

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**ESTUDIO DE HIDRÁULICA FLUVIAL Y SIMULACIÓN DEL
COMPORTAMIENTO, EN AVENIDAS MÁXIMAS, DEL RIO
JEQUETEPEQUE TRAMO INFIERNILLO-PELLEJITO DE 19 Km DE
LONGITUD. PROVINCIA DE PACASMAYO DEPARTAMENTO DE LA
LIBERTAD - 2015
LINEA DE INVESTIGACION: HIDRAULICA
TESIS PARA OPTAR EL TITULO
DE INGENIERO CIVIL**

AUTORES :

Bach. TRUJILLO ORTIZ, HAMILTON

Bach. VELÁSQUEZ REYNA, JESUS ALVERTO

ASESOR :

ING. GARCÍA RIVERA, JUAN PABLO.

CIP N° 68614

TRUJILLO- 2015

N° de Registro N° 0871-2015-FI-UPAO

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**ESTUDIO DE HIDRÁULICA FLUVIAL Y SIMULACIÓN DEL
COMPORTAMIENTO, EN AVENIDAS MÁXIMAS, DEL RIO
JEQUETEPEQUE TRAMO INFIERNILLO-PELLEJITO DE 19 Km DE
LONGITUD. PROVINCIA DE PACASMAYO DEPARTAMENTO DE LA
LIBERTAD - 2015
LINEA DE INVESTIGACION: HIDRAULICA
TESIS PARA OPTAR EL TITULO
DE INGENIERO CIVIL**

AUTORES :

Bach. TRUJILLO ORTIZ, HAMILTON

Bach. VELÁSQUEZ REYNA, JESUS ALVERTO

ASESOR :

ING. GARCÍA RIVERA, JUAN PABLO

CIP N° 68614

TRUJILLO- 2015

N° de Registro N° 0871-2015-FI-UPAO

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	3
RESUMEN	4
ABSTRACT	5
I. GENERALIDADES	6
I.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	6
I.2 UBICACIÓN	7
I.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	8
I.4 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	8
I.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	9
I.6 OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS	10
I.6.1 OBJETIVO GENERAL:	10
I.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	10
I.7 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS	10
I.8 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	11
I.9 RECOLECCIÓN, CREACIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS	12
II. MARCO TEÓRICO	13
II.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	13
II.1.1 RECONOCIMIENTO DE TERRENO Y PLAN DE TRABAJO:	13
II.1.2 TRABAJO DE CAMPO	13
II.1.3 TRABAJO DE GABINETE	14
II.2 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELO	15
II.2.1 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	15
II.3 HIDROLOGÍA:	20
II.3.1 MÉTODO DE DISTRIBUCIÓN NORMAL	21
II.3.2 MÉTODO DE DISTRIBUCIÓN LOG - PEARSON TIPO III	23
II.3.3 MÉTODO DE DISTRIBUCIÓN DE GUMBEL (Valor extremo Tipo I)	26
II.4 HIDRÁULICA FLUVIAL	28
II.4.1 TIPOS DE FLUJOS	29
II.4.1.1. Flujo Laminar Y Turbulento:	29
II.4.1.2. Flujo Permanente y No Permanente:	29
II.4.1.3. Flujo Uniforme y Variado:	30
II.4.2. GEOMETRÍA DE SECCIONES EN FLUJO UNIFORME	30
II.4.2.1. TIRANTE HIDRÁULICO (y ó d)	31
II.4.2.2. ANCHO ESTABLE (B):	32
II.4.2.3. VELOCIDAD	35
II.4.3. SOCAVACIÓN	38
II.4.4.1. SOCAVACIÓN GENERAL	38

II.4.4.2. SOCAVACIÓN LOCALIZADA _____	41
II.4.4. SIMULACIÓN HIDRÁULICA _____	42
III. RESULTADOS DE ESTUDIOS REALIZADOS EN EL RIO JEQUETEPEQUE TRAMO INFIERNILLO PELLEJITO _____	43
III.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO _____	43
III.2. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS _____	44
III.3. HIDROLOGÍA _____	49
Tabla N° 17 _____	64
Tabla N° 18 _____	68
Tabla N° 19 _____	71
Tabla N° 20 _____	72
III.4. HIDRÁULICA FLUVIAL _____	72
III.4.1. ANCHO ESTABLE: _____	75
III.4.2. TIRANTE HIDRÁULICO: _____	81
III.4.3. VELOCIDAD MEDIA Y TIPO DE FLUJO: _____	83
III.4.4. PROFUNDIDAD DE SOCAVACIÓN: _____	85
III.5. SIMULACIÓN HIDRÁULICA CON HEC RAS _____	90
III.5.1. SECCIONES TRANSVERSALES _____	90
III.5.2. PERFIL LONGITUDINAL _____	113
III.5.3. VELOCIDAD EN EL FLUJO DEL RIO _____	123
III.5.4. SIMULACION EN 3D _____	133
III.5.5. TABLAS RESUMEN DE SALIDA DEL PERFIL _____	144
IV. CONCLUSIONES _____	156
V. RECOMENDACIONES _____	158
VI. BIBLIOGRAFÍA _____	159
VII. ANEXOS _____	160

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Tramo del Río en Estudio.	7
Tabla N° 2. Abertura de Tamices.	16
Tabla N° 3. Ejemplo de Granulometría.	18
Tabla N° 4. Parámetros.	24
Tabla N° 5. Coeficientes K.	35
Tabla N° 6. Granulometría de M1.	45
Tabla N° 7. Granulometría de M2.	46
Tabla N° 8. Granulometría de M3.	47
Tabla N° 9. Granulometría de M4.	48
Tabla N° 10. Análisis Estadístico.	51
Tabla N° 11. Parámetros Estadísticos.	53
Tabla N° 12. Distr. Log Normal.	54
Tabla N° 13. Distr. Gumbel.	55
Tabla N° 14. Distr. Log Person III.	56
Tabla N° 15. Resumen de Caudales III.	57
Tabla N° 16. Descargas P.R. de 10 años.	57
Tabla N° 17. Descargas P.R. de 25 años.	61
Tabla N° 18. Descargas P.R. de 50 años.	64
Tabla N° 19. Descargas P.R. de 100 años.	68
Tabla N° 20. Resumen de Caudales.	72
Tabla N° 21. Valores de Rugosidad.	75
Tabla N° 22. Coeficiente K1.	75
Tabla N° 23. Coeficiente de tipo de Río.	75
Tabla N° 24. Resumen de Hidráulica Fluvial.	88

INDICE DE ILUSTRACIONES

Imagen N° 01. Cuenca del Valle Jequetepeque.	7
Imagen N° 02. Rio Jequetepeque tramo Infiernillo Pellejito.	8
Imagen N° 03. Geometría de Sección.	30
Imagen N° 04. Distribución Vertical.	37
Imagen N° 05. Modelamiento de Rio con Software.	42
Imagen N° 06. Curva Granulométrica M1.	45
Imagen N° 07. Curva Granulométrica M2.	46
Imagen N° 08. Curva Granulométrica M3.	47
Imagen N° 09. Curva Granulométrica M4.	48
Imagen N° 10. Cuenca Hidrológica del Valle Jequetepeque	50
Imagen N° 11. Presa Gallito Ciego- aguas arriba y aguas abajo.	51
Imagen N° 12. Grafica de Log Normal	54
Imagen N° 13. Grafica de Gumbel.	55
Imagen N° 14. Grafica de Log-Pearson	56
Imagen N° 15. Tipo de Flujo.	82
Imagen N° 16. Caudales ingresados al Hec Ras	89
Imagen N° 17. Sección P.R. 10 años.	90
Imagen N° 18. Sección P.R. 25 años.	90
Imagen N° 19. Sección P.R. 50 años.	91
Imagen N° 20. Sección P.R. 100 años.	91
Imagen N° 21. Perfil P.R. 10 años.	112
Imagen N° 22. Perfil P.R. 25 años.	112
Imagen N° 23. Perfil P.R. 50 años.	113
Imagen N° 24. Perfil P.R. 100 años.	113
Imagen N° 25. Velocidad P.R. 10 años.	122
Imagen N° 26. Velocidad P.R. 25 años.	122
Imagen N° 27. Velocidad P.R. 50 años.	123
Imagen N° 28. Velocidad P.R. 100 años	123
Imagen N° 29. 3D P.R. Inicial	132
Imagen N° 30. 3D P.R. 10 años	132
Imagen N° 31. 3D P.R. 25 años	133
Imagen N° 32. 3D P.R. 50 años	133
Imagen N° 33. 3D P.R. 100 años	134

INTRODUCCIÓN

Para analizar el comportamiento de un río, hay tres grandes ideas que debemos tener presentes al enfrentarnos al estudio de éstos.

La primera idea es que debemos mirar a los ríos como riqueza, como recursos naturales, como fuentes de vida; es decir, como posibilidades de aprovechamiento en beneficio de la humanidad.

La segunda idea es que debemos tener presente en relación a un río, es su protección. Debemos proteger al río de la agresión. Una forma típica de agresión a los ríos, que luego se vuelve contra quien lo causó, es la contaminación.

La tercera idea, y más importante para el presente trabajo, es que debemos mirar a los ríos como elementos naturales de los cuales tenemos que defendernos. Las avenidas son fenómenos naturales, producto de la aparición de determinadas condiciones hidrometeorológicas, una inundación, en cambio es el desbordamiento de un río por la incapacidad del cauce para contener el caudal que se presenta.

La inundación es, pues, un fenómeno de tipo hidráulico, prueba de ello es que pueden ocurrir inundaciones sin que haya crecidas o un evento hidrometeorológico extraordinario. Las obras de control y el tratamiento del problema de las avenidas e inundaciones son parte de la hidráulica Fluvial.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación está basada en el estudio de hidráulica fluvial del Rio Jequetepeque aguas abajo de la represa Gallito Ciego, que consta de una longitud de 18.907 Km expresadas en progresivas. En dicho trabajo se realizaron los siguientes estudios: E. Topográfico, E. Mecánica de Suelos, E. Hidrológico, hidráulica fluvial y finalmente con el apoyo de la simulación hidráulica se identificaran las progresivas más vulnerables donde ocurrirán las inundaciones. Los resultados obtenidos en el modelamiento y simulación del cauce del rio Jequetepeque aguas abajo de la represa Gallito Ciego, nos muestra que para un periodo de retorno de 10 años, podría existir inundación en las progresivas 2+000, 6+500; para un periodo de retorno de 25 años, podría existir inundación en las progresivas 2+000, 6+500, 13+000; para un periodo de retorno de 50 años, podría existir inundación en las progresivas 3+000, 7+500, 18+000; y para un periodo de retorno de 100 años, podría existir inundación en las progresivas 18+257.31 hasta 17+500, también en la progresiva 15+500 hasta la 14+500.0, de igual manera en la 13+500 hasta 12+000 y finalmente desde la progresiva 8+750 hasta progresiva 0.

