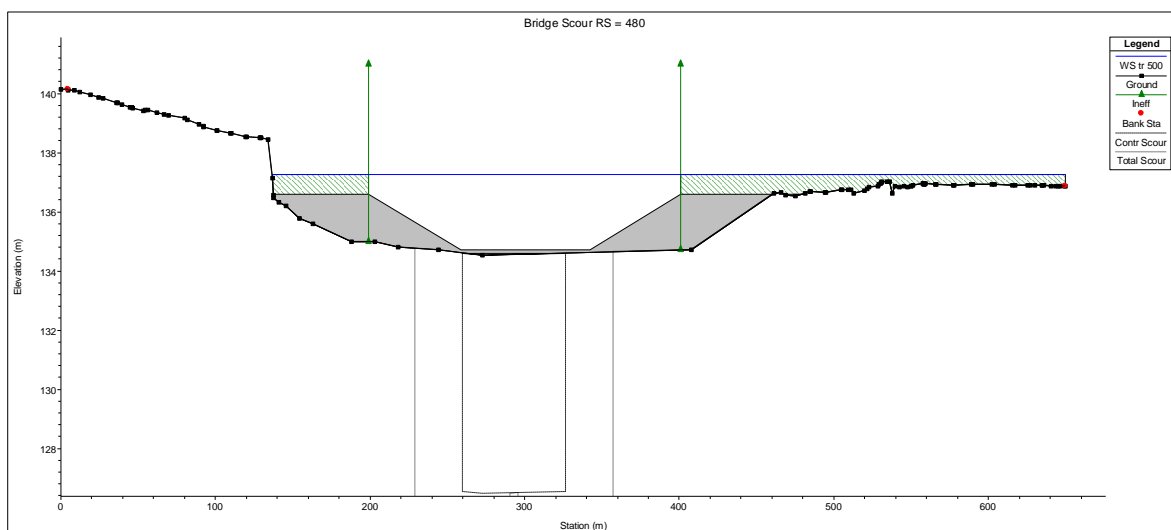


Figura 39:

Vista frontal de la socavación del badén

La socavación obtenida es de 8.06 m, encontrándose en una cota de 126.54 msnm.

Los análisis de socavación confirman la tendencia de fácil erosión y demuestran la necesidad de una cimentación profunda.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda realizar una limpieza y perfilada de cauce de 250 metros aguas arriba y abajo del badén Querpón luego de una avenida, para así evitar valores elevados de socavación.

El estrechamiento actual del cauce de la Quebrada Querpón ha ocasionado fenómenos de erosión local en el centro del cauce, por ende, se recomienda el perfilado de los 210 metros del cauce y no estrangularlo más.

Un badén con cimentación tipo pilotes (como mínimo de 8 metros de profundidad) es una solución recomendable, se requeriría reforzar las losas para que trabajen como vigas, por ende en cada paño del badén se debe de anclar con un pilote.

Debido a que la cota del Name es de 136.90, se recomienda al diseño vial levantar un poco la rasante y así disminuir el tirante del badén.

Se recomienda colocar señalización de prevención para cuando el flujo sea elevado y así los vehículos puedan prever el cruce del badén.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA Y CONSULTAS A PROFESIONALES

Aparicio, M.F.J. (1995). *Fundamentos de hidrología de superficies*. México D.F.: Editorial Limosa.

Chow, V.T. (1964). *Handbook of Applied Hydrology*. New York: McGraw-Hill.

Chow, V.T. (1983). *Hidráulica de canales abiertos*. México: Ed. Diana.

Guía de prácticas hidrológicas – Volumen II: Gestión de recursos hídricos y aplicación de prácticas hidrológicas - Tabla II.5.5 (OMM N°168 – 2011)

McCarthy, G.T. (1938). The unit hydrograph and flood routing. Conference of the North Atlantic Division U. S. Army Corp of Engineers.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC). (2008). Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje.

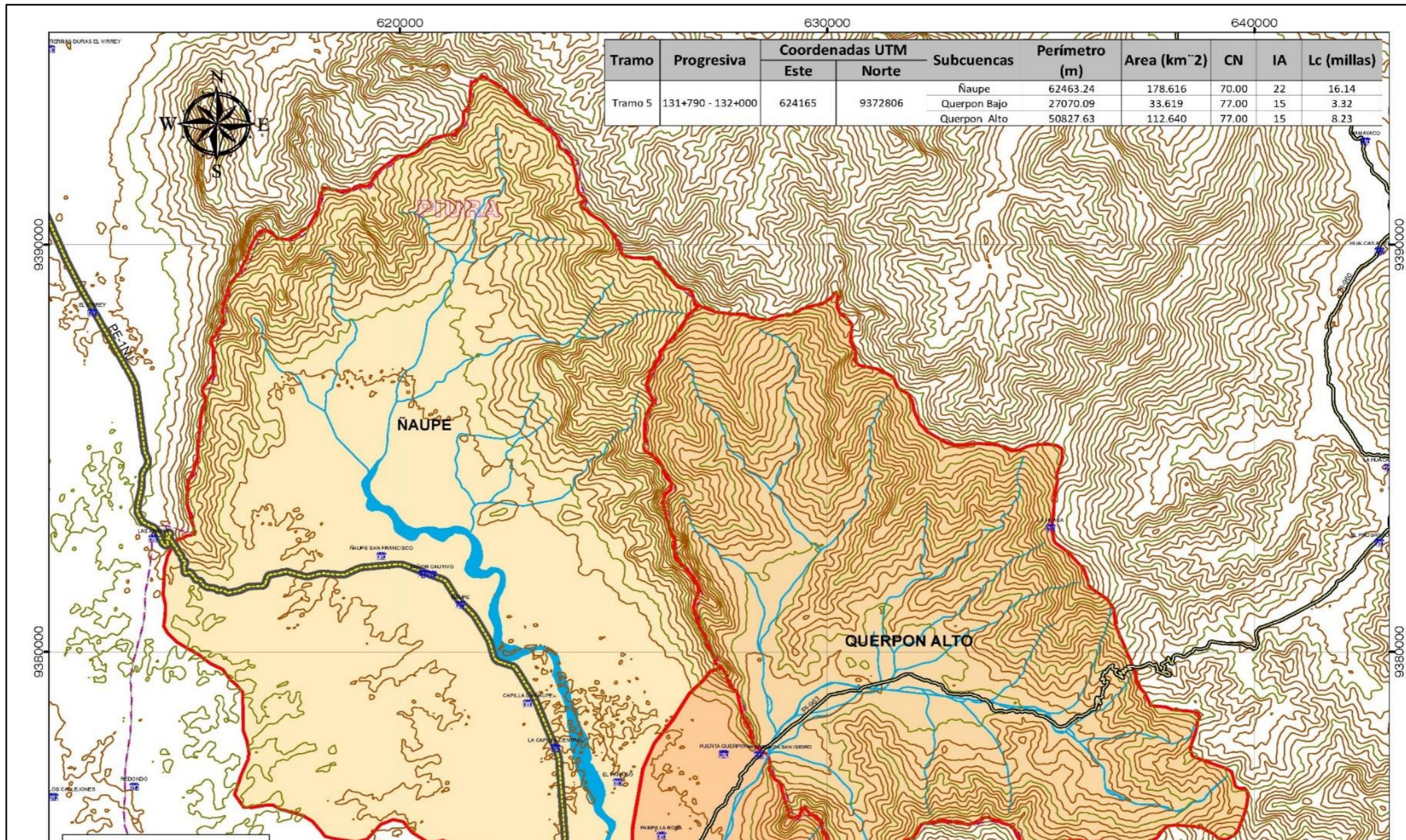
Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC). (2005). Proyecto especial de infraestructura de transporte nacional -PROVIAS NACIONAL – Unidad zonal II Lambayeque

Schwab, G.O. - Frevert, R.K. - Edminster, T.W. “Ingeniería de conservación de suelos y aguas”, Ed. Limusa.

U.S Water Resources Council, (1981). Tabla de valores de k_n para una distribución normal

VII. ANEXOS

Anexo 1: Plano de cuenca Querpon



Anexo 2: Data SENAMHI

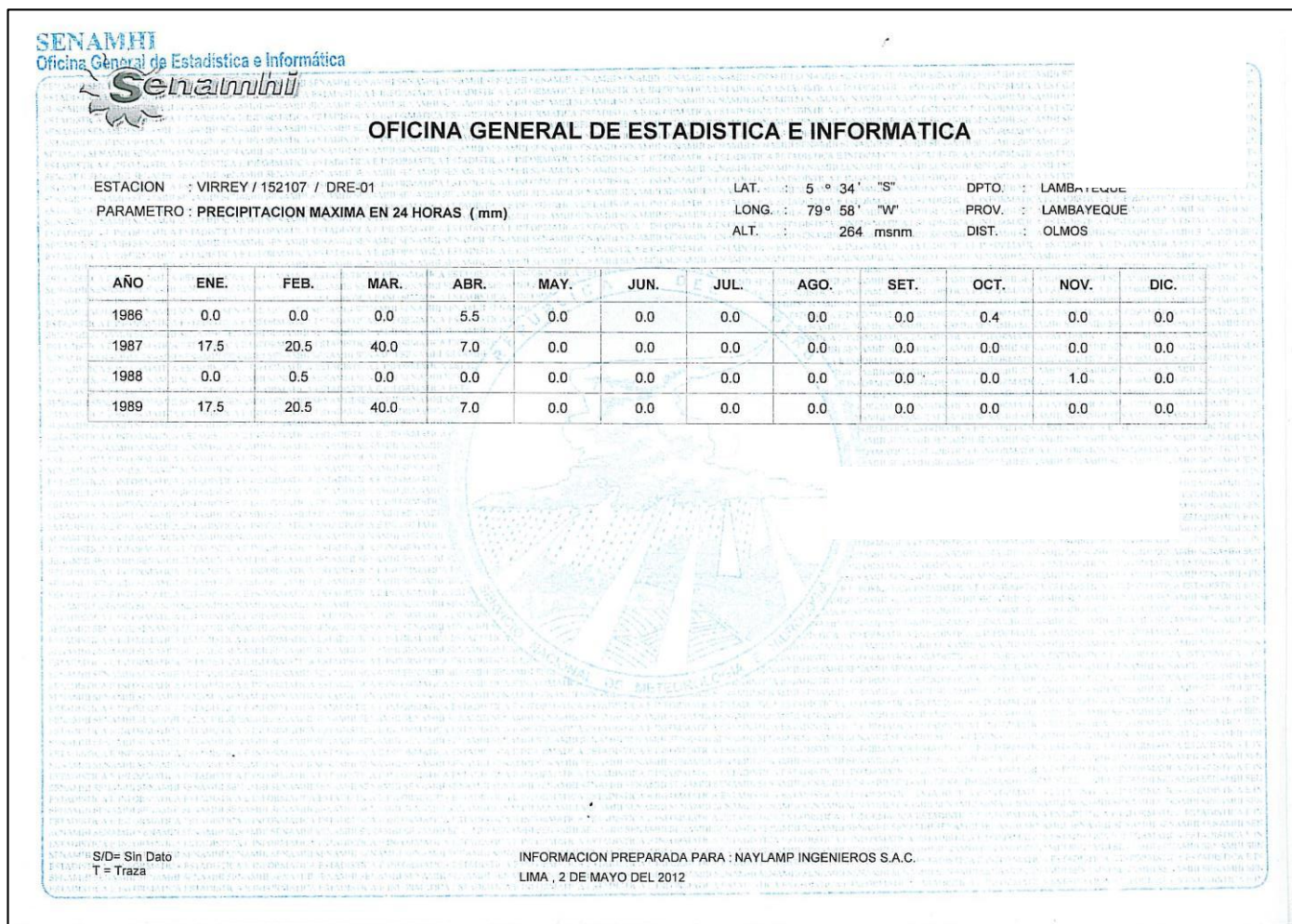
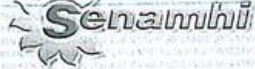