ABSTRACT

This research is based on the study of river hydraulics Jequetepeque River downstream of the Gallito Ciego dam, consisting of a length of 18,907 Km expressed in progressive. In this work the following studies were performed: Topography, soil mechanics, hydrology, river hydraulics and finally with the support of the most vulnerable hydraulic simulation where progressive flooding occur were identified. The results obtained in modeling and simulation Jequetepeque riverbed downstream of the dam Gallito Ciego, we show that for a return period of 10 years, flooding could exist in progressive 2 + 000 6 + 500; for a return period of 25 years, there may be flooding in progressive 2 + 000 500 6 + 13 + 000; for a return period of 50 years, there may be flooding in progressive 3 + 000 7 500 + 18 + 000; and for a return period of 100 years, there could be flooding in progressive 18 + 17 + 257.31 to 500, also in the progressive 15 + 14 + 500 to 500.0, just as in the 13 + 500-12 + 000 finally from the gradual progressive 8 + 750 to 0.

I. GENERALIDADES

I.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La mayoría de los ríos de la costa peruana tuvieron la presencia de eventos extraordinarios tales como los caudales de máximas avenidas, asociados a Fenómenos de El Niño, registrándose magnitudes extraordinarias en los años 1982/83 y 1997/98, provocadas por las lluvias intensas, aumentando significativamente la elevación del nivel del curso del agua de los ríos mayor que el flujo medio de éstos; los cuales provocaron los desbordes de los ríos, ocasionando daños importantes, principalmente en terrenos agrícolas, zonas urbanas, obras de infraestructura de riego; causando por tanto un fuerte impacto en la estructura socioeconómica del país.

Según las cifras preliminares de los daños ocasionados en el departamento de la Libertad, dados por El INDECI, este último fenómeno fue de aproximadamente mil ochocientos millones de dólares americanos (US \$ 1800'000,000), produciendo 72,306 damnificados y 11,500 viviendas destruidas y cifras parecidas en los otros departamentos afectados.

En el presente Estudio se realizarán, las evaluaciones de hidráulica fluvial, abarcando el análisis de la socavación y sedimentología, de igual manera se realizará el modelamiento y simulación del comportamiento del río Jequetepeque en los Tramos Priorizados (Infiernillo– Pellejito), para posibles avenidas, mediante softwares especiales, las cuales darán a las autoridades y gobierno, los lineamientos técnicos necesarios para realizar obras de ingeniería y tomar medidas de prevención en las zonas más vulnerables.

Con el presente trabajo y estudio, se pretende dar a conocer a las autoridades y gobernantes una posible solución, en base a la prevención, para mitigar las pérdidas ocasionadas a nivel nacional, por los desastres naturales.

I.2 UBICACIÓN

El área de estudio está ubicada en la cuenca hidrológica del Valle Jequetepeque, compartida por los departamentos de La Libertad y Cajamarca, donde se encuentra la Represa Gallito Ciego, tal como se muestra en la imagen:

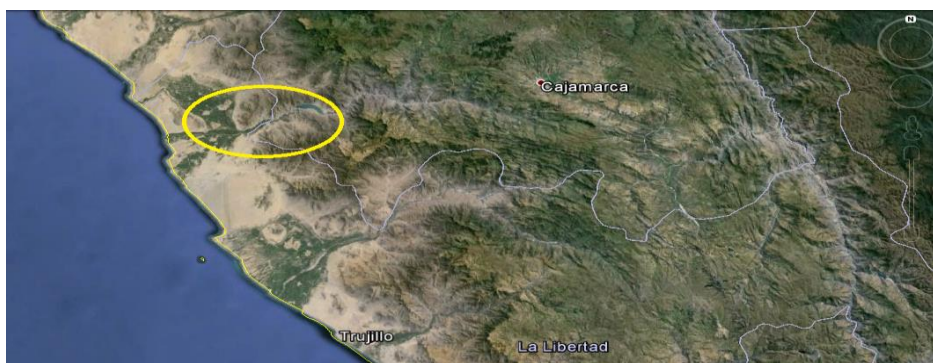


Imagen N° 01: Cuenca del Valle Jequetepeque tramo en estudio.
Fuente: Propia

El ámbito del Estudio comprende el cauce del río Jequetepeque, desde Infiernillo hasta Pellejito, en los distritos de San José y Guadalupe, provincia de Pacasmayo, departamento de La Libertad.

N°	TRAMO	MARGEN	COMISION DE REGANTES	REGION	PROVINCIA	DISTRITO
1	Infiernillo-Cultambo	MI	San José	La Libertad	Pacasmayo	San José
2	Cosquet-Ñampol	MI	San José	La Libertad	Pacasmayo	San José
3	Isla de Faclo	MD	Limoncarro	La Libertad	Pacasmayo	Guadalupe
4	Faclo Grande-Maicillo	MD	Limoncarro	La Libertad	Pacasmayo	Guadalupe
5	La Barraca-Pellejito	MD	Limoncarro	La Libertad	Pacasmayo	Guadalupe

Tabla N° 01. Tramo del Rio en Estudio.

Fuente: Propia

El acceso a la zona del Proyecto se da donde el Puente Libertad vadea el cauce del río Jequetepeque, arribando por el camino de servicio del Canal Jequetepeque a la Bocatoma del mismo nombre con dirección aguas arriba del río.



Imagen N° 02. Río Jequetepeque tramo Infiernillo Pellejito.

Fuente: Google Earth

I.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son las características hidrológicas, y de Hidráulica Fluvial como ancho estable, socavación, etc, y como se comportaría el río Jequetepeque, para avenidas extraordinarias, en el tramo infiernillo-pellejito de 19 km de longitud del distrito infiernillo provincia de Pacasmayo departamento de la libertad?

I.4 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Para la elaboración del presente trabajo y Estudio, se ha puesto a la disponibilidad del Consultar la siguiente información bibliográfica y técnica:

- Estudios Básicos y Expediente Técnico para la Rehabilitación y Mejoramiento de la Bocatoma Jequetepeque; Ing. Martín Gamarra Medianero, Consultor; Enero 2000:
 - ✓ Tomo I : Evaluación y Planeamiento
 - ✓ Tomo II : Estudio Geológico Geotécnico;
 - ✓ Tomo III : Ingeniería del Proyecto; y

- Estudios de Pre-factibilidad, Mejoramiento de la Bocatoma Jequetepeque San José - Barraje y Obra de Encauzamiento. Ing. Milutin Miloradovic O, Consultor Independiente; 2000.
- Expediente Técnico, Defensa Contra Inundaciones y Encauzamiento del Rio Jequetepeque en el Tramo Chafan – Tecapa. DES – PEJEZA; 2004.
- Estudios Básicos y Expediente Técnico para Defensa Ribereña del Río Jequetepeque en el Tramo Bocatoma Jequetepeque – Puente Olivares, Mejoramiento de la Mar-gen Izquierda y Ampliación en la Margen Derecha. DES PEJEZA; 2008.
- Expediente Técnico para Encauzamiento y Defensa Ribereña de la Margen Izquierda del Rio Jequetepeque. Tramo Cultambo Ñampol desde el Km. 0+000 al Km. 0+930 y Km. 1+640 al Km. 2+157. DES – PEJE-ZA; 2008.

I.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Importancia: El presente trabajo es importante para dar cuentas de las deficiencias que se tienen en los ríos, ante desastres naturales, y así poder aplicar procedimientos y metodologías para realizar los estudios de Hidráulica Fluvial (cálculos de socavación, sedimentación y simulación de inundaciones), a nivel nacional.

Orientación: El presente trabajo está orientado a los futuros profesionales y autoridades, para que tomen dicha investigación como fuente básica, para proyectos más complejos, y así salvaguardar la seguridad de los pobladores, mediante construcciones de defensa Rivereña, Bocatomas, Obras de Encausamiento, etc.

Beneficiarios: El presente estudio, beneficiará directamente a las poblaciones aledañas al cauce del río Jequetepeque y a la economía del país, mediante la defensa de obras ya construidas.

I.6 OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS

I.6.1 OBJETIVO GENERAL:

Elaborar el estudio de Hidráulica Fluvial y Simulación del comportamiento, en avenidas máximas, del río Jequetepeque, para el tramo Infiernillo-Pellejito, de la provincia de Pacasmayo departamento de la Libertad - 2015.

I.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- ✓ Identificar la pendiente del río Jequetepeque, y las secciones transversales del cauce, por medio de levantamiento topográfico del tramo en estudio.
- ✓ Calcular el coeficiente de Mannig y realizar la granulometría del suelo para identificar el diámetro medio (D_{50}) que contiene el suelo del cauce del Río Jequetepeque, mediante el Estudio de Mecánica de Suelo.
- ✓ Determinar el Caudal máximo de diseño ($Q_{\text{máx}}$) según la Hidrología del río e estudio.
- ✓ Calcular el ancho estable, tirante hidráulico, velocidad media y tipo de flujo, y socavación del tramo en estudio por medio del Análisis de Hidráulica Fluvial del río en estudio.
- ✓ Demostrar las zonas más vulnerables ante una inundación para distintos periodos de retorno, con el apoyo del software Hec-ras para el Modelamiento Hidrológico en 3D, del río y tramo en estudio.

I.7 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

El Presente Proyecto no reclama la Formulación de una Hipótesis, puesto que dicho método de investigación tiene un enfoque Cualitativo, en todo caso los Resultados y Conclusiones, se obtendrán del análisis que se

realizará en el presente trabajo de estudio, los cuales darán solución al Problema Planteado.

I.8 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Para la realización de la presente tesis, se utilizarán los siguientes métodos para demostrar el modo y ruta de trabajo que se seguirá para la realización de dicho Estudio, partiendo de los siguientes criterios:

La presente Tesis, está enfocada desde un método cualitativo y cuantitativo, con el cual se busca comprender el estado real y el comportamiento del río Jequetepeque en el tramo de Infiernillo- Pellejito, con una longitud de 19 Km, obteniendo los resultados del estudio mediante los trabajos topográficos obtenidos en campo, con los cuales se obtendrán los datos físicos reales, de dicho objeto de estudio, como la geomorfología, entre otros

El objetivo del nivel de Investigación que se realizará para el presente trabajo de estudio, corresponde a una investigación descriptiva; puesto que se describirá la situación real del río Jequetepeque en el tramo de Infiernillo- Pellejito, según los datos obtenidos en campo, y se mostrará, mediante modelamientos y simulaciones del comportamiento de dicho río, para así describir como es y cómo se presentaría en caso de avenidas máximas; para así poder prevenir futuros desastres y desbordes de dicho río.

El método que se utilizará será el método inductivo-deductivo-analítico, puesto que los resultados obtenidos en campo, serán analizados y utilizando el razonamiento, junto con las teorías y fórmulas, se obtendrán los resultados del estado real y las consecuencias que se podría producir en caso de máximas avenidas, y así poder salvaguardar los intereses y la vida de las poblaciones aledañas.

I.9 RECOLECCIÓN, CREACIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS

Las técnicas de recolección de información básica para la presente investigación serán obtenidas de los levantamientos topográficos, Estudios de Mecánica de suelos, realizados en la zona de estudio, y datos de descargas y caudales aguas arriba y aguas debajo de la represa Gallito Ciego.

II. MARCO TEÓRICO

II.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

El levantamiento topográfico es el proceso por el cual se realiza un conjunto de operaciones y métodos para representar gráficamente en un plano una porción de tierra, ubicando la posición de sus puntos naturales y/o articulares más importantes.

El levantamiento topográfico, se podría dividir en muchas etapas, sin embargo en el presente trabajo, lo dividiremos en 3:

II.1.1 RECONOCIMIENTO DE TERRENO Y PLAN DE TRABAJO:

Es la etapa por la cual se investiga, razona y deduce el método más apropiado para llevar óptimamente el trabajo de campo.