Figura 40:

Data de precipitaciones máximas en 24 horas – SENAMHI (1986-1989)



OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA

ESTACION : VIRREY / 152107 / DRE-01

PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)

LAT. : 5° 34' "S"

LONG. : 79° 58' "W"

ALT. : 264 msnm

DPTO. : LAMBAYEQUE

PROV. : LAMBAYEQUE

DIST. : OLMOS

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1991	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1992	0.0	4.0	S/D	10.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1993	0.0	73.5	40.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D
1994	2.0	4.3	80.3	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0
1995	9.8	44.8	5.0	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	2.0
1996	1.3	2.7	5.3	3.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8
1997	0.2	18.4	8.4	20.4	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.8	50.5
1998	152.8	201.3	230.7	88.6	48.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	5.5	42.7	39.2	15.3	5.1	0.5	0.0	0.0	1.5	0.0	0.7	3.7
2000	11.0	31.0	31.5	53.6	2.8	2.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	37.0
2001	16.7	50.8	97.1	18.4	3.2	0.3	0.0	0.0	0.2	1.0	2.8	0.9
2002	0.0	23.2	113.2	100.6	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	4.9	0.1	0.0
2003	4.1	20.6	0.1	0.0	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
2004	0.8	0.0	0.8	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.2	0.0	8.1
2005	1.4	5.8	55.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.6	0.0
2006	0.4	143.4	42.3	1.3	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.8	4.8
2007	3.9	0.5	18.7	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	3.6	0.0
2008	26.1	92.9	67.7	19.3	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.7	3.0	0.0

S/D= Sin Dato
T = Traza

INFORMACION PREPARADA PARA : NAYLAMP INGENIEROS
LIMA , 2 DE MAYO DEL 2012

Figura 41:

Data de precipitaciones máximas en 24 horas – SENAMHI (1991-2008)

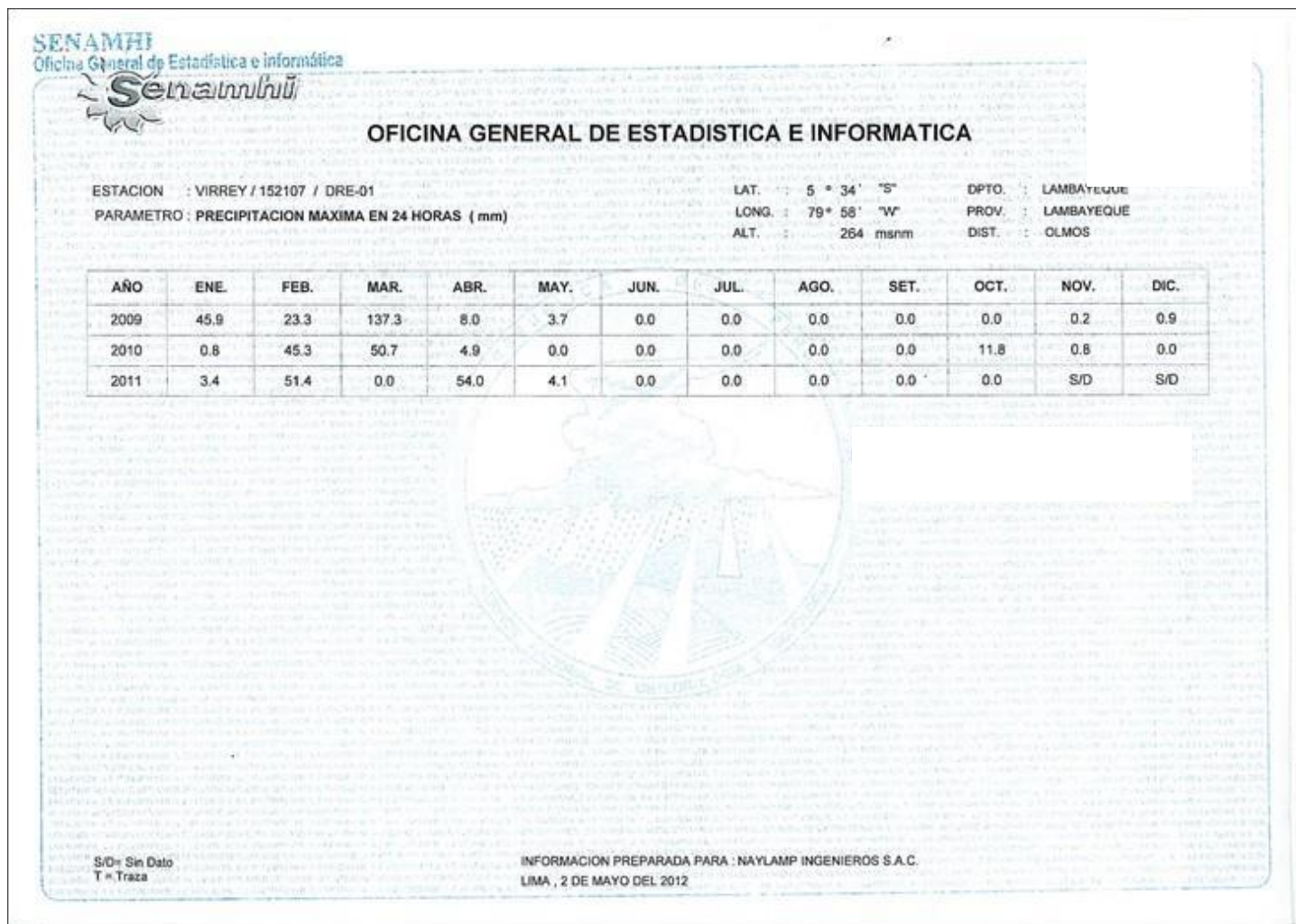


Figura 42:
Data de precipitaciones máximas en 24 horas – SENAMHI (2009-2011)



"AÑO DEL DIALOGO Y RECONCILIACION NACIONAL"

NAYLAMP INGENIEROS S.A.C
REF. FACTURA ELECTRONICA NRO.E001-4694

ESTACION : CLIMATOLOGICA ORDINARIA PLU-VIRREY

LONGITUD : 79°58' 56" LATITUD: 05°32'01" ALTITUD:219 msnm
DEPARTAMENTO:LAMBAYEQUE PROVINCIA: LAMBAYEQUE DISTRITO :OLMOS

PRECIPITACION TOTAL MAXIMA 24 HORAS (mm)

ene-16	feb-16	mar-16	abr-16	may-16	jun-16	jul-16	ago-16	set-16	oct-16	nov-16	dic-16
74.4	26.0	22.8	39.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.8	0.5	0.0	0.0

ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17	jul-17	ago-17	set-17	oct-17	nov-17	dic-17
38.6	0.1	155.1	37.6	11.8	0.0	0.0	2.2	4.5	0.2	0.0	3.0

ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	set-18
1.2	12.8	0.5	15.5	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0

Piura, 28 de noviembre del 2018

Figura 43:

Data de precipitaciones máximas en 24 horas – SENAMHI (2016-2018)

Anexo 3: Cálculos HEC-HMS

Tabla 28:

Resultado del modelamiento con HEC-HMS del badén Querpón

Cuenca	Área km ²	Pmax 24 hr (mm)			CN Ponderado	Ia (mm) mm	Lag. Time (hr) Hr	Caudal (m ³ /s)		
		70 años	140 años	500 años				70 años	140 años	500 años
Querpón Parte Alta	112.64				70.00	15	5.53	341.10	423.20	579.30
Querpón Parte Baja	33.62	312.56	356.32	436.42	77.00	15	3.21	144.10	179.40	246.90
Ñaupe	178.62				77.00	22	8.25	273.20	352.20	509.80
TOTAL								670.40	843.60	1179.50

A continuación, se muestran las figuras correspondientes a los cálculos realizados con el Software HEC – HMS de la cuenca de análisis.

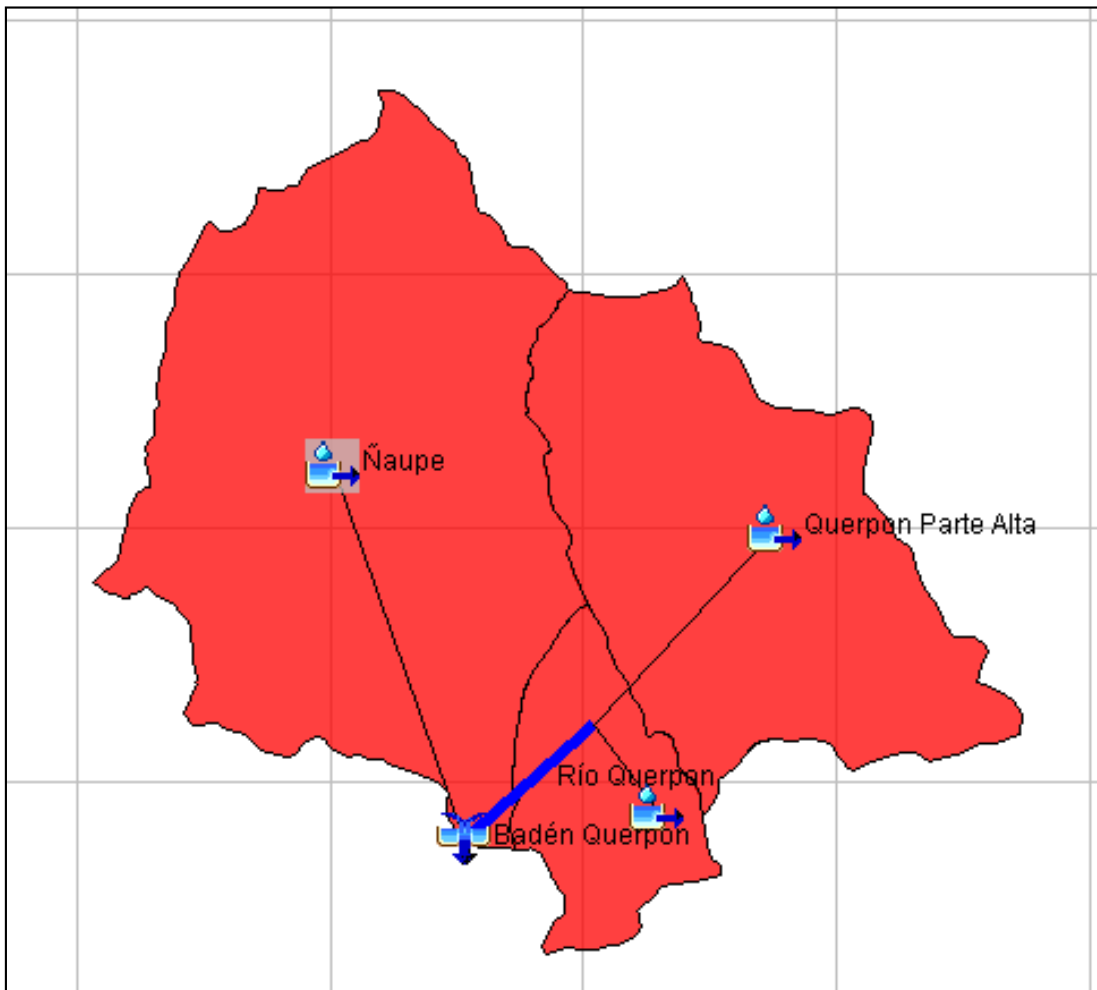


Figura 44:

Modelo hidrológico de la cuenca

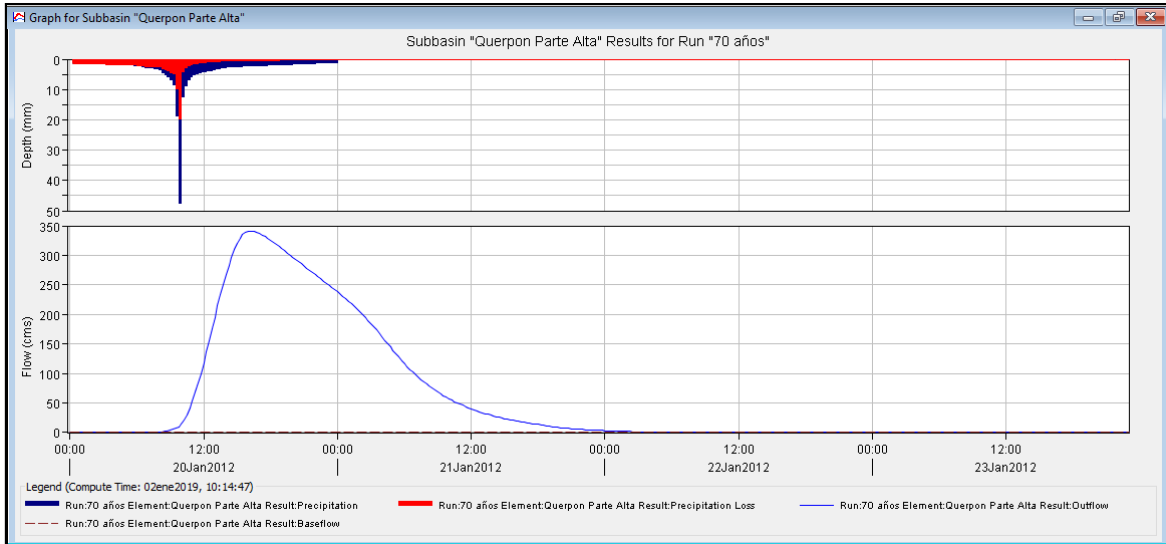


Figura 45:

Hidrograma de máxima avenida para un periodo de retorno de 70 años – Querpón (Parte Alta)

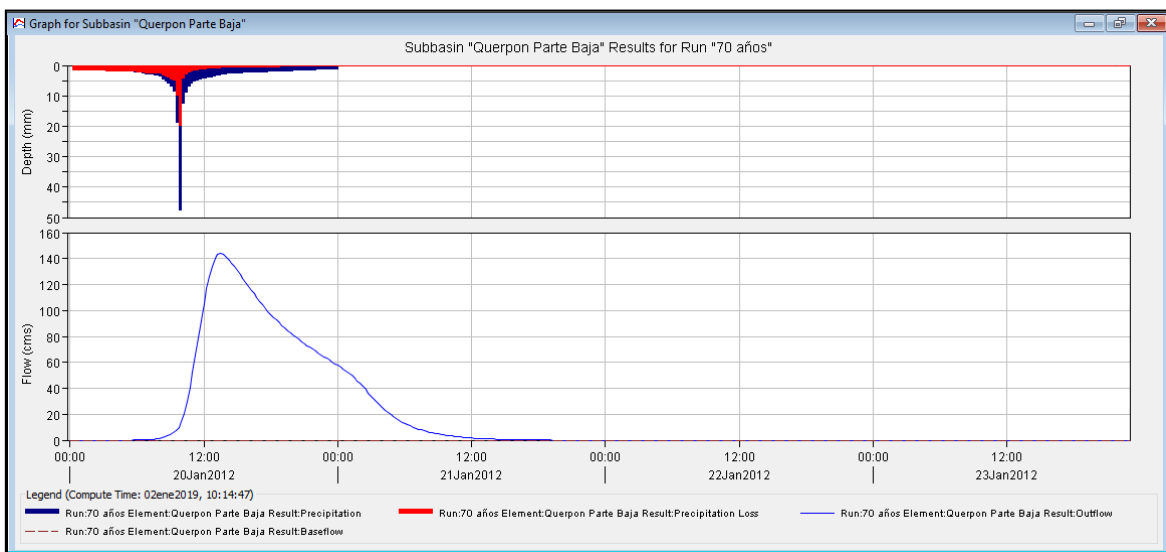


Figura 46:

Hidrograma de máxima avenida para un periodo de retorno de 70 años – Querpón (Parte Baja)

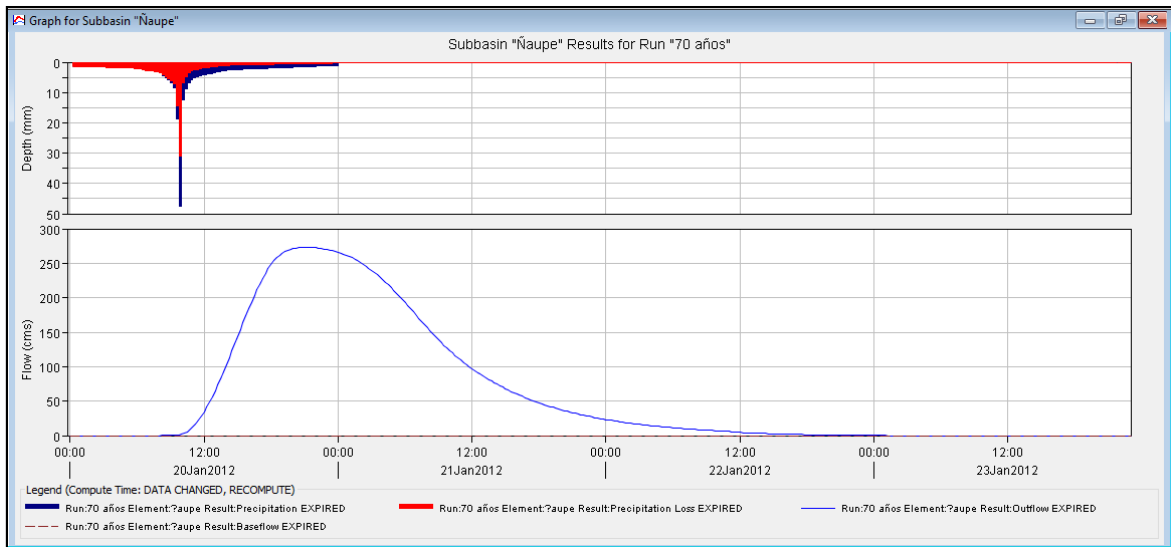


Figura 47:
Hidrograma de máxima avenida para un periodo de retorno de 70 años – Querpción (Ñaupe)

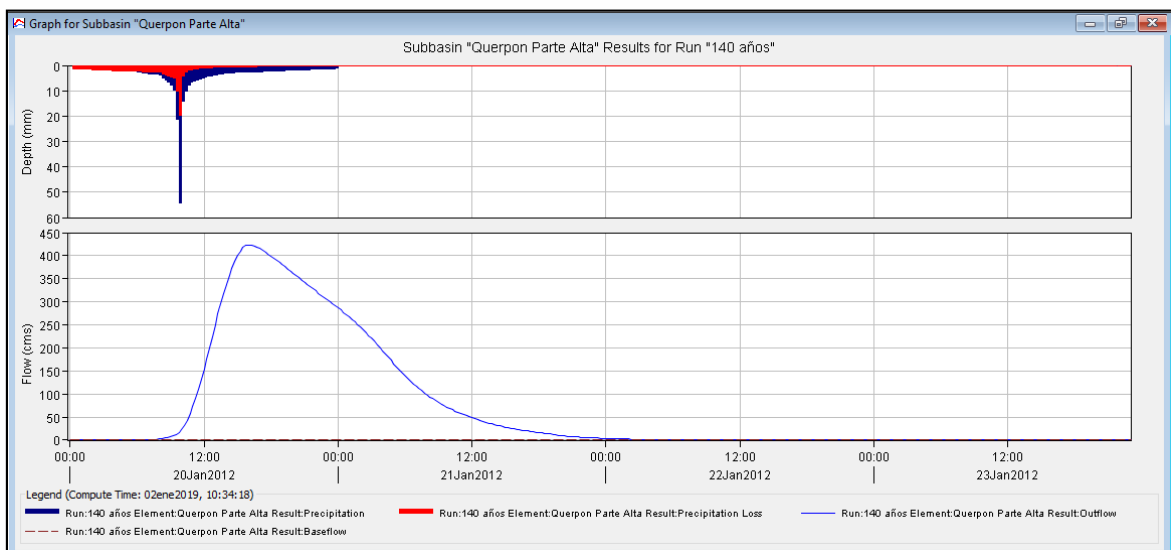


Figura 48:
Hidrograma de máxima avenida para un periodo de retorno de 140 años – Querpción (Parte Alta)

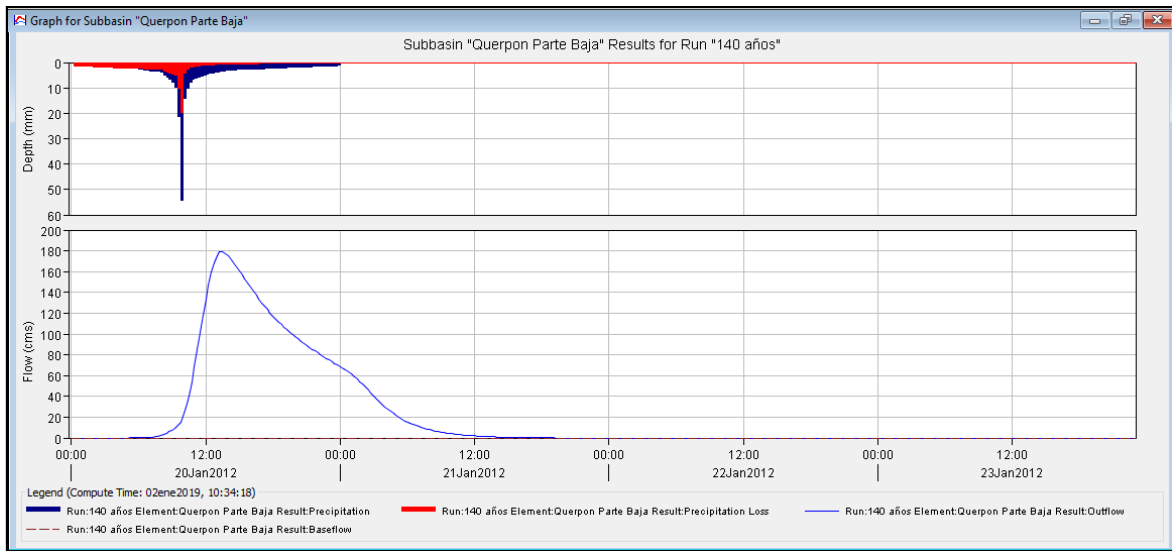


Figura 49:

Hidrograma de máxima avenida para un periodo de retorno de 140 años – Querpón (Parte Baja)

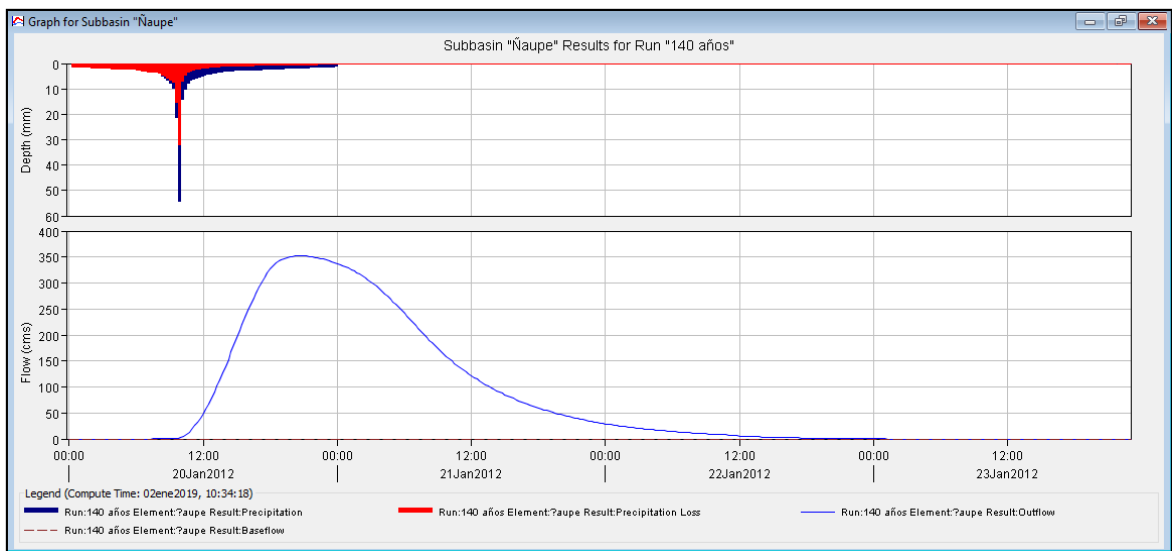


Figura 50:

Hidrograma de máxima avenida para un periodo de retorno de 140 años – Querpón (Ñaupe)

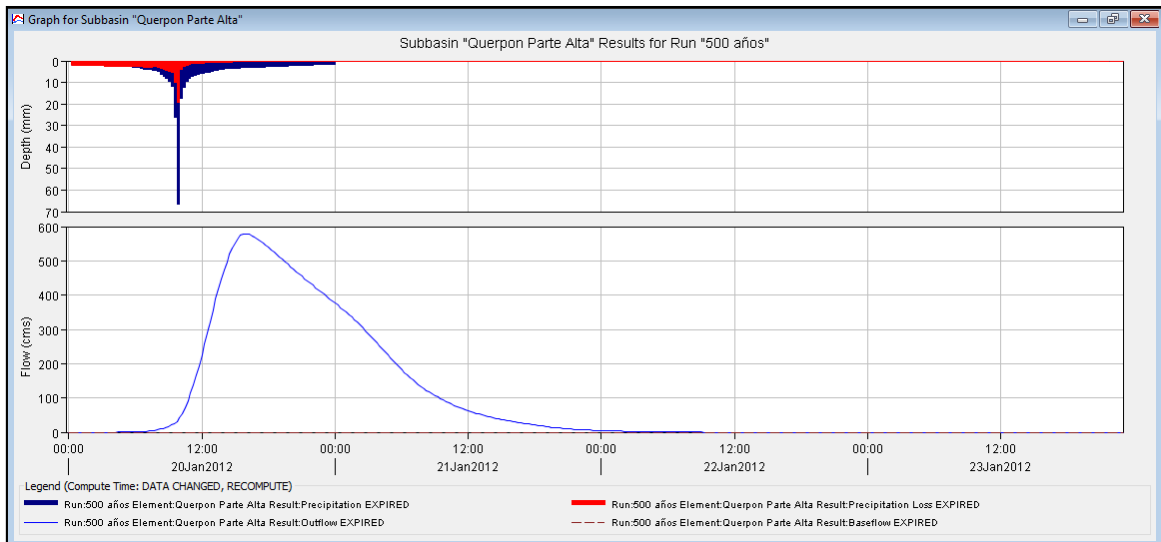


Figura 51:

Hidrograma de máxima avenida para un periodo de retorno de 500 años – Querpón (Parte Alta)

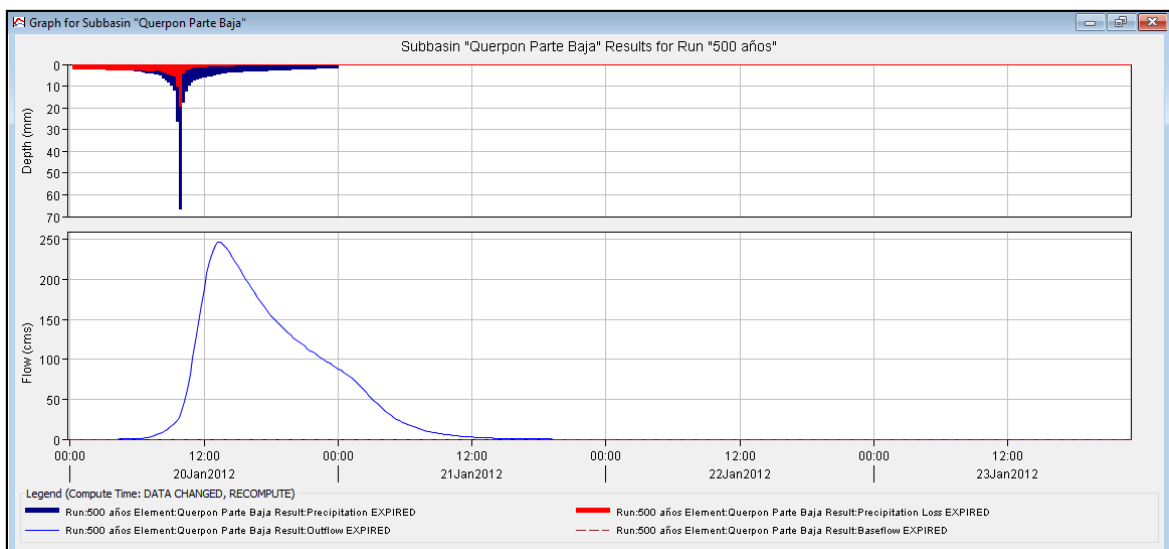


Figura 52:

Hidrograma de máxima avenida para un periodo de retorno de 500 años – Querpón (Parte Baja)

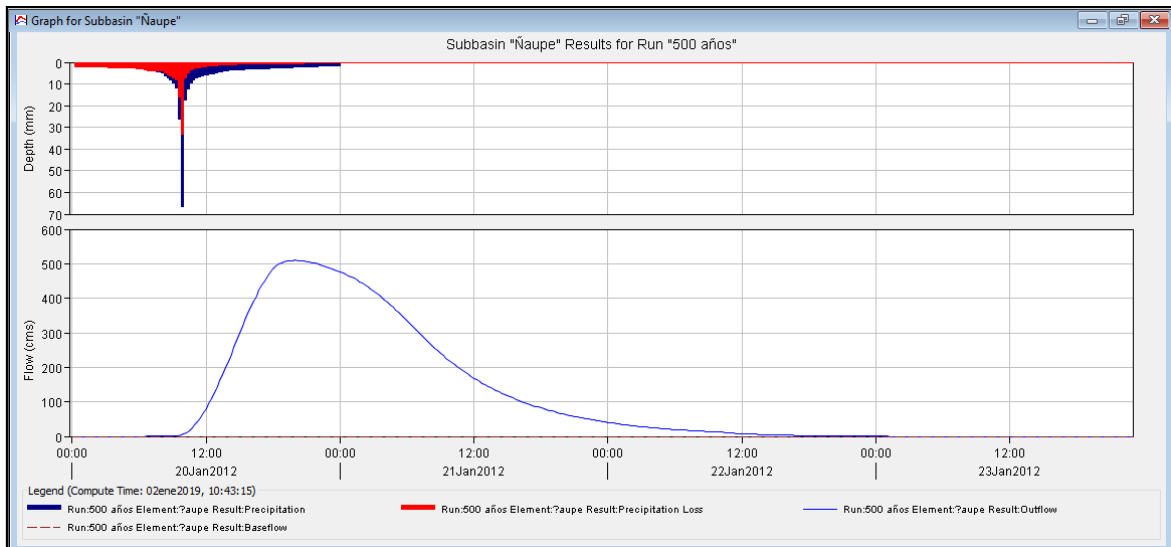


Figura 53:

Hidrograma de máxima avenida para un periodo de retorno de 500 años – Querpón (Ñaupe)

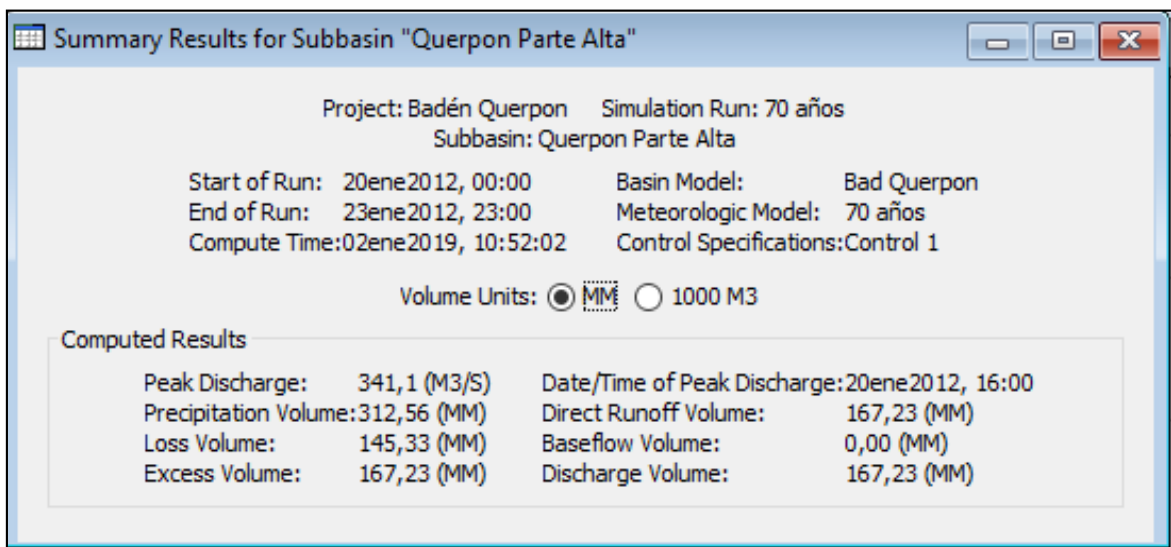


Figura 54:

Resumen de la corrida con el HEC-HMS – TR 70 años – Querpón (Parte Alta)

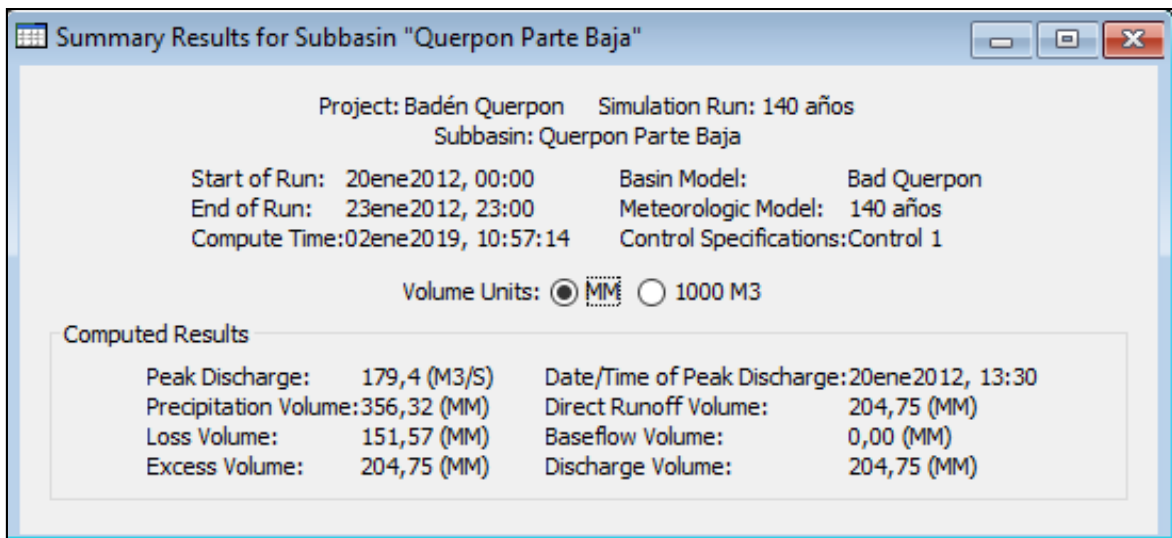


Figura 55:

Resumen de la corrida con el HEC-HMS – TR 70 años – Querpon (Parte Baja)