Para esto, es importante realizar la visita de terreno, preguntar la mayor cantidad de datos técnicos a los lugareños, así como alimentarnos de planos referenciales existentes del lugar.

II.1.2 TRABAJO DE CAMPO

Consiste en ejecutar insitu las mediciones de acuerdo al plan y estrategia establecido en el reconocimiento de terreno; esto se consigue midiendo distancias; ángulos horizontales, verticales, así como el desnivel entre los puntos.

Es importante que el trabajo se realice de manera ordenada, para de este modo hacer más simple el trabajo de gabinetes.

En esta etapa es imprescindible el uso de la libreta de campo, en el cual se anotan los datos obtenidos.

II.1.3 TRABAJO DE GABINETE

Son todos los cálculos matemáticos que se realizan con la finalidad de elaborar los planos.

Al respecto es preciso recomendar que la presencia de la persona que realizó las anotaciones en la libreta de campo, comparta el trabajo de gabinete, dado que será posible resolver cualquier duda en el caso lo hubiese, caso contrario se tendrá que regresar a campo.

En conclusión la eficiencia de un levantamiento topográfico depende en gran parte de la manera como se maneje el reconocimiento de terreno y plan de trabajo.

II.2 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELO

II.2.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

La forma original de este sistema fue propuesta por Casagrande en 1942, para usarse en la construcción de aeropuertos emprendida por el cuerpo de Ingenieros del Ejército durante la segunda guerra mundial. En cooperación con la Oficina de Restauración de Estados Unidos, el sistema fue revisado en 1952. Hoy en día, es ampliamente usado por los Ingenieros (Prueba D-222 de la ASTM). El sistema Unificado clasifica los suelos en dos amplias categorías.

SUELOS DE GRANO GRUESO

Que son de naturaleza tipo grava y arenosa con menos del 50% pasando por la malla N° 200. Los símbolos del grupo comienzan con un prefijo GaS. G significa grava o suelo gravoso y S significa arena o suelo arenoso.

LOS SUELOS DE GRANO FINO

Con 50% o más pasando la malla N° 200, los símbolos de grupo comienzan con un perfil M, que significa Limo inorgánico; C para Arcilla inorgánica u O para Limos y Arcillas Orgánicas, otros símbolos son también usados para la clasificación:

W: Bien graduado

P: Mal graduado

Las normas a utilizar serán las de Análisis granulométrico por tamizado (NTP-339.128) y (ASTM D-222).

La finalidad es obtener la distribución por tamaño de las partículas presentes en una muestra de suelo. Así es posible también su clasificación mediante sistemas como AASTHO o SUCS. El ensayo es importante, ya que gran parte de los criterios de aceptación de suelos para ser utilizados en bases o subbases de carreteras, presas de tierras, diques, drenajes, etc.; depende de este análisis.

Para obtener la distribución de tamaños, se emplean tamices normalizados y numerados, dispuestos en orden decreciente.

Para suelos con tamaño de partículas mayor a 0.074mm (74 micrones), o malla N°200, es utilizado el método de análisis mecánico, mediante tamices de aberturas y numeración:

Tamiz (ASTM)	Tamiz (Neh) (mm.)	Abertura real (mm.)	Tipo de suelo
3 "	80	76,12	GRAVA
2 "	50	50,80	
1 1/2 "	40	38,10	
1 "	25	25,40	
3/4 "	20	19,05	
3/8 "	10	9,52	ARENA GRUESA
N° 4	5	4,76	
N° 10	2	2,00	
N° 20	0,90	0,84	ARENA MEDIA
N° 40	0,50	0,42	
N° 60	0,30	0,25	ARENA FINA
N° 140	0,10	0,105	
N° 200	0,08	0,074	

Tabla N° 02. Abertura de Tamices.

Fuente: Propia

Para suelos de tamaño inferior, se utiliza el método del Hidrómetro, basado en la ley de Stokes.

Inmediatamente obtenido el tamaño de la muestra a ensayar, se separa a través del tamiz 3/8" ASTM (10mm). La fracción retenida en este tamiz, se pesa y se lava con el fin de eliminar todo el material fino menor a 0.074mm. Para esto, se remoja el suelo en un recipiente con agua hasta que las partículas más finas se suelten, enseguida se lava el suelo colocando como filtro la malla N°200 ASTM (0.074mm), hasta observar que el agua utilizada salga limpia. El material retenido en la malla se deposita en una bandeja y se coloca a horno durante 24 horas; cumplido el tiempo secado y una vez enfriada la muestra, se pesa, y por diferencia

con respecto al peso de la muestra natural, se obtiene el material fino por lavado.

De acuerdo a los valores de los pesos retenidos en cada tamiz, se registran los siguientes datos en la hoja de cálculo:

- ✓ Porcentaje Retenido en Malla (%RM)

$$\%RM = \frac{PRM}{M_t} * 100$$

Dónde:

PRM: Peso Retenido en cada Malla (grs)

M_t: Peso Total de la muestra seca (grs)

- ✓ Porcentaje Retenidos acumulados: Es la suma acumulativa de los porcentajes retenidos en y cada mallas.
- ✓ Porcentaje que Pasa la malla indicada: Es la diferencia entre el 100% de la muestra y el porcentaje retenido en cada malla.

En suelos granulares, la gradación, expresada numéricamente, la da el coeficiente de uniformidad C_u con el coeficiente de curvatura C_c.

$$C_U = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad \text{y} \quad C_C = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}}$$

Para suelos bien graduados, se debe cumplir:

$$C_u > 4 \text{ a } 6 \quad ; \quad 1 < C_c < 3$$

El Coeficiente de Uniformidad (C_u), es una medida de uniformidad (graduación) del suelo.

El Coeficiente de Curvatura (C_c) es un dato complementario para definir la uniformidad de la curva.

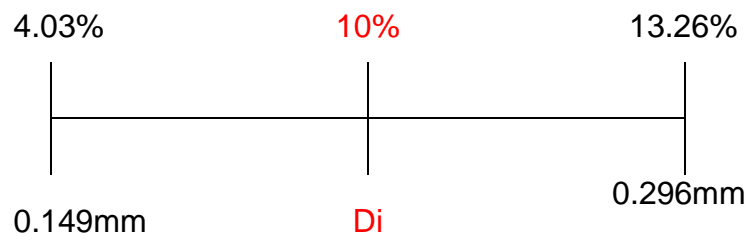
Cuanto más alto sea C_u , mayor será el rango de tamaños del suelo.
 Los D_i ($i= 10, 30, 60$); son los tamaños de las partículas donde pasa el $i\%$ del material, y estos se determinan mediante la interpolación entre los porcentajes extremos que pasan y los tamaños correspondientes a esos porcentajes. Ejm:

MATERIAL IN SITU TRAMO (Faclo Grande)							
CANtera:		- Maicillo)					
CLASE DE							
SUELO:		ARENA UNIFORME					
PRUEBA GRANULOMÉTRICA (NTP 339.128)							
Peso Original (gr)		2000.00				Especificación B	
Pérd. por lavado(gr)		30.24				Límites	
Peso Tamizado (gr)		1969.76				Superior	Inferior
ABERT. MALLA		Peso	%	% Ret	%	%	%
Pulg/malla	mm	Retenido	Retenido	Acumulado	Pasa	Pasa	Pasa
2"	50.800						
1 1/2"	38.100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%		
1"	25.400	270.22	13.51%	13.51%	86.49%		
3/4"	19.050	74.63	3.73%	17.24%	82.76%		
1/2"	12.700	213.60	10.68%	27.92%	72.08%		
3/8"	9.525	129.16	6.46%	34.38%	65.62%		
No 4	4.760	295.58	14.78%	49.16%	50.84%		
No 8	2.381	311.26	15.56%	64.72%	35.28%		
No 10	2.000	64.81	3.24%	67.96%	32.04%		
No 16	1.191	182.67	9.13%	77.10%	22.90%	D50=	4.5
No 30	0.595	109.90	5.50%	82.59%	17.41%	D60=	7.00
No 40	0.420	42.70	2.14%	84.73%	15.27%	D30=	1.80
No 50	0.296	40.32	2.02%	86.74%	13.26%	D10=	0.23
No 100	0.149	184.51	9.23%	95.97%	4.03%	Cu=	58.33
No 200	0.074	50.40	2.52%	98.49%	1.51%	Cc=	3.86
Plato		30.24	1.51%	100.00%	0.00%		
Sumatoria		2000.00	100.00%	w (%)			
SUCS		SP		8.972			

Tabla N° 03. Ejemplo de Granulometría.

Fuente: Propia

Diámetro de la partícula, donde pasa el 10% de la muestra (D_{10}):



$$\frac{\log(0.296 \div 0.149)}{13.26 - 4.03} = \frac{\log(D_{10} \div 0.149)}{10 - 4.03}$$

$$\mathbf{D_{10} = 0.23mm}$$

II.3 HIDROLOGÍA:

Todo estudio relacionado al diseño de defensas ribereñas requiere de un minucioso estudio hidrológico para determinar el comportamiento del río. El estudio Hidrológico está de acuerdo a la necesidad que exigen las obras de defensa ribereña.

El valle Jequetepeque, desde la puesta en operación de la REPRESA GALLITO CIEGO, se ha convertido en uno de los valles costeros con mayor recurso hídrico regulado, que le permite abastecer normalmente las demandas de agua de las campañas agrícolas; así como en el valle se puede tener un mejor control con ciertos límites de desbordes e inundaciones.

Sin embargo, debe considerarse que, a pesar de la importancia con que cuenta esta represa en el control de las máximas avenidas, existen quebradas afluyentes aguas abajo de la represa en mención que cobra importancia en el aumento del caudal del río Jequetepeque. Es más, esta situación puede agravarse en caso de que se tuviera un año muy lluvioso en que los volúmenes precipitados superara la capacidad de embalse de la represa.

Descargas Máximas Anuales.

Las descargas máximas anuales del río Jequetepeque, se obtuvieron de la estación de aforo Yonan-Pampa Larga, entre los años 1950 y 2004, tal como se muestran en los cuadros del Anexo 8.01 (Datos de caudales máximos).

Métodos de determinación de Máximas Avenidas.

Los métodos de distribuciones de probabilidades utilizadas para el cálculo de las descargas máximas instantáneas más usados en Hidrología, se consideran los siguientes:

- a) Distribución Log Normal
- b) Distribución Log – Pearson II
- c) Distribución Gumbel

Con la finalidad de ajustar la serie anual de descargas máximas instantáneas de la estación hidrológica Yonan, se analizó la serie disponible para las diferentes distribuciones referidas.

II.3.1. MÉTODO DE DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL

La función de densidad de distribución normal se define como:

$$f(X) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{X-\mu}{\sigma} \right)^2} \quad (1)$$

Para $-\infty < x < +\infty$

Donde μ y s son los parámetros de la distribución. Estos parámetros determinan la forma de la función $f(x)$ y su posición en el eje x , decimos que la variable aleatoria X , se distribuye normalmente con media $\mu = \bar{X}$ y varianza $s^2 = S^2$ y se representa:

$$X \approx N(\bar{X}, S^2)$$

Siendo una función continua y simétrica con respecto a \bar{X} , si

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (2)$$

La función densidad de Z , es llamada función densidad de la Distribución Normal Estándar y tiene la siguiente expresión:

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} \quad (3)$$

Para $-\infty < z < +\infty$

Los valores de $f(x)$ ó $f(z)$ puede ser fácilmente evaluada para un valor de x o de z por las ecuaciones (1) ó (3), respectivamente. Una característica fundamental de la distribución normal estándar es que tiene $\mu_z = 0$ y $s_z = 1$, es decir:

$Z \gg N(0,1)$

La función de distribución acumulada de la distribución normal es la integral de la ecuación (1) ó sea:

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(x) dx \quad (4)$$

$$F(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{1}{2} \left[\frac{(x-\mu)}{\sigma} \right]^2} dx \quad (5)$$

Donde $F(x)$ es la función de distribución de probabilidad normal para la variable original X , según la ecuación (5)

$$F(-\infty) = 0$$

$$F(\mu) = 0.5$$

$$F(+\infty) = 1$$

Para estimar los parámetros de la distribución teórica se pueden usar el método de momentos o el método de máxima verosimilitud, los parámetros obtenidos son los siguientes:

$$\bar{X} = \mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i$$

$$S = \sigma = \left[\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2 \right]^{1/2}$$

Dónde:

X = Es el estimado de la media, llamado también parámetro de posición

S = Es el estimado insesgado de la desviación estándar o parámetro de escala.

II.3.2. MÉTODO DE DISTRIBUCIÓN LOG - PEARSON TIPO III

Según Chow, 1995 la distribución Log-Pearson Tipo III se desarrolló como un método para ajustar una curva a cierta información. Su uso está justificado porque se ha encontrado que arroja buenos resultados e muchas aplicaciones, particulares para la información de picos crecientes. Cuando Log X es simétrico alrededor de su media, la distribución Log-Pearson Tipo III se reduce a la distribución Log Normal.

El ajuste de la distribución a la información puede probarse utilizando la prueba χ^2 . La localización del límite X_0 en la distribución Log-Pearson Tipo III depende de la asimetría de la información, se plantea 2 casos:

Si la información tiene asimetría positiva, entonces $\text{Log } x > X_0$ y X_0 es un límite inferior.

Si la información tiene asimetría negativa, $\text{Log } x < X_0$ y X_0 es un límite superior.

Según Bobbe, 1975 la transformación Log reduce la asimetría de la información transformada y puede producir información transformada con asimetría negativa utilizando información original con asimetría positiva.

En este caso, la aplicación de la distribución Log-Pearson Tipo III impondría un límite superior artificial a la información.

Dependiendo de los valores de los parámetros, la distribución Log-Pearson Tipo III puede asumir muchas formas diferentes.

Forma y Localización de la moda para la distribución Log-Pearson Tipo III como una función de sus parámetros.

Parámetro de Forma β	$a < -\text{Ln}10$	$-\text{Ln}10 < a < 0$	$a > 0$
$0 > \beta < 1$	Sin moda, forma en J	Moda mínima forma en U	Sin moda, forma en J invertida
$\beta > 1$	Unimodal	Sin moda, forma en J invertida	Unimodal

Tabla N° 04. Parámetros.

Fuente: Propia

El primer paso es tomar los logarítmicos de la información hidrológica, $Z = \text{Log}x$, usualmente se utilizan logaritmos con base 10, se calculan la media X , la desviación estándar S_x y el coeficiente de asimetría C_s para los logaritmos de los datos.

La función de densidad para X y Z se da a continuación:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha \Gamma(\beta_1)} \left(\frac{\log x - x_0}{\alpha} \right)^{\beta-1} * e^{-(\log x - x_0)/\alpha}$$

Si se hace una transformación: $Z = \text{Log}(x)$. La función densidad reducida es:

$$f(z) = \frac{(z - z_0)^{\beta-1} * e^{-(z-z_0)/\alpha}}{\alpha^\beta \Gamma(\beta)}$$

Dónde:

Z = Variable aleatoria con distribución Pearson Tipo III

X = Variable aleatoria con distribución Log-Pearson Tipo III

Z₀ = Parámetro de posición

a = Parámetro de escala

β = Parámetro de forma

En el caso de la distribución Log-Pearson Tipo III: X = 10z la variable reducida es:

$$y = \frac{Z - Z_0}{\alpha}$$

Por lo que la ecuación (17) queda de la siguiente manera:

$$f(y) = \frac{1}{\Gamma(\beta)} * y^{\beta-1} e^{-y}$$

La función de distribución acumulada de la distribución Log Pearson Tipo III es:

$$F(z) = \int_{z_0}^z \frac{1}{\alpha \Gamma(\beta)} \left(\frac{z - z_0}{\alpha} \right)^{\beta-1} * e^{-\frac{(z - z_0)}{\alpha}} dz$$

Sustituyendo las ecuaciones se obtiene lo siguiente:

$$F(y) = \frac{1}{\Gamma(\beta)} \int_0^y y^{\beta-1} e^{-y} dy$$

Esta ecuación es una distribución Ji cuadrada con 2β grados de libertad y X² = 2y

$$F(y) = F(X^2/v) = F_{X^2}(2y/2\beta)$$

II.3.3. MÉTODO DE DISTRIBUCIÓN DE GUMBEL (Valor extremo Tipo I)

Según Paulet, 1977, el método de Gumbel se utiliza para predecir magnitudes máximas de variables hidrológicas asumiendo que esos valores son independientes entre sí, también son usadas frecuentemente para el estudio de magnitud-duración-frecuencias de lluvias (Hershfiel, 1961).

Linsley la aplicó al río Clear Water en Idaho Estados Unidos. Este método es adecuado cuando se utiliza como datos las descargas máximas anuales en un punto de control de una vertiente o un río.

La distribución acumulada de la distribución Gumbel, tiene la forma:

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

Para $-\infty < x < +\infty$,

$$0 < a < +\infty \quad -\infty < \beta < +\infty$$

Dónde:

El parámetro a se le conoce como parámetro de escala

El parámetro β se le conoce como parámetro de posición

Derivando la función de distribución acumulada, ecuación respecto a x , $F(x)$ se obtiene la función densidad de probabilidad, es decir:

$$f(x) = \frac{dF(x)}{dx}$$

Con lo cual, la función densidad reducida Gumbel es:

$$f(y) = e^{-(y-e^{-y})}$$

El signo (+) se emplea para eventos mínimos y el signo (-) para eventos máximos.

La función de distribución acumulada es:

$$F(y) = e^{-\epsilon^{-y}} \longrightarrow (\text{máximo}) \quad F(y) = 1 - e^{-\epsilon^y} \longrightarrow (\text{Mínimo})$$

$$F(y) \text{ mín.} = 1 - F(-y) \text{ máx.}$$

Los valores correspondientes de x e y, están relacionadas por:

$F(x) = F(y)$ y la relación:

$$y = \alpha (x - \beta) \quad \text{ó} \quad x = \beta + \frac{y}{\alpha}$$

II.4 HIDRÁULICA FLUVIAL

La hidráulica fluvial se dedica al estudio del comportamiento de ríos y estuarios. A través de ella es posible predecir la reacción y evolución de un río ante cualquier intervención del hombre, en el cauce y márgenes, llanuras de inundación y franja de ribera. La complejidad de la hidráulica fluvial hace necesarios conocimientos en hidrología, hidráulica, geomorfología y transporte de sedimentos.

Cabe mencionar también que la Hidráulica Fluvial no puede comprenderse ni aplicarse aisladamente de una serie de disciplinas de ingeniería que le son complementarias.

El modelo matemático para evaluar los niveles del flujo en el cauce del río Jequetepeque en tramo Infiernillo Pellejito, es el que se propone con solución de la ecuación energética de Bernoulli, que tiene la siguiente forma:

$$Z_1 + h_1 + \frac{(V_1)^2}{2g} = Z_2 + h_2 + \frac{(V_2)^2}{2g} + \Delta E$$

Donde:

$Z_{(1,2),m}$; - Nivel topográfico del fondo de las secciones transversales que delimitan el tramo de evaluación;

$h_{(1,2),m}$ - Tirante de agua en las referentes secciones transversales;

$V_{(1,2),m/s}$; - Velocidad del flujo en las referentes secciones transversales;

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$; - Aceleración de la gravedad;

$\Delta E, (m)$; - Pérdidas energéticas del tramo de evaluación entre las referentes secciones transversales.

La solución de la ecuación indicada se lleva a cabo por medio de la evaluación de las pérdidas energéticas (ΔE), tanto lineales, por rozamiento, como locales debidos a las formas.

El paso del recurso hídrico, depende del flujo que se presenta en un canal artificial o natural, como en el caso de los ríos; y para el presente estudio se mencionaran los canales naturales, en los cuales se presenta una dificultad cuando el escurrimiento se relaciona con el transporte de sedimentos, es decir cuando el río, en su recorrido de las montañas al valle, se lleva consigo cuerpos solidos más o menos grandes (arenas, grava y hasta grandes piedras) que modifican constantemente la forma de las fronteras solidas e impiden una definición todavía más exacta de la rugosidad de la pared.

II.4.1. TIPOS DE FLUJOS

En un canal depende del comportamiento y el tipo de canal, según los siguientes criterios:

II.4.1.1. FLUJO LAMINAR Y TURBULENTO:

Depende de la gravedad y la fuerza viscosa, con relación a las fuerzas de inercia internas del flujo; en el caso de canales naturales, la rugosidad de la frontera es normalmente tan grande que ni siquiera ocurre el flujo de transición.

II.4.1.2. FLUJO PERMANENTE Y NO PERMANENTE:

Depende de la permanencia de la constancia del tirante hidráulico con el paso del tiempo, normalmente para canales artificiales.

II.4.1.3. FLUJO UNIFORME Y VARIADO:

El flujo uniforme solo ocurre en canales arteriales, y es cuando la velocidad media permanece constante en cualquier sección transversal del canal, y el tirante correspondiente a dicho flujo, se le conoce como Tirante Normal, teóricamente es posible que este flujo pueda ser permanente o no permanente; El flujo es variado, si la velocidad media cambia a lo largo del canal, por ende variarán las demás características como el tirante hidráulico y la pendientes, y estos cambios de velocidad se puede producir por una variación de la sección transversal del canal, la pendiente de la base del canal, o por la existencia de alguna estructura hidráulica, captadora del recurso hídrico, en la presente tesis, nos enfocaremos mayormente en este tipo de flujo.

II.4.2. GEOMETRÍA DE SECCIONES EN FLUJO UNIFORME

La sección de un canal natural es generalmente de forma muy irregular y variando constantemente de un lugar a otro.

Los canales artificiales usualmente se diseñan con formas geométricas regulares conocidas, como trapezoidal, rectangulares, etc.; y la parabólica es una aproximación a las secciones en canales naturales.

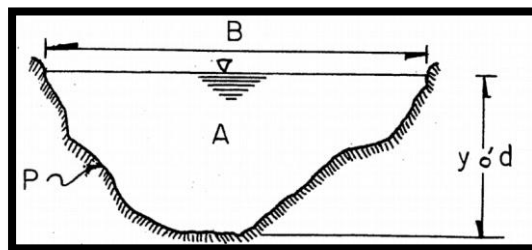


Imagen N° 03. Geometría de Sección. **Fuente:** Propia

B = Ancho de la superficie

A = Área Hidráulica.

P = Perímetro mojado.