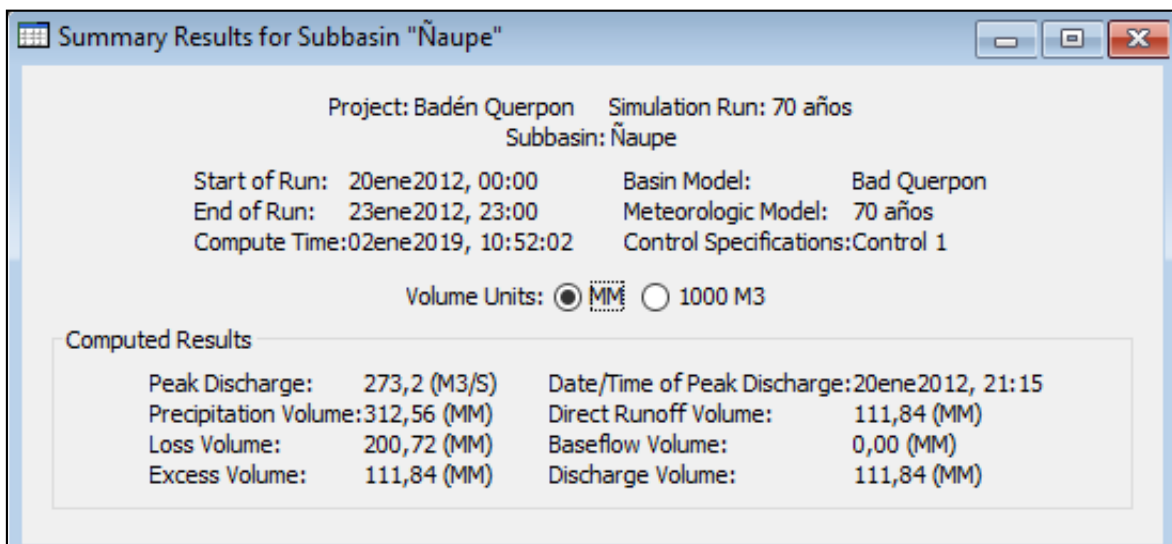


Figura 56:

Resumen de la corrida con el HEC-HMS – TR 70 años – Querpon (Ñaupe)

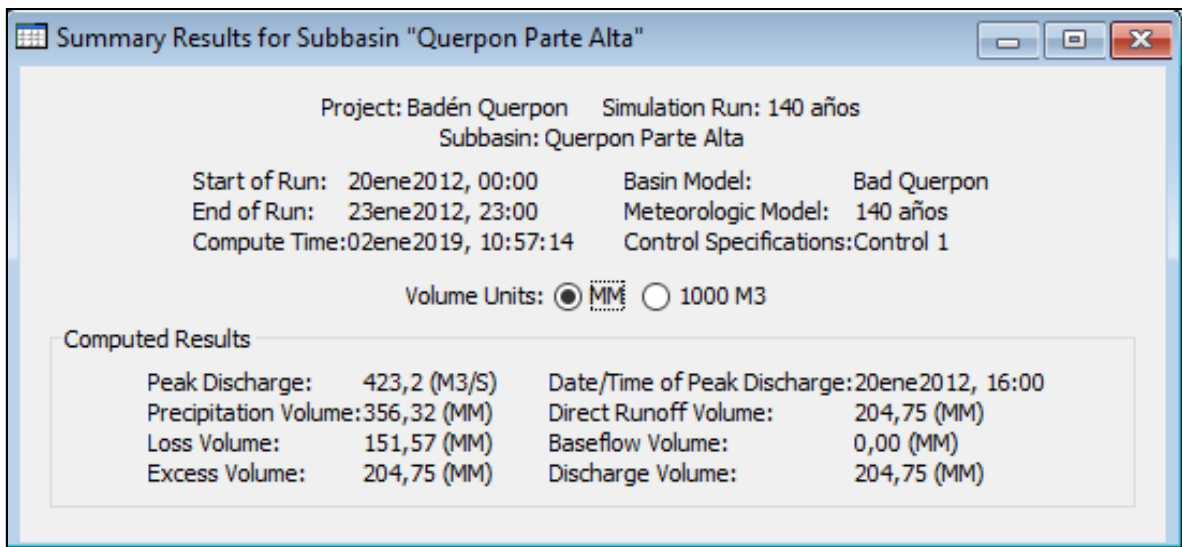


Figura 57:

Resumen de la corrida con el HEC-HMS – TR 140 años – Querpón (Parte Alta)

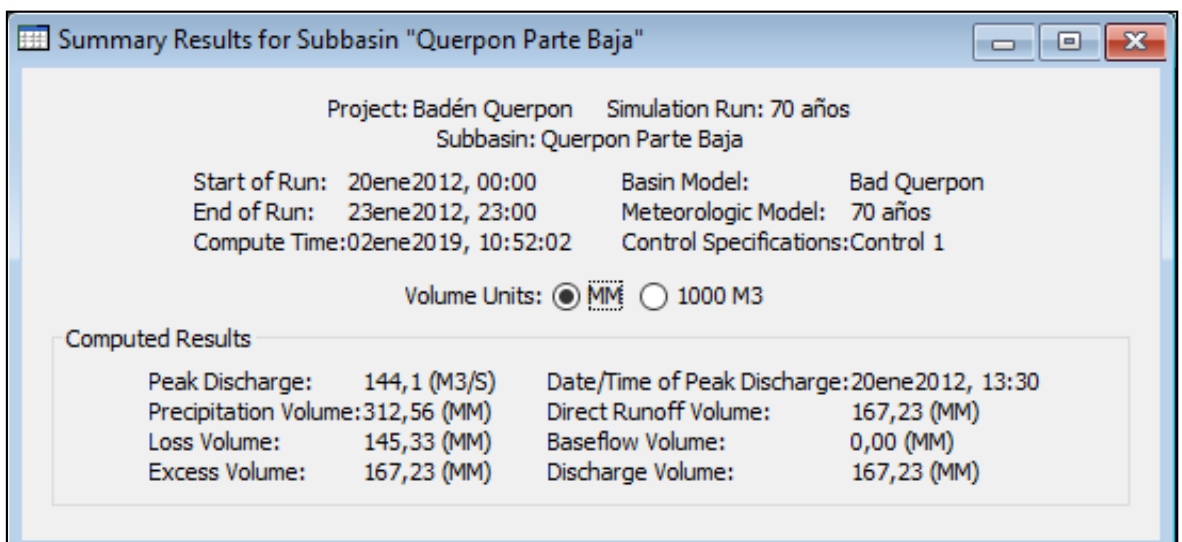


Figura 58:

Resumen de la corrida con el HEC-HMS – TR 140 años – Querpón (Parte Baja)

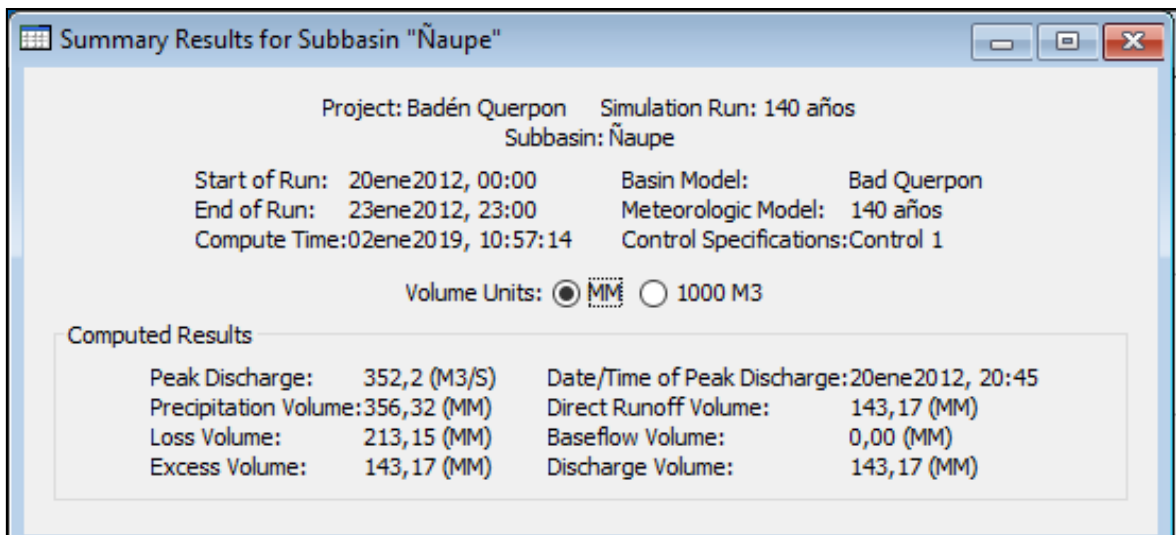


Figura 59:

Resumen de la corrida con el HEC-HMS – TR 140 años – Querpón (Ñaupe)

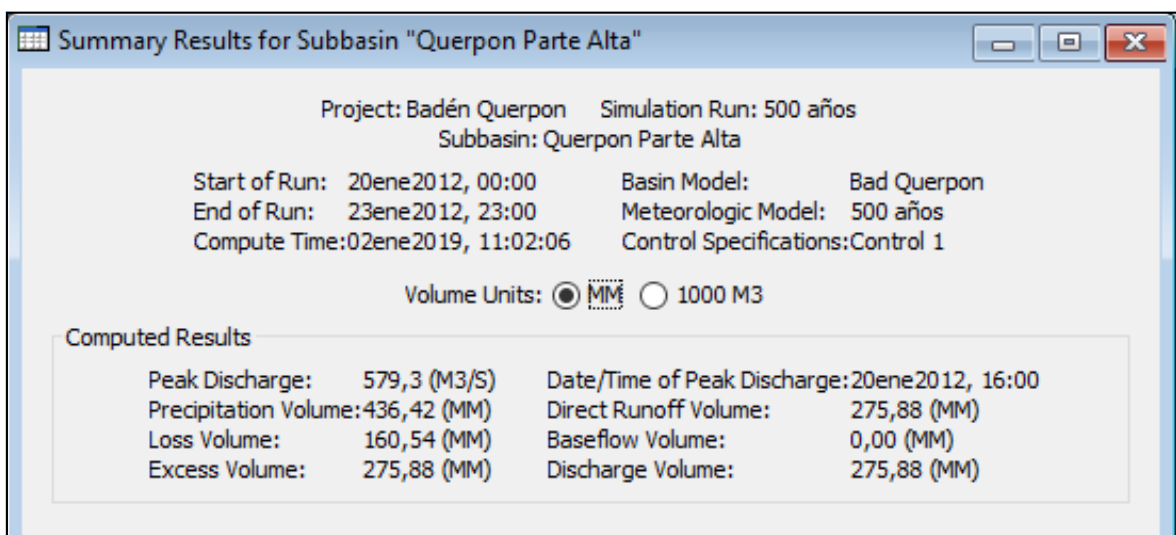


Figura 60:

Resumen de la corrida con el HEC-HMS – TR 500 años – Querpón (Parte Alta)