II.4.2.1. TIRANTE HIDRÁULICO (Y Ó D)

Se puede interpretar de dos maneras distintas, esto de acuerdo al tipo de sección que se considera.

Para la sección normal de un canal, es el tirante normal a la dirección del flujo, en otras palabras, la altura “d” de la sección.

Para la sección vertical, el tirante “y”, es la distancia vertical del punto más bajo de la sección hasta la superficie libre.

Entre ambas, existe la relación: $d = y \cos \Phi$

Siendo Φ el ángulo de la plantilla del canal respecto a la horizontal

El cálculo hidráulico para una avenida de diseño, en cauces naturales (ríos), es la conocida como el método Manning-Strickler para $B > 30\text{m}$

$$y = \left(\frac{Q}{K_s * B * S^{0.5}} \right)^{3/8}$$

Siendo:

y= Tirante Hidráulico de diseño (m)

Q= Caudal de diseño (m^3/s)

B= Ancho estable

S= Pendiente del Tramo (m/m)

K_s = Coeficiente de Rugosidad según tipo de cauce natural:

$K_s = 40$; Para Cauces con fondo sólido sin irregularidades

$K_s = 33-35$; Para Cauces de río con acarreo irregular.

$K_s = 30-35$; Para Cauces de río con vegetación.

$K_s = 30$; Para Cauces naturales con derrubio e irregularidad.

$K_s = 28$; Para Cauces de río con fuerte transporte de acarreo.

$K_s = 25-28$; Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza.

$K_s = 19-22$; Torrentes con derrubio grueso y acarreo móvil.

II.4.2.2.ANCHO ESTABLE (B):

El régimen de un río se relaciona con la geometría de su cauce. Un río aluvial se considera que está en régimen si su caudal es estable en un promedio largo de tiempo. Los cambios en periodos cortos ocurrirán con cambios de caudal y transporte de sedimentos, y aquí el concepto de “estabilidad” difiere con claridad del que se definió como el límite crítico de la fuerza tractiva que no implica el concepto de movimiento de sedimentos en el lecho y en las bancas.

La sección transversal y la pendiente longitudinal de un cauce en régimen serán funciones principales de la descarga, con el ancho “B”, profundidad “y” y la pendiente “S”, variables que proveen tres grados de libertad. La relación entre estos tres parámetros y el caudal – que preceden en el sistema de un río con la dirección aguas abajo – se han basado en su mayor parte en las mediciones de laboratorio para su ajuste. Para el dimensionamiento del ancho estable del cauce del río Jequetepeque en el tramo de estudio, se usó la Teoría del Régimen de Blench y el Método de Altunim.

Sin embargo el caudal dominante no debería considerarse como un caudal máximo anual para el cierto período de retorno, debido a que dispone con la carga energética limitada e insuficiente para ejercer movimiento de mayores volúmenes de sólidos, y de este modo incidir

sobre la formación del cauce de la corriente y sus propiedades hidráulicas. Por lo tanto el caudal dominante es el caudal promedio diario de persistencia relativamente larga, y por ende del periodo de retorno relativamente corto, por lo menos, entre dos y cinco años que genera energía en cantidades suficientes para incidir en el desarrollo del cauce.

De acuerdo a lo indicado, parece lógico y mejor optar por un cauce de ancho mayor, y consecuentes obras de encauzamiento de menor volumen y costo, expuesto a colmatación, que por un cauce de ancho menor y equilibrado, que iba a resultar en obras de encauzamiento de volumen y costo mayor, y/o en el caudal de diseño de un período de retorno más corto, y por ende con daños correspondientes más frecuentes y de mayor volumen y costo.

Para el dimensionamiento del ancho estable del cauce del río Jequetepeque en el tramo de estudio, se usó los siguientes Métodos:

A.3.1. TEORÍA DEL RÉGIMEN DE BLENCH

De acuerdo con la Teoría del Régimen de Blench, entre las propiedades hidráulicas y sedimentarias del cauce de una corriente equilibrada, que no muestra las tendencias, tanto de erosión y socavación, como de colmatación, existen relaciones fuertes, que se pueden expresar por medio de las ecuaciones matemáticas explícitas. Según el caudal dominante (Q_i) de una corriente y el ancho de su cauce (B), para este caso rige la siguiente ecuación:

$$B = \left(\frac{3.2761}{\frac{F_b}{F_s}} * Q_i \right)^{1/2}$$

Siendo:

B , (m); - Ancho del cauce de la corriente;

Q_i , (m³/s); - Caudal dominante de la corriente.

F_b ; - Factor de fondo.

F_s ; - Factor de lado.

El Factor de Fondo está determinado por la siguiente ecuación:

$$F_b = 1.9 (d_{50})^{1/2}$$

d_{50} ; (m) - Diámetro 50 de la partícula.

Blench sugiere los siguientes valores para el Factor de Fondo:

$F_b = 0.8$, para material fino.

$F_b = 1.2$, para material grueso.

Blench sugiere los siguientes valores para el Factor de Orilla:

$F_s = 0.1$, para material suelto.

$F_s = 0.2$, para material ligeramente cohesivo.

$F_s = 0.3$, para material cohesivo.

A.3.2. MÉTODO DE ALTUNIN

Considerando que el cauce está conformado con material granular (arena y grava), para analizar su estabilidad, es decir obtener una sección estable que pueda controlar el desplazamiento del lecho del río, también se utiliza el Método de ALTUNIN:

$$B = \frac{E * Q^{0.5}}{S^{0.2}}$$

B , (m); - Ancho del cauce de la corriente;

Q , (m³/s); - Caudal dominante de la corriente.

S; - Pendiente.

n; - Coeficiente de Rugosidad de MANNING.

E, - Coeficiente.

Cálculo del Coeficiente E:

$$E = (n * K^{5/3})^{\frac{3}{3+5m}}$$

m: exponente que puede ser obtenido mediante la expresión

$$m = 0.72 * \left(\frac{\Delta D_m}{\frac{A}{B} * S} \right)^{0.1}$$

D_m : Diámetro medio de las partículas

Los Valores de K en función del material de la orilla del río:

Valores del Coeficiente K	Material de la Orilla del Río
3 a 4	Material de cauce muy resistente
16 a 20	Material fácilmente erosionable
8 a 12	Material aluvial
10	En los problemas de ingeniería

Tabla N° 05. Coeficiente K. **Fuente:** Internet

//.4.2.3.VELOCIDAD

Para determinar las velocidades de un flujo turbulento en ríos, es importante determinar dos tipos de velocidades, la Velocidad vertical (V) y la Velocidad puntual u horizontal (V_h), dependiendo del contorno hidráulico en el cual se produzca el flujo.

A. Velocidad Horizontal

- ✓ Contorno Hidráulicamente Rugoso:
- ✓

$$V_h = \frac{V}{k} \text{Ln} \frac{30h}{K}$$

Dónde: V_h es la velocidad puntual a la distancia h del fondo.

- ✓ Contorno Hidráulicamente Liso:

$$V_h = 5.75 * V * \text{Log} \frac{104h}{\delta}$$

Según los estudios realizados en laboratorios de Mecánica de fluidos, se determinó que las velocidades son máximas, a medida que aumenta la distancia h del fondo, y mínima en el fondo del río.

B. Velocidad Vertical

Ecuación de STRICKLER

$$V = K_s * R_h^{2/3} * S^{1/2}$$

Siendo:

V = Velocidad de diseño.

K_s = Coeficiente de Rugosidad según tipo de cauce natural:

$K_s= 40$; Para Cauces con fondo solido sin irregularidades

$K_s= 33-35$; Para Cauces de río con acarreo irregular.

$K_s= 30-35$; Para Cauces de río con vegetación.

$K_s= 30$; Para Cauces naturales con derrubio e irregularidad.

$K_s = 28$; Para Cauces de río con fuerte transporte de acarreo.

$K_s = 25-28$; Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza.

$K_s = 19-22$; Torrentes con derrubio grueso y acarreo móvil.

S = Pendiente de MANNING.

R_h = Radio Hidráulico.

$$R_h = \frac{A}{P}$$

Siendo:

A = Área Hidráulica.

P = Perímetro mojado.

- ✓ Expresión general de la velocidad media para contornos Rugosos y Lisos:

$$V = 18 * \text{Log} \frac{6R}{\frac{K}{2} + \frac{\delta}{7}} * \sqrt{RS}$$

- ✓ Distribución Vertical típica de Velocidades, concentraciones y fuerza de corte:

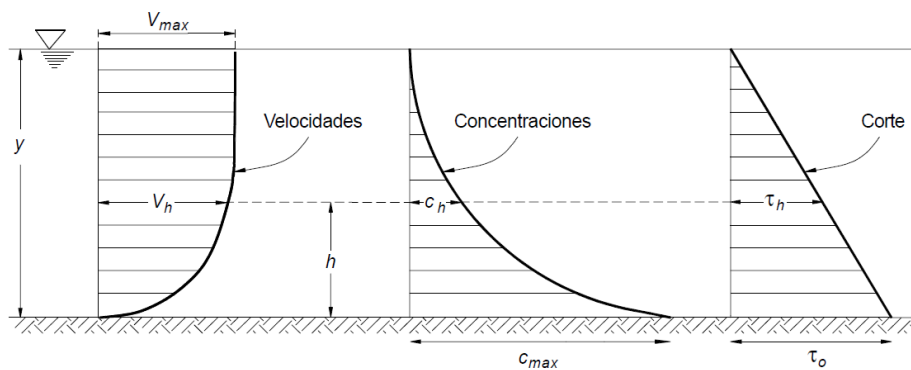


Imagen N° 04. Distribución Vertical.

Fuente: Internet

II.4.3. SOCAVACIÓN

Se denomina socavación a la excavación profunda causada por el agua, uno de los tipos de erosión hídrica . Puede deberse al embate de las olas contra un acantilado, a los remolinos del agua, especialmente allí donde encuentra algún obstáculo la corriente, y al roce con las márgenes de las corrientes que han sido desviadas por los lechos sinuosos. En este último caso es más rápida en la primera fase de las avenidas. La socavación provoca el retroceso de las cascadas y de los acantilados que, al ser privados de apoyo en su base, se van desplomando progresivamente. También representa un papel esencial en la formación y migración de los meandros.

La socavación es el resultado de la acción erosiva del flujo de agua que arranca y acarrea material de lecho y de las bancas de un cauce, convirtiéndose, por ejemplo, en una de las causas más comunes de falla en puentes.

Se pueden distinguir dos tipos de socavación:

- ✓ La socavación general; y,
- La socavación localizada.

II.4.4.1. SOCAVACIÓN GENERAL

La socavación general es un fenómeno de largo plazo, que podríamos llamar natural, se da en la parte alta de las cuencas hidrográficas, donde la pendiente del thalweg es elevada. Como consecuencia, la velocidad del agua y la capacidad de arrastre de la corriente es elevada. En la medida que el flujo arrastra más material, el flujo alcanza rápidamente su capacidad potencial de arrastre, el mismo que es función de la velocidad.

En ese punto ya no produce socavación, la sección, márgenes y fondo son estables. A medida que se avanza en el curso del río o arroyo, la pendiente disminuye, consecuentemente disminuye la velocidad, y la corriente deposita el material que transportaba.

La evaluación de la profundidad del fondo de cauce por socavación general, es indirecta en base a la evaluación de los tirantes de agua para los flujos en el cauce con el fondo fijo y móvil, es decir socavado:

$$d_s = h_s - h$$

d_s , (m); - Profundidad de socavación general;

h_s , (m); - Tirante de agua en el cauce con fondo soca-vado;

h , (m); - Tirante de agua en el cauce con el fondo (contornos) fijo.

La evaluación del tirante de agua para el flujo en el cauce fijo, se llevó a cabo en base a las ecuaciones hidráulicas y modelos matemáticos usuales referentes al flujo uniforme y estacionario, gradualmente variable.

La evaluación del tirante de agua del flujo de la corriente en el cauce socavado se llevó a cabo en base a las siguientes ecuaciones:

C.1.1. SEGÚN LACEY QUE PRESENTA DOS FORMAS

$$\text{a) } h_s = 1.50 (q_d/f)^{1/3}$$

$$\text{b) } h_s = 0.47 (Q_d/f)^{1/3}$$

h_s , (m); - Tirante de agua en el cauce socavado.

Q_d , (m³/s); - Caudal de diseño.

q , (m³/s/m); - Caudal unitario del flujo de la corriente.

$$q = Q_d/B$$

f, - Factor granulométricos de sólidos de fondo de la corriente.

C.1.2. SEGÚN BLENCH, QUE PRESENTA DOS FORMAS

$$h_s = 1.20[q^{2/3}/(d_{50})^{1/6}]$$

Válida para arenas de tamaño $0.06\text{mm} < d_{50} < 2.00\text{mm}$; y

$$h_s = 1.23[q^{2/3}/(d_{50})^{1/12}]$$

Válida para arenas de tamaño $d_{50} > 2.00\text{ mm}$.

h_s , (m); - Tirante de agua en el cauce socavado.

q , ($\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$); - Caudal unitario del flujo de la corriente.

$$q = Q_d/B$$

Q_d , (m^3/s); - Caudal de diseño.

B , (m); - Ancho del espejo del agua.

f, - Factor granulométricos de sólidos de fondo de la corriente.

$$f = 1.75 (d_m)^{1/2}$$

d_m , (mm); - Tamaño promedio de sólidos del fondo de la corriente.

d_{50} , (mm); - Tamaño que participa en composición granulométrica con 50.00%.

C.1.3. SEGÚN ABBOT

$$h_s = (K)(q)^{0.24}$$

h_s , (m): - Tirante de agua en el cauce socavado.

q , ($\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$): - Caudal unitario del flujo de la corriente.

$$q = Q_d/B$$

Q_d , (m^3/s): - Caudal de diseño.

B , (m); - Ancho del espejo del agua.

K: 1.37

C.1.4. SEGÚN NEILL

$$h_s = (Z)(h_f)$$

h_f , (m): - Tirante medio del caudal dominante.

$$h_f = y_i(q/q_i)m$$

m , variable de 0.67 a 0.85

$$Z = 0.6$$

Q_i , (m^3/s): - Caudal dominante de la corriente.

y_i , (m): - Tirante del caudal dominante.

B_i , (m): - Ancho del espejo de agua del dominante de la corriente.

$$q_i = Q_i/B_i$$

q_i , ($m^3/s/m$): - Caudal unitario del flujo dominante de la corriente.

Q_d , (m^3/s): - Caudal de diseño.

B , (m); - Ancho del espejo del agua.

q , ($m^3/s/m$): - Caudal unitario del flujo de la corriente.

$$q = Q_d/B.$$

II.4.4.2. SOCAVACIÓN LOCALIZADA

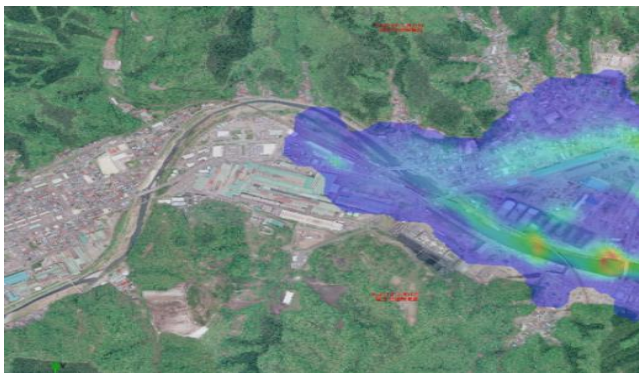
Los casos más típicos de socavación localizada son:

- ✓ Al pie de un talud, lo que podrá provocar su derrumbe, si no se toman medidas;
- ✓ Alrededor de los pilares, o debajo de la cimentación de la cabecera de un puente, pudiendo provocar la caída del mismo.
- ✓ Inmediatamente aguas abajo de un embalse. En efecto, el embalse retiene casi la totalidad del transporte sólido del río, así, el agua que es descargada aguas abajo de la represa está casi totalmente libre de sedimentos, teniendo por lo tanto una capacidad de socavación considerable.

II.4.4. SIMULACIÓN HIDRÁULICA

Las simulaciones hidráulicas nos presentan una manera de análisis de la interpretación entre la topografía del cauce de un río, los volúmenes de agua, sedimentos transportados, erosión, así como la manera que influyen en el nivel de agua las obstrucciones u otros problemas hidráulicos que se presentan en su cauce. Siendo una herramienta muy útil para entender estos temas y darle soluciones a problemas planteados en el manejo de cauces naturales, aprendemos a utilizar distintos tipos de software.

El uso de software en el modelamiento hidráulico es de gran utilidad, ya que mediante estas simulaciones basadas en datos reales, se pueden tomar decisiones y ejecutar acciones para un adecuado aprovechamiento de los recursos hídricos y a su vez reducir riesgos producto de fenómenos hidrometeorológicos extremos como inundaciones, etc.



A nivel mundial existen muchos software orientados a la simulación hidráulica de cauces, como el Arc Gis, iRIC, Iber, etc.

Imagen N° 05. Modelamiento de Rio con Software.

Fuente: Manual de Hec Ras

III. RESULTADOS DE ESTUDIOS REALIZADOS EN EL RIO JEQUETEPEQUE TRAMO INFIERNILLO PELLEJITO

III.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Para la realización del levantamiento topográfico, se procedió a contratar a un topógrafo, con quien hicimos el reconocimiento de campo, para luego realizar los trabajos con los instrumentos necesarios como estación total, dos prismas, con los cuales se obtuvieron los puntos, y coordenadas, de tal manera que fueron anotadas en su respectiva libreta de campo, información suficiente para realizar los trabajos de gabinete, prosiguiendo a anotarlos al software Excel, para después importarlo al programa Civil 3d, donde se obtendrán las características morfológicas del río, como curvas de nivel, secciones transversales y pendiente del río en el tramo Infiernillo-Pellejito, del Km 0+00 al Km 18+906, con una alta pendiente longitudinal del valle, en dirección Este – Oeste del orden de 0.51%.

Los límites laterales del levantamiento topográfico se han considerado los terrenos de cultivo, obras de encauzamiento existentes, cerros colindantes y en algunos sectores la carretera; con los cuales se procedió a realizar lo siguiente:

- Planta del Cauce del río en el tramo aludido del Km0+00 al Km 18+906 a escala 1:2000, sistema WGS 84.
- Perfil longitudinal del Cauce del río en el tramo aludido del Km0+00 al Km 18+906 a escala 1:200 vertical y 1:2000 horizontal.
- Secciones transversales cada 250 m del cauce del río en el tramo aludido del Km0+00 al Km 18+906, dando un total de 78 secciones.

Dichos planos se muestran en el Anexo N°01.

III.2. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

En el estudio de mecánica de suelo, se hicieron los trabajos necesarios para dicho tema de estudio, para así obtener la granulometría del suelo del río Jequetepeque en el tramo a investigar, y poder determinar los diámetros de las partículas que conforman dicho suelo; para lo cual se procedió a realizar el Análisis Granulométrico, de cuatro sectores del tramo, donde se realizaron calicatas de 1.80m cada una, las excavaciones se ejecutaron manualmente haciendo uso de herramientas como pico, pala y barreta. Las ventajas de este tipo de exploración son bastante conocidas, ellas permiten visualizar directamente la conformación y estado de los estratos. Su limitación la constituye la profundidad que puede alcanzarse y en ella intervienen factores físicos como la presencia de grandes bolones, suelos muy compactos y suelos muy sueltos, que demandarían demasiado tiempo en alcanzar la profundidad deseada, que redundan en la economía del método de investigación.

De los materiales encontrados en las calicatas se obtuvieron muestras disturbadas, a profundidades, que están por el orden de 1.80m en promedio, las que fueron descritas e identificadas con la ubicación, número de muestra y profundidad; luego fueron colocadas en bolsas de polietileno para su traslado al laboratorio de suelos y materiales en la ciudad de Trujillo, y realizar los trabajos en laboratorio, según NTP 339.128 (Análisis Granulométrico por tamizado), ASTM D-2488 (clasificación, selección y descripción de suelos), NTP 339.132.

En base a la información obtenida durante los trabajos de campo y los resultados de los ensayos de laboratorio, se efectuó la clasificación de suelos empleándose el sistema SUCS, con la finalidad de análisis y correlación de acuerdo a sus características geomecánicas que a continuación se muestran:

➤ Progresiva 0+605, Infiernillo – Cultambo: **Tabla N° 06**

CALICATA:	MATERIAL IN SITU PROG. (Infiernillo - Cultambo)		
	GRAVA		
CLASE DE SUELO:	UNIFORME	Muestra: M1	

PRUEBA GRANULOMÉTRICA (NTP 339.128)

Peso Original (gr)		2000.00				Especificación B	
Pérd. por lavado(gr)		32.91				Límites	
Peso Tamizado (gr)		1967.09				Superior	Inferior
ABERT. MALLA		Peso	%	% Ret	%	%	%
Pulg/malla	mm	Retenido	Retenido	Acumulado	Pasa	Pasa	Pasa
2"	50.800						
1 1/2"	38.100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%		
1"	25.400	850.21	42.51%	42.51%	57.49%		
3/4"	19.050	209.36	10.47%	52.98%	47.02%		
1/2"	12.700	256.32	12.82%	65.79%	34.21%		
3/8"	9.525	120.65	6.03%	71.83%	28.17%		
No 4	4.760	142.56	7.13%	78.96%	21.05%		
No 8	2.381	69.00	3.45%	82.41%	17.60%		
No 10	2.000	5.36	0.27%	82.67%	17.33%		
No 16	1.191	20.22	1.01%	83.68%	16.32%	D50=	20.99
No 30	0.595	35.69	1.78%	85.47%	14.53%	D60=	26.04
No 40	0.420	57.45	2.87%	88.34%	11.66%	D30=	10.00
No 50	0.296	43.69	2.18%	90.53%	9.47%	D10=	0.30
No 100	0.149	125.36	6.27%	96.79%	3.21%	Cu=	83.33
No 200	0.074	31.22	1.56%	98.35%	1.65%	Cc=	13.33
Plato		32.91	1.65%	100.00%	0.00%	LL(%) =	NP
Sumatoria		2000.00	100.00%	w (%)		LP(%) =	NP
SUCS		WP		8.336		IP(%) =	NP