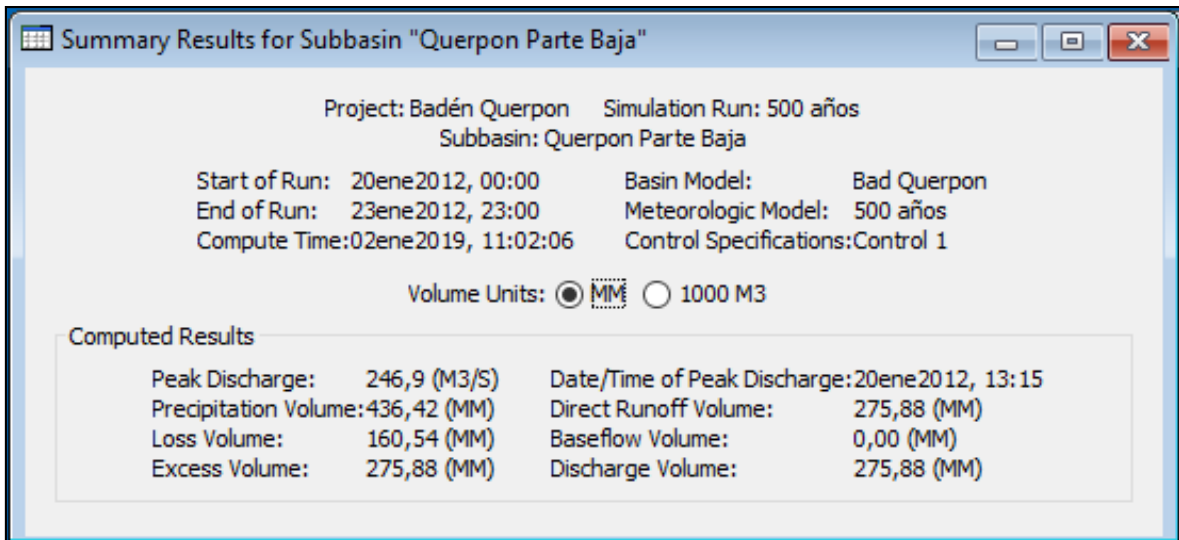


Figura 61:
Resumen de la corrida con el HEC-HMS – TR 500 años – Querpón (Parte Baja)

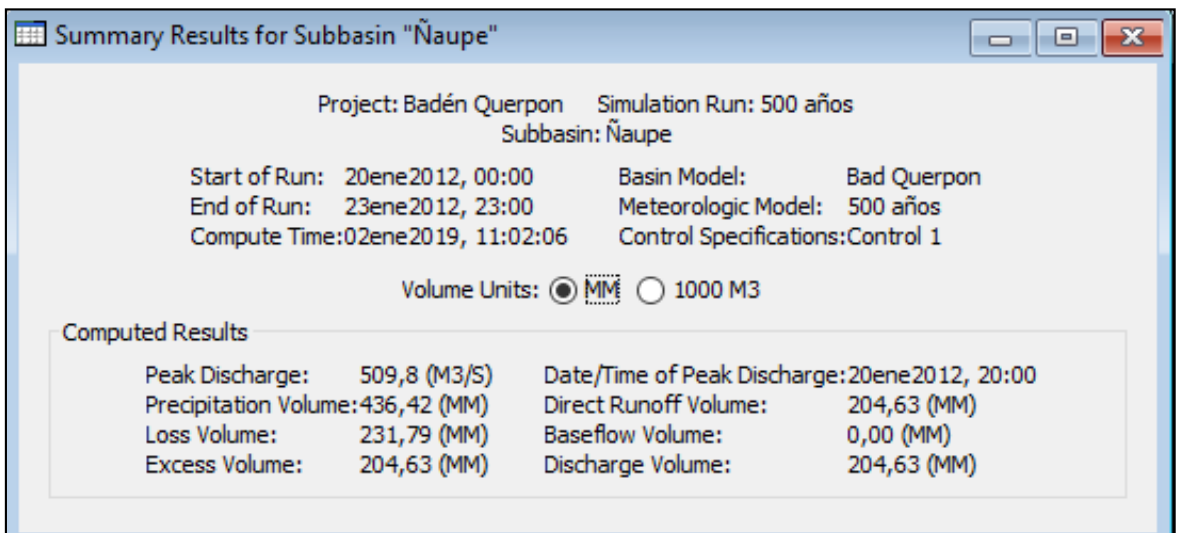


Figura 62:
Resumen de la corrida con el HEC-HMS – TR 500 años – Querpón (Ñaupe)

Anexo 4: Cálculos HEC-RAS y socavación

Resultado del Modelamiento con HEC RAS- Badén Querpón (2017)

HEC-RAS se ha desarrollado para el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (USACE), está diseñado para realizar cálculos hidráulicos en una y dos dimensiones para una red completa de canales naturales y construidos.

Data a ingresar

Para realizar una simulación hidráulica del cauce, y poder calcular el NAME y la socavación, es necesario crear un plan que incorpore un fichero de datos de geometría y otro de datos hidráulicos.

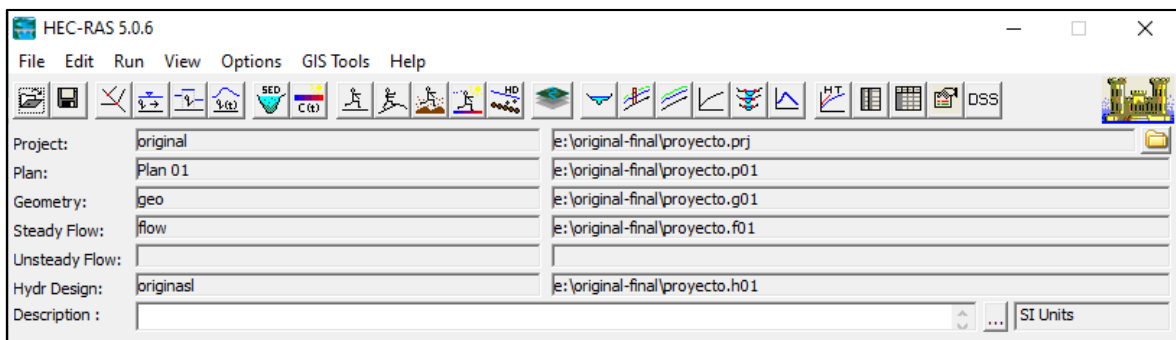


Figura 63:

Pantalla donde se ingresa la data para el HEC-RAS

Geometría

Data importada de la topografía en civil 3D con su alineamiento cada 5 m de y sus secciones de 700 m.

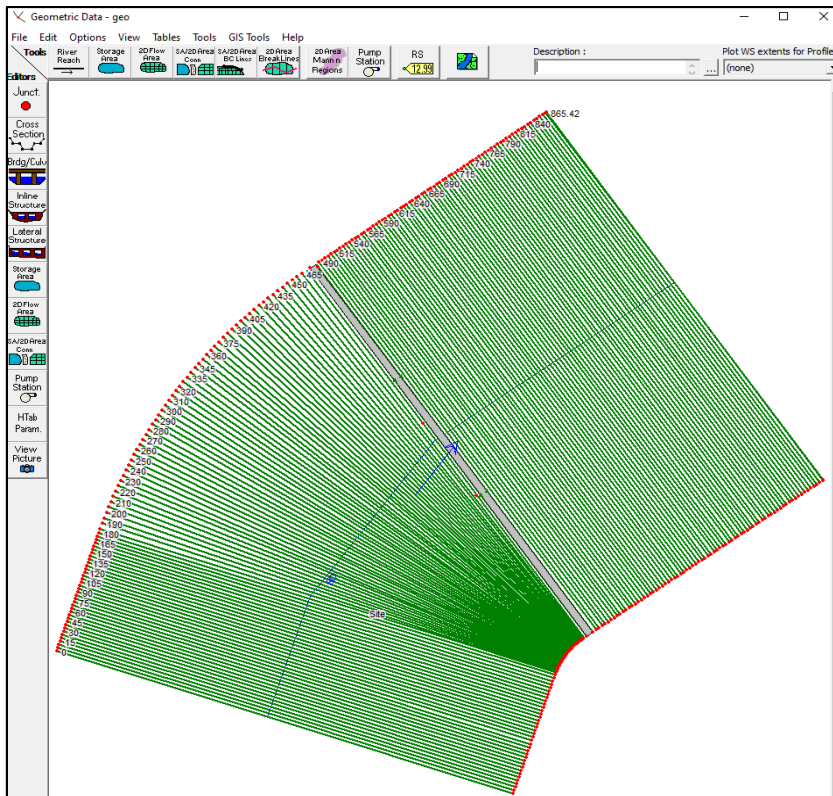


Figura 64:
Geometría del cauce del río Ñaupe

Flujo

Se genera tres tipos de perfiles de los caudales que se determinaron en el HEC-HMS para tiempos de retorno de 70, 140 y 500 años.

Flow Change Location			Profile Names and Flow Rates			
River	Reach	RS	tr 70	tr 500	Año 1998	Año 2017
1 SD	Site	865.42	670.4	1179.5	478.3	155.1

Figura 65:
Data del flujo calcula en el HEC-HMS

Perfil longitudinal del eje del río

Se puede observar el perfil de NAME y fondo del río con sus respectivas cotas para el tiempo el año 2017.

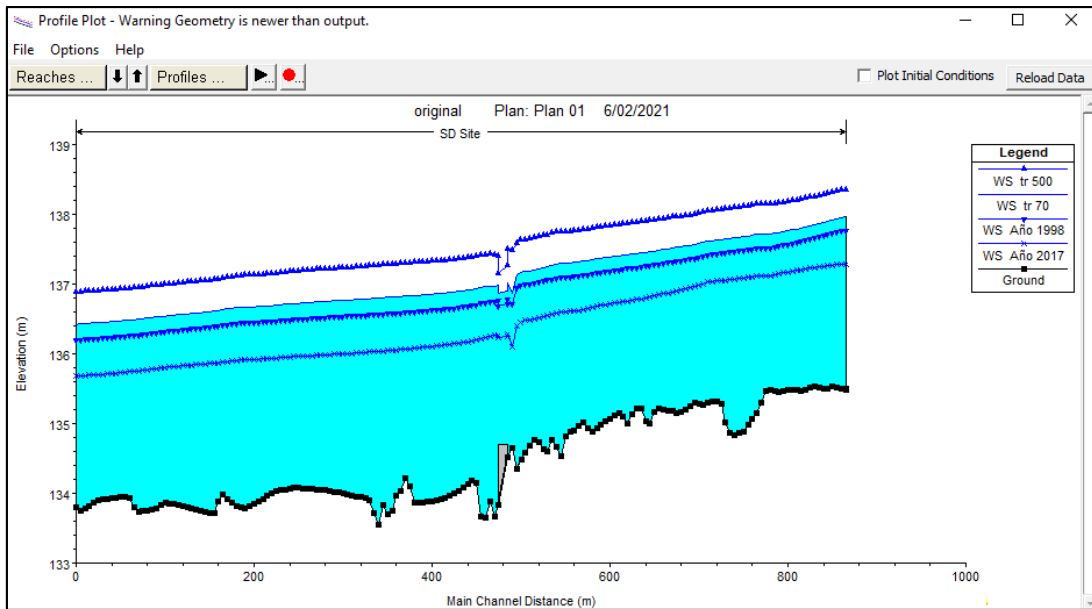


Figura 66:

Perfil del eje del río

Vista del comportamiento del río

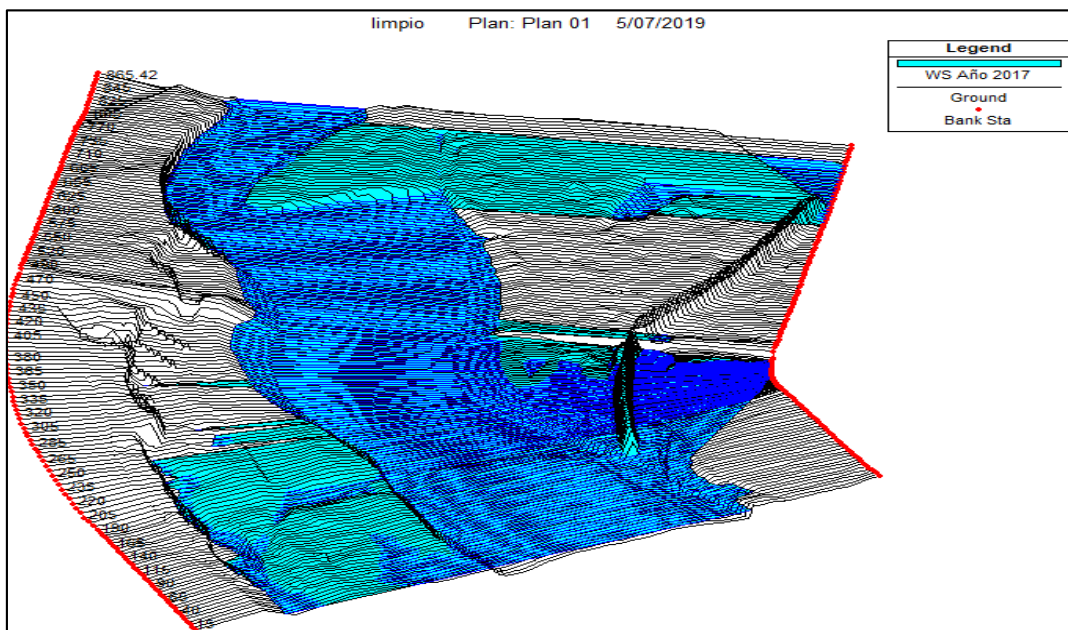


Figura 67:

Vista del cauce con flujo del río Ñaupe

Resultados generados en HEC-RAS, del cual se recogerá datos de cotas de fondo, elevación de agua, velocidad, pendiente y área para calcular la cota de socavación.