Fuente: Propia

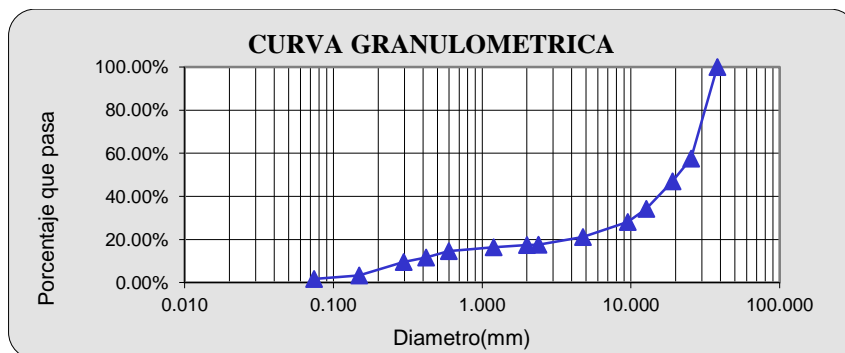


Imagen N° 06. Curva Granulométrica M1

➤ Progresiva 0+660, Isla de Faclo: **Tabla N° 07**

CALICATA:	MATERIAL IN SITU PROG.(Isla de Faclo)	
CLASE DE	GRAVA	
SUELO:	UNIFORME	Muestra: M-2

PRUEBA GRANULOMÉTRICA (NTP 339.128)

Peso Original (gr)		2000.00				Especificación B	
Pérd. por lavado(gr)		47.53				Límites	
Peso Tamizado (gr)		1952.47				Superior	Inferior
ABERT. MALLA		Peso	%	% Ret	%	%	%
Pulg/malla	mm	Retenido	Retenido	Acumulado	Pasa	Pasa	Pasa
2"	50.800						
1 1/2"	38.100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%		
1"	25.400	968.46	48.42%	48.42%	51.58%		
3/4"	19.050	209.29	10.46%	58.89%	41.11%		
1/2"	12.700	146.53	7.33%	66.21%	33.79%		
3/8"	9.525	86.68	4.33%	70.55%	29.45%		
No 4	4.760	119.74	5.99%	76.54%	23.47%		
No 8	2.381	72.08	3.60%	80.14%	19.86%		
No 10	2.000	11.12	0.56%	80.70%	19.31%		
No 16	1.191	21.42	1.07%	81.77%	18.23%	D50=	24.53
No 30	0.595	42.68	2.13%	83.90%	16.10%	D60=	29.00
No 40	0.420	80.21	4.01%	87.91%	12.09%	D30=	10.00
No 50	0.296	162.08	8.10%	96.01%	3.99%	D10=	0.39
No 100	0.149	22.66	1.13%	97.15%	2.85%	Cu=	74.36
No 200	0.074	9.52	0.48%	97.62%	2.38%	Cc=	8.84
Plato		47.53	2.38%	100.00%	0.00%	LL(%) =	NP
Sumatoria		2000.00	100.00%	w (%)		LP(%) =	NP
SUCS		WP		10.711		IP(%) =	NP

Fuente: Propia

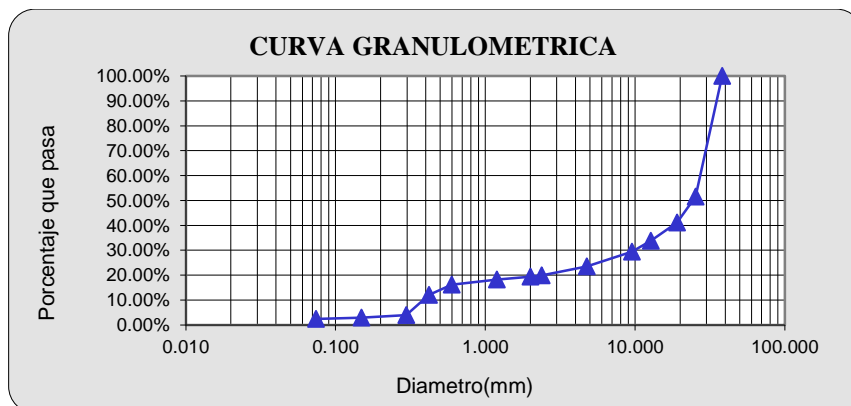


Imagen N° 07. Curva Granulométrica M2

➤ Progresiva 1+060, Cosquet - Ñampol: **Tabla N° 08**

CALICATA	MATERIAL IN SITU PROG.(Cosquet - Ñampol)		
CLASE DE	GRAVA		
SUELO:	UNIFORME	Muestra: M-3	

PRUEBA GRANULOMÉTRICA (NTP 339.128)

Peso Original (gr)		2000.00				Especificación B	
Pérd. por lavado(gr)		46.32				Límites	
Peso Tamizado (gr)		1953.68				Superior	Inferior
ABERT. MALLA		Peso	%	% Ret	%	%	%
Pulg/malla	mm	Retenido	Retenido	Acumulado	Pasa	Pasa	Pasa
2"	50.800						
1 1/2"	38.100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%		
1"	25.400	697.08	34.85%	34.85%	65.15%		
3/4"	19.050	147.61	7.38%	42.23%	57.77%		
1/2"	12.700	143.53	7.18%	49.41%	50.59%		
3/8"	9.525	92.82	4.64%	54.05%	45.95%		
No 4	4.760	126.98	6.35%	60.40%	39.60%		
No 8	2.381	102.67	5.13%	65.53%	34.47%		
No 10	2.000	15.04	0.75%	66.29%	33.71%		
No 16	1.191	38.50	1.93%	68.21%	31.79%	D50=	12.31
No 30	0.595	57.63	2.88%	71.09%	28.91%	D60=	20.00
No 40	0.420	78.85	3.94%	75.04%	24.96%	D30=	0.70
No 50	0.296	121.93	6.10%	81.13%	18.87%	D10=	0.19
No 100	0.149	272.29	13.61%	94.75%	5.25%	Cu=	105.26
No 200	0.074	58.75	2.94%	97.68%	2.32%	Cc=	0.13
Plato		46.32	2.32%	100.00%	0.00%	LL(%) =	NP
Sumatoria		2000.00	100.00%	w (%)		LP(%) =	NP
SUCS		WP		11.545		IP(%) =	NP

Fuente: Propia

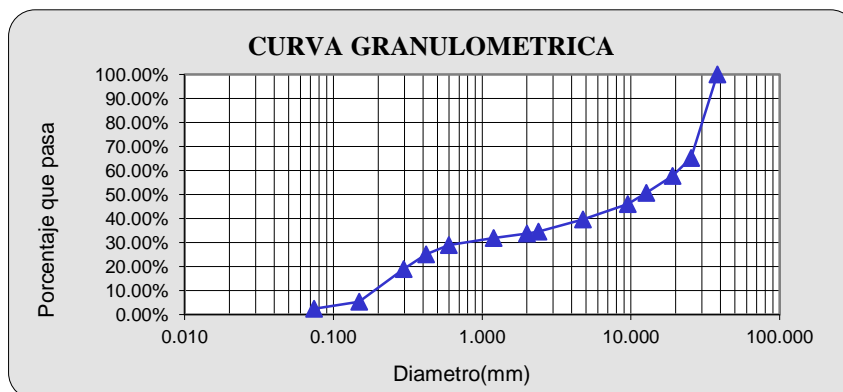


Imagen N° 08. Curva Granulométrica M3

➤ Progresiva 2+800, Faclo grande – La Barranca: **Tabla N° 09**

CANTERA:	MATERIAL IN SITU PROG.(Faclo Grande, La Barranca)	
CLASE DE SUELO:	GRAVA UNIFORME	Muestra: M-4

PRUEBA GRANULOMETRICA (NTP 339.128)

Peso Original (gr)		2000.00				Especificación B	
Pérd. por lavado(gr)		61.40				Límites	
Peso Tamizado (gr)		1938.60				Superior	Inferior
ABERT. MALLA		Peso	%	% Ret	%	%	%
Pulg/malla	mm	Retenido	Retenido	Acumulado	Pasa	Pasa	Pasa
2"	50.800						
1 1/2"	38.100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%		
1"	25.400	832.55	41.63%	41.63%	58.37%		
3/4"	19.050	211.65	10.58%	52.21%	47.79%		
1/2"	12.700	245.20	12.26%	64.47%	35.53%		
3/8"	9.525	120.36	6.02%	70.49%	29.51%		
No 4	4.760	130.55	6.53%	77.02%	22.98%		
No 8	2.381	57.18	2.86%	79.87%	20.13%		
No 10	2.000	6.55	0.33%	80.20%	19.80%		
No 16	1.191	28.36	1.42%	81.62%	18.38%	D50=	20.48
No 30	0.595	36.14	1.81%	83.43%	16.57%	D60=	26.00
No 40	0.420	66.99	3.35%	86.78%	13.22%	D30=	9.00
No 50	0.296	43.50	2.18%	88.95%	11.05%	D10=	0.27
No 100	0.149	119.25	5.96%	94.91%	5.09%	Cu=	96.30
No 200	0.074	40.32	2.02%	96.93%	3.07%	Cc=	11.54
Plato		61.40	3.07%	100.00%	0.00%	LL(%) =	NP
Sumatoria		2000.00	100.00%	w (%)		LP(%) =	NP
SUCS		GP			8.907		IP(%) =

Fuente: Propia

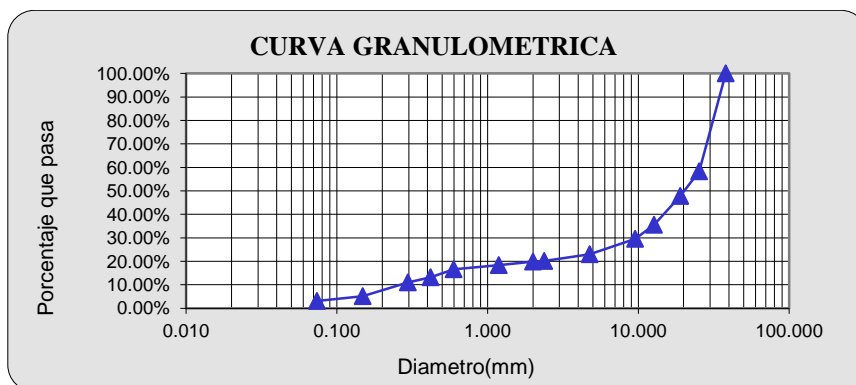


Imagen N° 09. Curva Granulométrica M4

III.3. HIDROLOGÍA

Las estructuras del Sistema hídrico del río Jequetepeque que se encuentran en el cauce del río son: la represa de Gallito Ciego, la Bocatoma Talambo – Zaña, A continuación se describe las infraestructuras:

- ✓ Represa Gallito Ciego: La Represa "Gallito Ciego", tiene un volumen útil 392,02 MMC, Altura de la Presa 105,44 m, Volumen Total del embalse medido en su nivel máximo de crecida (410.3 msnm) 573,62 M.M.C.
- ✓ 02 válvulas de servicio del tipo HOWELL BUNGER (Capacidad máx.) 85 m³ /seg c/u; Según los estudios realizados por el Proyecto Especial Jequetepeque – Zaña, el proceso de sedimentación durante la explotación de la presa 1987/1988 – 1999/2000 se ha reducido el volumen útil del embalse de 426,80 MMC a 392,02 MMC.
- ✓ Bocatoma Talambo – Zaña, está ubicada en el Río Jequetepeque, aproximadamente en la progresiva Km 32+340, permite captar las aguas del Río Jequetepeque y distribuir las hacia el Canal de Empalme Guadalupe y el Canal Talambo – Zaña. La Bocatoma ha sido diseñada para captar un caudal máximo de 86 m³/s y evacuar un caudal de avenidas de 900 m³/s.
- ✓ Bocatoma Jequetepeque Esta estructura hidráulica se ubica a la margen izquierda del Río Jequetepeque, ha sido diseñada para captar 2.60 m³/s para distribuir las hacia el Canal del mismo nombre.