Profile Output Table - Standard Table 1											
File Options Std. Tables Locations Help											
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: SD Reach: Site Profile: tr 500											
Reach	River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Site	865.42	1179.50	135.49	138.36	138.00	138.52	0.003700	1.81	650.20	607.85	0.56
Site	865	1179.50	135.49	138.36		138.52	0.003667	1.81	651.93	607.85	0.56
Site	860	1179.50	135.51	138.34		138.50	0.003336	1.76	670.64	607.81	0.53
Site	855	1179.50	135.52	138.33		138.49	0.003207	1.75	675.62	600.98	0.53
Site	850	1179.50	135.53	138.31		138.47	0.003124	1.74	678.79	596.19	0.52
Site	845	1179.50	135.51	138.30		138.45	0.003124	1.74	677.11	592.19	0.52
Site	840	1179.50	135.50	138.28		138.44	0.003049	1.74	679.62	586.76	0.51
Site	835	1179.50	135.52	138.27		138.42	0.002907	1.72	686.83	581.12	0.50
Site	830	1179.50	135.54	138.26		138.41	0.002768	1.70	694.41	575.45	0.49
Site	825	1179.50	135.52	138.25		138.39	0.002692	1.69	697.46	569.82	0.49
Site	820	1179.50	135.49	138.23		138.38	0.002679	1.70	695.54	563.94	0.49
Site	815	1179.50	135.47	138.22		138.36	0.002683	1.70	694.24	561.98	0.49
Site	810	1179.50	135.48	138.21		138.35	0.002526	1.68	703.81	555.63	0.48
Site	805	1179.50	135.48	138.19		138.34	0.002478	1.67	707.19	554.16	0.47
Site	800	1179.50	135.48	138.18		138.32	0.002429	1.66	710.80	552.87	0.47
Site	795	1179.50	135.46	138.17		138.31	0.002357	1.64	717.13	552.31	0.46
Site	790	1179.50	135.45	138.16		138.30	0.002256	1.62	727.49	554.05	0.45
Site	785	1179.50	135.47	138.15		138.29	0.002160	1.60	737.99	555.69	0.44
Site	780	1179.50	135.49	138.15		138.27	0.002040	1.57	751.69	557.34	0.43
Site	775	1179.50	135.47	138.15		138.26	0.001773	1.50	785.02	559.09	0.40
Site	770	1179.50	135.31	138.15		138.25	0.001395	1.40	844.47	560.59	0.36
Site	765	1179.50	135.14	138.15		138.24	0.001181	1.33	888.35	561.42	0.34
Site	760	1179.50	135.06	138.13		138.23	0.001412	1.40	842.43	562.01	0.37
Site	755	1179.50	134.99	138.12		138.22	0.001522	1.44	820.89	556.87	0.38
Site	750	1179.50	134.89	138.11		138.22	0.001541	1.44	817.20	555.43	0.38
Site	745	1179.50	134.87	138.10		138.21	0.001543	1.44	816.59	554.69	0.38
Site	740	1179.50	134.83	138.09		138.20	0.001533	1.44	818.25	554.74	0.38
Site	735	1179.50	134.87	138.09		138.19	0.001549	1.45	815.83	555.16	0.38
Site	730	1179.50	135.01	138.08		138.18	0.001556	1.45	815.19	555.89	0.38
Site	725	1179.50	135.29	138.07		138.18	0.001476	1.42	828.20	556.14	0.37
Site	720	1179.50	135.32	138.06		138.17	0.001514	1.43	822.13	556.36	0.38
Site	715	1179.50	135.32	138.05		138.16	0.001548	1.44	816.65	556.55	0.38
Site	710	1179.50	135.29	138.04		138.15	0.001611	1.46	807.00	556.80	0.39
Site	705	1179.50	135.27	138.03		138.14	0.001803	1.51	780.03	556.58	0.41
Site	700	1179.50	135.29	138.01		138.13	0.002004	1.56	755.52	556.21	0.43
Site	695	1179.50	135.30	138.00		138.12	0.002010	1.56	754.77	556.13	0.43
Site	690	1179.50	135.24	137.99		138.11	0.001948	1.55	761.59	555.76	0.42
Site	685	1179.50	135.20	137.98		138.10	0.001915	1.54	765.28	555.38	0.42
Site	680	1179.50	135.17	137.97		138.09	0.001883	1.53	768.65	554.60	0.42
Site	675	1179.50	135.15	137.97		138.08	0.001792	1.51	779.84	554.11	0.41
Site	670	1179.50	135.18	137.96		138.07	0.001737	1.50	786.25	552.36	0.40
Site	665	1179.50	135.18	137.95		138.06	0.001760	1.51	782.51	551.07	0.40
Site	660	1179.50	135.19	137.94		138.06	0.001745	1.51	783.46	549.14	0.40
Site	655	1179.50	135.22	137.93		138.05	0.001777	1.52	778.22	547.52	0.41
Site	650	1179.50	135.17	137.92		138.04	0.001828	1.53	770.48	545.65	0.41
Site	645	1179.50	134.99	137.91		138.03	0.001712	1.50	784.31	542.99	0.40
Site	640	1179.50	135.03	137.90		138.02	0.001704	1.51	783.70	540.45	0.40

Figura 68:

Corrida Hec-Ras

Profile Output Table - Standard Table 1											
File Options Std. Tables Locations Help											
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: SD Reach: Site Profile: tr 500											
Reach	River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Site	635	1179.50	135.21	137.90		138.01	0.001689	1.51	783.52	536.85	0.40
Site	630	1179.50	135.22	137.89		138.00	0.001696	1.51	779.43	531.38	0.40
Site	625	1179.50	135.13	137.88		137.99	0.001619	1.50	786.98	525.38	0.39
Site	620	1179.50	135.00	137.87		137.98	0.001592	1.49	791.67	526.79	0.39
Site	615	1179.50	135.10	137.86		137.98	0.001644	1.50	786.27	530.53	0.39
Site	610	1179.50	135.15	137.85		137.97	0.001647	1.51	782.01	524.18	0.39
Site	605	1179.50	135.12	137.85		137.96	0.001621	1.50	785.81	524.21	0.39
Site	600	1179.50	135.06	137.84		137.95	0.001645	1.51	779.10	518.81	0.39
Site	595	1179.50	135.04	137.83		137.94	0.001632	1.51	781.79	519.75	0.39
Site	590	1179.50	134.99	137.82		137.94	0.001616	1.51	783.51	518.87	0.39
Site	585	1179.50	134.94	137.81		137.93	0.001645	1.51	780.00	519.98	0.39
Site	580	1179.50	134.88	137.80		137.92	0.001763	1.54	764.14	520.35	0.41
Site	575	1179.50	134.94	137.79		137.91	0.001783	1.54	767.57	531.01	0.41
Site	570	1179.50	135.02	137.78		137.90	0.001724	1.52	776.34	532.87	0.40
Site	565	1179.50	134.96	137.77		137.89	0.001711	1.52	778.18	532.66	0.40
Site	560	1179.50	134.90	137.76		137.88	0.001735	1.52	775.00	533.29	0.40
Site	555	1179.50	134.88	137.76		137.87	0.001696	1.51	780.46	533.66	0.40
Site	550	1179.50	134.82	137.75		137.86	0.001542	1.47	803.71	534.53	0.38
Site	545	1179.50	134.53	137.75		137.85	0.001381	1.42	831.52	535.82	0.36
Site	540	1179.50	134.66	137.74		137.85	0.001413	1.43	826.15	536.49	0.37
Site	535	1179.50	134.76	137.73		137.84	0.001576	1.48	796.76	531.89	0.39
Site	530	1179.50	134.60	137.71		137.83	0.001755	1.54	767.17	524.16	0.41
Site	525	1179.50	134.64	137.69		137.82	0.001834	1.57	752.24	515.62	0.41
Site	520	1179.50	134.74	137.68		137.81	0.001972	1.61	734.38	513.12	0.43
Site	515	1179.50	134.77	137.66		137.80	0.002180	1.66	712.63	513.17	0.45
Site	510	1179.50	134.68	137.65		137.79	0.002219	1.67	708.40	512.20	0.45
Site	505	1179.50	134.59	137.64		137.78	0.002037	1.63	725.82	510.57	0.44
Site	500	1179.50	134.48	137.63		137.76	0.002109	1.64	717.36	508.88	0.44
Site	495	1179.50	134.35	137.59		137.75	0.002711	1.78	664.17	506.61	0.50
Site	490	1179.50	134.65	137.48		137.72	0.005469	2.20	536.46	502.73	0.68
Site	485	1179.50	134.52	137.49	136.18	137.71	0.000208	2.06	572.39	513.85	0.39
Site	480	Bridge									
Site	475	1179.50	133.84	137.40		137.56	0.000127	1.78	663.16	464.10	0.31
Site	470	1179.50	133.66	137.42		137.56	0.000772	1.87	827.97	444.12	0.31
Site	465	1179.50	133.88	137.43		137.54	0.001488	1.51	778.97	479.96	0.38
Site	460	1179.50	133.65	137.42		137.53	0.001452	1.46	807.58	516.21	0.37
Site	455	1179.50	133.67	137.42		137.53	0.001528	1.48	799.39	523.17	0.38
Site	450	1179.50	134.14	137.40		137.52	0.001788	1.54	765.18	527.89	0.41
Site	445	1179.50	134.19	137.39		137.51	0.001784	1.54	765.34	527.14	0.41
Site	440	1179.50	134.13	137.38		137.50	0.001710	1.52	775.36	527.00	0.40
Site	435	1179.50	134.08	137.37		137.49	0.001722	1.52	775.16	528.88	0.40
Site	430	1179.50	134.04	137.36		137.48	0.001770	1.53	769.05	528.79	0.41
Site	425	1179.50	134.00	137.35		137.47	0.001734	1.52	773.63	528.58	0.40
Site	420	1179.50	133.97	137.35		137.46	0.001665	1.50	784.23	530.63	0.40
Site	415	1179.50	133.94	137.34		137.45	0.001627	1.49	791.98	534.72	0.39
Site	410	1179.50	133.92	137.34		137.44	0.001498	1.46	809.96	531.25	0.38
Site	405	1179.50	133.90	137.33		137.44	0.001424	1.43	822.88	532.24	0.37
Site	400	1179.50	133.88	137.33		137.43	0.001352	1.41	836.53	533.28	0.36
Site	395	1179.50	133.88	137.32		137.42	0.001297	1.39	848.08	534.87	0.35
Site	390	1179.50	133.87	137.32		137.41	0.001233	1.37	861.77	535.93	0.34
Site	385	1179.50	133.87	137.31		137.41	0.001139	1.34	881.63	535.77	0.33
Site	380	1179.50	133.87	137.31		137.40	0.001121	1.33	886.75	536.81	0.33
Site	375	1179.50	134.10	137.30		137.39	0.001121	1.33	886.76	536.56	0.33
Site	370	1179.50	134.21	137.30		137.39	0.001086	1.32	895.17	536.61	0.33

Figura 69:

Corrida Hec-Ras

Profile Output Table - Standard Table 1											
File Options Std. Tables Locations Help											
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: SD Reach: Site Profile: tr 500											
Reach	River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
Site	365	1179.50	134.04	137.30		137.38	0.001055	1.31	903.72	537.36	0.32
Site	360	1179.50	133.96	137.29		137.38	0.001049	1.30	905.62	538.26	0.32
Site	355	1179.50	133.75	137.29		137.37	0.000997	1.28	919.26	538.08	0.31
Site	350	1179.50	133.70	137.28		137.37	0.000959	1.27	929.63	537.49	0.31
Site	345	1179.50	133.83	137.28		137.36	0.000978	1.28	923.74	536.34	0.31
Site	340	1179.50	133.55	137.27		137.36	0.000949	1.27	929.72	534.03	0.31
Site	335	1179.50	133.72	137.27		137.35	0.000967	1.28	921.92	530.42	0.31
Site	330	1179.50	133.91	137.26		137.35	0.000973	1.29	917.87	527.18	0.31
Site	325	1179.50	133.93	137.26		137.34	0.000991	1.30	910.40	523.71	0.31
Site	320	1179.50	133.94	137.25		137.34	0.001004	1.30	904.90	520.95	0.32
Site	315	1179.50	133.96	137.25		137.33	0.000963	1.29	914.94	519.22	0.31
Site	310	1179.50	133.97	137.24		137.33	0.000944	1.28	919.94	518.65	0.31
Site	305	1179.50	133.98	137.24		137.32	0.000922	1.27	926.18	518.12	0.30
Site	300	1179.50	134.00	137.23		137.32	0.000922	1.27	927.37	519.63	0.30
Site	295	1179.50	134.01	137.23		137.31	0.000900	1.26	935.71	522.21	0.30
Site	290	1179.50	134.03	137.22		137.31	0.000904	1.26	937.57	526.59	0.30
Site	285	1179.50	134.04	137.22		137.30	0.000879	1.23	955.78	541.30	0.30
Site	280	1179.50	134.04	137.22		137.30	0.000899	1.24	951.86	544.54	0.30
Site	275	1179.50	134.05	137.21		137.29	0.000888	1.23	955.61	544.53	0.30
Site	270	1179.50	134.06	137.21		137.29	0.000893	1.24	954.33	544.92	0.30
Site	265	1179.50	134.06	137.20		137.28	0.000926	1.25	945.24	546.82	0.30
Site	260	1179.50	134.07	137.20		137.28	0.000950	1.26	938.38	547.39	0.31
Site	255	1179.50	134.07	137.19		137.27	0.000940	1.25	941.05	546.96	0.31
Site	250	1179.50	134.08	137.19		137.27	0.000965	1.26	933.16	546.31	0.31
Site	245	1179.50	134.08	137.18		137.26	0.000971	1.27	930.46	544.57	0.31
Site	240	1179.50	134.07	137.18		137.26	0.000970	1.27	930.28	544.10	0.31
Site	235	1179.50	134.06	137.17		137.25	0.001001	1.28	922.64	545.66	0.31
Site	230	1179.50	134.05	137.16		137.25	0.001031	1.29	915.72	547.66	0.32
Site	225	1179.50	134.03	137.16		137.24	0.001073	1.30	905.80	549.16	0.32
Site	220	1179.50	134.00	137.15		137.24	0.001098	1.31	899.81	549.69	0.33
Site	215	1179.50	133.96	137.14		137.23	0.001109	1.31	897.11	549.44	0.33
Site	210	1179.50	133.92	137.14		137.22	0.001081	1.30	904.66	550.62	0.32
Site	205	1179.50	133.89	137.13		137.22	0.001056	1.29	911.60	551.13	0.32
Site	200	1179.50	133.85	137.13		137.21	0.000999	1.27	927.06	551.59	0.31
Site	195	1179.50	133.81	137.13		137.21	0.000923	1.24	949.88	551.92	0.30
Site	190	1179.50	133.79	137.13		137.20	0.000863	1.22	969.05	551.95	0.29
Site	185	1179.50	133.80	137.12		137.20	0.000833	1.21	978.69	551.00	0.29
Site	180	1179.50	133.82	137.12		137.19	0.000876	1.22	963.59	550.42	0.30
Site	175	1179.50	133.87	137.11		137.19	0.000955	1.26	939.04	550.58	0.31
Site	170	1179.50	133.92	137.10		137.18	0.001065	1.30	908.18	550.02	0.32
Site	165	1179.50	133.98	137.08		137.18	0.001175	1.34	881.77	549.71	0.34
Site	160	1179.50	133.88	137.07		137.17	0.001292	1.38	856.89	549.63	0.35
Site	155	1179.50	133.71	137.06		137.16	0.001339	1.39	848.07	550.00	0.36
Site	150	1179.50	133.72	137.05		137.16	0.001398	1.41	838.27	551.70	0.36
Site	145	1179.50	133.74	137.05		137.15	0.001415	1.41	838.33	556.74	0.37
Site	140	1179.50	133.75	137.04		137.14	0.001366	1.38	852.67	565.80	0.36
Site	135	1179.50	133.77	137.04		137.13	0.001286	1.35	870.55	570.06	0.35
Site	130	1179.50	133.78	137.03		137.13	0.001264	1.34	877.17	573.44	0.35
Site	125	1179.50	133.80	137.03		137.12	0.001252	1.34	880.34	574.42	0.35
Site	120	1179.50	133.81	137.02		137.11	0.001259	1.34	879.74	575.73	0.35
Site	115	1179.50	133.83	137.01		137.11	0.001290	1.35	873.77	576.76	0.35
Site	110	1179.50	133.84	137.01		137.10	0.001287	1.35	874.11	576.48	0.35
Site	105	1179.50	133.86	137.00		137.09	0.001276	1.35	876.19	576.40	0.35
Site	100	1179.50	133.87	136.99		137.09	0.001278	1.35	875.74	576.30	0.35

Figura 70:

Corrida Hec-Ras

Profile Output Table - Standard Table 1											
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: SD Reach: Site Profile: tr 500											
Reach	River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Site	270	1179.50	134.06	137.21		137.29	0.000893	1.24	954.33	544.92	0.30
Site	265	1179.50	134.06	137.20		137.28	0.000926	1.25	945.24	546.82	0.30
Site	260	1179.50	134.07	137.20		137.28	0.000950	1.26	938.38	547.39	0.31
Site	255	1179.50	134.07	137.19		137.27	0.000940	1.25	941.05	546.96	0.31
Site	250	1179.50	134.08	137.19		137.27	0.000965	1.26	933.16	546.31	0.31
Site	245	1179.50	134.08	137.18		137.26	0.000971	1.27	930.46	544.57	0.31
Site	240	1179.50	134.07	137.18		137.26	0.000970	1.27	930.28	544.10	0.31
Site	235	1179.50	134.06	137.17		137.25	0.001001	1.28	922.64	545.66	0.31
Site	230	1179.50	134.05	137.16		137.25	0.001031	1.29	915.72	547.66	0.32
Site	225	1179.50	134.03	137.16		137.24	0.001073	1.30	905.80	549.16	0.32
Site	220	1179.50	134.00	137.15		137.24	0.001098	1.31	899.81	549.69	0.33
Site	215	1179.50	133.96	137.14		137.23	0.001109	1.31	897.11	549.44	0.33
Site	210	1179.50	133.92	137.14		137.22	0.001081	1.30	904.66	550.62	0.32
Site	205	1179.50	133.89	137.13		137.22	0.001056	1.29	911.60	551.13	0.32
Site	200	1179.50	133.85	137.13		137.21	0.000999	1.27	927.06	551.59	0.31
Site	195	1179.50	133.81	137.13		137.21	0.000923	1.24	949.88	551.92	0.30
Site	190	1179.50	133.79	137.13		137.20	0.000863	1.22	969.05	551.95	0.29
Site	185	1179.50	133.80	137.12		137.20	0.000833	1.21	978.69	551.00	0.29
Site	180	1179.50	133.82	137.12		137.19	0.000876	1.22	963.59	550.42	0.30
Site	175	1179.50	133.87	137.11		137.19	0.000955	1.26	939.04	550.58	0.31
Site	170	1179.50	133.92	137.10		137.18	0.001065	1.30	908.18	550.02	0.32
Site	165	1179.50	133.98	137.08		137.18	0.001175	1.34	881.77	549.71	0.34
Site	160	1179.50	133.88	137.07		137.17	0.001292	1.38	856.89	549.63	0.35
Site	155	1179.50	133.71	137.06		137.16	0.001339	1.39	848.07	550.00	0.36
Site	150	1179.50	133.72	137.05		137.16	0.001398	1.41	838.27	551.70	0.36
Site	145	1179.50	133.74	137.05		137.15	0.001415	1.41	838.33	556.74	0.37
Site	140	1179.50	133.75	137.04		137.14	0.001366	1.38	852.67	565.80	0.36
Site	135	1179.50	133.77	137.04		137.13	0.001286	1.35	870.55	570.06	0.35
Site	130	1179.50	133.78	137.03		137.13	0.001264	1.34	877.17	573.44	0.35
Site	125	1179.50	133.80	137.03		137.12	0.001252	1.34	880.34	574.42	0.35
Site	120	1179.50	133.81	137.02		137.11	0.001259	1.34	879.74	575.73	0.35
Site	115	1179.50	133.83	137.01		137.11	0.001290	1.35	873.77	576.76	0.35
Site	110	1179.50	133.84	137.01		137.10	0.001287	1.35	874.11	576.48	0.35
Site	105	1179.50	133.86	137.00		137.09	0.001276	1.35	876.19	576.40	0.35
Site	100	1179.50	133.87	136.99		137.09	0.001278	1.35	875.74	576.30	0.35
Site	95	1179.50	133.83	136.99		137.08	0.001283	1.35	876.64	579.27	0.35
Site	90	1179.50	133.79	136.98		137.07	0.001265	1.34	881.80	581.93	0.35
Site	85	1179.50	133.77	136.98		137.07	0.001281	1.34	879.63	583.58	0.35
Site	80	1179.50	133.76	136.97		137.06	0.001348	1.36	867.26	585.01	0.36
Site	75	1179.50	133.75	136.96		137.05	0.001402	1.37	858.40	587.40	0.36
Site	70	1179.50	133.73	136.95		137.05	0.001395	1.37	862.21	591.61	0.36
Site	65	1179.50	133.80	136.94		137.04	0.001385	1.36	867.06	596.70	0.36
Site	60	1179.50	133.93	136.94		137.03	0.001363	1.35	875.05	603.48	0.36
Site	55	1179.50	133.95	136.93		137.02	0.001323	1.33	886.67	609.85	0.35
Site	50	1179.50	133.94	136.93		137.02	0.001293	1.31	898.43	619.88	0.35
Site	45	1179.50	133.93	136.92		137.01	0.001237	1.29	913.05	624.06	0.34
Site	40	1179.50	133.93	136.92		137.00	0.001198	1.28	924.22	628.23	0.34
Site	35	1179.50	133.92	136.91		137.00	0.001163	1.26	935.12	632.43	0.33
Site	30	1179.50	133.91	136.91		136.99	0.001112	1.24	950.49	636.68	0.32
Site	25	1179.50	133.90	136.91		136.98	0.001063	1.22	965.96	640.86	0.32
Site	20	1179.50	133.86	136.90		136.98	0.001042	1.21	974.21	645.05	0.31
Site	15	1179.50	133.82	136.90		136.97	0.001028	1.20	980.83	649.27	0.31
Site	10	1179.50	133.79	136.89		136.97	0.001015	1.20	984.97	650.00	0.31
Site	5	1179.50	133.75	136.89		136.96	0.001015	1.20	984.93	650.00	0.31
Site	0	1179.50	133.80	136.88	135.97	136.96	0.001000	1.19	989.34	650.00	0.31

Figura 71:

Corrida Hec-Ras