En el año 2000, el Proyecto Especial Jequetepeque-Zaña elaboró el Manual de Operación del Embalse Gallito Ciego. Para ello se consideró como necesario y de suma importancia actualizar la hidrología del río Jequetepeque en Gallito Ciego, con la finalidad de determinar la incidencia de los procesos hidrológicos durante el período de 1983 a 1999, y especialmente de los Fenómenos de El Niño de magnitud extraordinaria de los años 1982/83 y 1997/98, sobre el régimen

hidrológico del río Jequetepeque y el comportamiento del embalse Gallito Ciego.

Todos los estudios hidrológicos elaborados hasta entonces solamente han analizado el régimen hidrológico del río Jequetepeque hasta el Embalse Gallito Ciego. Para el tramo del río aguas abajo del embalse Gallito Ciego sólo se ha analizado la retención y laminación de las avenidas máximas para diferentes períodos de retorno y la correspondiente descarga máxima instantánea del embalse. La incidencia de la regulación de las escorrentías del río Jequetepeque sobre los caudales máximos anuales, en el tramo del río aguas abajo de la represa, en los estudios mencionados no se ha tocado, en vista de que los caudales son controlados.

En la Evaluación Hidrológica realizada en el presente estudio, se ha actualizado la serie histórica hasta el año hidrológico 2010/11, con datos obtenidos de SENAMHI, los cuales son tomados por los puntos de monitoreo aguas arriba de la represa gallito ciego, como se muestra, a efecto de tomar los datos más desfavorables, que puedan causar inundaciones:

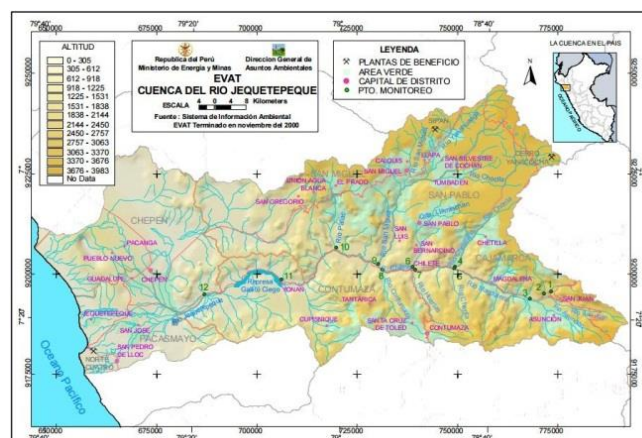


Imagen N° 10. Cuenca Hidrológica del Valle Jequetepeque
Fuente: Internet.

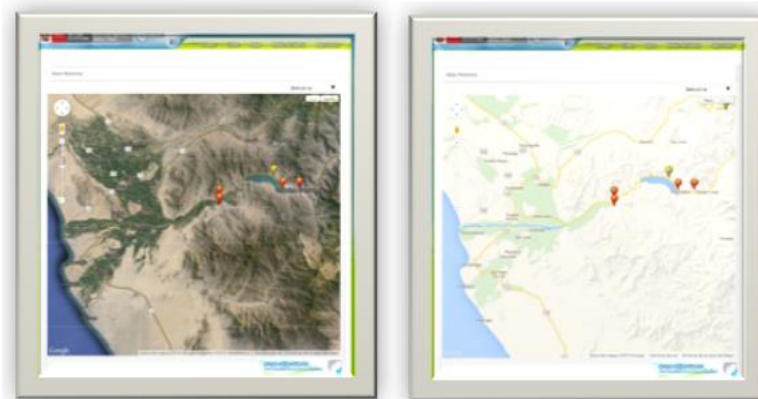


Imagen N° 11. Presa Gallito Ciego- aguas arriba y aguas abajo.

Fuente: Internet

Teniendo en cuenta la información obtenida por la entidad mencionada, se procedió a calcular los caudales máximos instantáneos de entrada al Embalse Gallito Ciego, datos tomados desde el año 1943 al 2010, empleando diversos métodos de distribución, como Log Normal, Gumbel y log Pearson III; para periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años, de los cuales se determinará un Caudal de diseño; mostrándose a continuación, los resultados de dichos análisis.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE MÁXIMAS DESCARGAS						
Nombre:		TESIS RIO JEQUETEPEQUE				
Información Básica						
Tiempo de Retorno (T_R) =	100.00					
Medición de Caudales (Año) =	1,943-2010					
Año	Caudal (Q_x)	$(Q_x - Q_p)^2$	$(Q_x - Q_p)^3$	$\ln(Q_x)$	$(\ln(Q_x) - Q_y)^2$	$(\ln(Q_x) - Q_y)^3$
1,943	675.60	72,135	19,373,917	6.52	0.61	0.47
1,944	264.20	20,398	-2,913,223	5.58	0.03	0.00
1,945	157.30	62,360	-15,572,696	5.06	0.46	-0.31
1,946	153.20	64,425	-16,352,392	5.03	0.50	-0.35
1,947	186.30	48,718	-10,752,994	5.23	0.26	-0.13
1,948	956.70	302,147	166,084,102	6.86	1.27	1.43
1,949	234.30	29,832	-5,152,683	5.46	0.08	-0.02
1,950	144.60	68,865	-18,071,510	4.97	0.58	-0.44
1,951	369.10	1,438	-54,529	5.91	0.03	0.01
1,952	1,575.70	1,365,811	1,596,195,257	7.36	2.65	4.30

1,953	199.50	43,065	-8,936,850	5.30	0.19	-0.09
	ANÁLISIS	ESTADÍSTICO	DE MÁXIMAS	DESCARGAS		
1,954	260.40	21,498	-3,152,000	5.56	0.03	-0.01
1,955	479.60	5,268	382,329	6.17	0.19	0.08
1,956	765.80	128,723	46,182,986	6.64	0.82	0.74
1,957	216.80	36,184	-6,882,933	5.38	0.13	-0.05
1,958	447.40	1,630	65,838	6.10	0.13	0.05
1,959	270.80	18,556	-2,527,724	5.60	0.02	0.00
1,960	200.30	42,733	-8,833,893	5.30	0.19	-0.08
1,961	441.00	1,155	39,232	6.09	0.12	0.04
1,962	493.00	7,392	635,596	6.20	0.22	0.10
1,963	251.30	24,249	-3,776,064	5.53	0.04	-0.01
1,964	345.00	3,847	-238,567	5.84	0.01	0.00
1,965	175.90	53,417	-12,345,729	5.17	0.32	-0.18
1,966	1,446.80	1,081,141	1,124,147,910	7.28	2.37	3.66
1,967	86.30	102,862	-32,989,909	4.46	1.63	-2.09
1,968	181.30	50,950	-11,500,438	5.20	0.29	-0.15
1,969	157.00	62,510	-15,628,888	5.06	0.46	-0.31
1,970	582.00	30,618	5,357,470	6.37	0.40	0.25
1,971	516.00	11,876	1,294,290	6.25	0.26	0.13
1,972	490.00	6,886	571,359	6.19	0.21	0.10
1,973	308.80	9,647	-947,566	5.73	0.00	0.00
1,974	454.50	2,254	107,032	6.12	0.15	0.06
1,975	202.00	42,034	-8,617,739	5.31	0.18	-0.08
1,976	348.00	3,483	-205,596	5.85	0.01	0.00
1,977	85.00	103,697	-33,392,698	4.44	1.67	-2.16
1,978	330.00	5,932	-456,902	5.80	0.00	0.00
1,979	53.50	124,977	-44,181,929	3.98	3.08	-5.42
1,980	330.00	5,932	-456,902	5.80	0.00	0.00
1,981	200.00	42,858	-8,872,409	5.30	0.19	-0.08
1,982	1,601.00	1,425,586	1,702,120,703	7.38	2.70	4.43
1,983	973.00	320,333	181,301,569	6.88	1.31	1.50
1,984	87.90	101,838	-32,498,631	4.48	1.59	-2.00
1,985	228.00	32,048	-5,737,332	5.43	0.09	-0.03
1,986	482.50	5,697	430,014	6.18	0.20	0.09
1,987	130.40	76,519	-21,166,751	4.87	0.75	-0.65
1,988	271.50	18,366	-2,488,956	5.60	0.02	0.00
1,989	85.50	103,376	-33,237,394	4.45	1.66	-2.13
1,990	160.00	61,019	-15,073,018	5.08	0.44	-0.29

1,991	139.00	71,835	-19,253,300	4.93	0.64	-0.52
1,992	700.00	85,837	25,148,417	6.55	0.66	0.54
1,993	599.20	36,933	7,097,732	6.40	0.43	0.29
1,994	155.40	63,313	-15,930,862	5.05	0.48	-0.33
1,995	594.10	34,999	6,547,522	6.39	0.42	0.28
1,996	94.80	97,482	-30,435,835	4.55	1.40	-1.66
1,997	1,131.20	524,436	379,785,393	7.03	1.68	2.17
1,998	466.80	3,574	213,625	6.15	0.17	0.07
1,999	511.60	10,937	1,143,765	6.24	0.25	0.13
2,000	506.20	9,837	975,579	6.23	0.24	0.12
2,001	552.43	21,144	3,074,512	6.31	0.33	0.19
2,002	170.05	56,155	-13,307,122	5.14	0.36	-0.22
2,003	121.44	81,556	-23,290,924	4.80	0.88	-0.82
2,004	369.45	1,412	-53,033	5.91	0.03	0.01
2,005	584.15	31,375	5,557,391	6.37	0.40	0.25
2,006	331.74	5,667	-426,630	5.80	0.00	0.00
2,007	499.12	8,482	781,211	6.21	0.23	0.11
2,008	451.27	1,958	86,640	6.11	0.14	0.05
2,009	331.57	5,693	-429,527	5.80	0.00	0.00
2,010	313.09	8,823	-828,749	5.75	0.00	0.00
Suma =	27,677.41	7,417,731	4,787,728,559	390.052	37.310	1.032

Tabla N° 10. Análisis Estadísticos.

Fuente: Propia

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS			
Media (Q _x)	Desv. Estándar	Coef. Asimetría	Coef. Variación
Q _x	S _x	C _s	C _v
407.021	332.735	1.999	0.817
Q _y	S _y	C _{sy}	C _{vy}
5.736	0.746	0.038	0.130

Tabla N° 11. Parámetros Estadísticos.

Fuente: Propia

DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL DE DOS PARÁMETROS

Parámetros Estadísticos	
Campo Normal	
N =	68.00
$Q_x =$	407.02
$S_x =$	332.73
$C_s =$	2.00
$C_v =$	0.82
Campo Transformado	
$Q_y =$	5.74
$S_y =$	0.75
$C_{sy} =$	0.04
$C_{vy} =$	0.13
$K = F'(1-1/T_R)$	
$K = F'$	0.99
$K =$	2.33
$Q_{ESP} = \text{Exp}(Q_y + K S_y)$	
$Q_{ESP} =$	1,758.24
Intervalo de Confianza	
	1,320.17 2,341.66

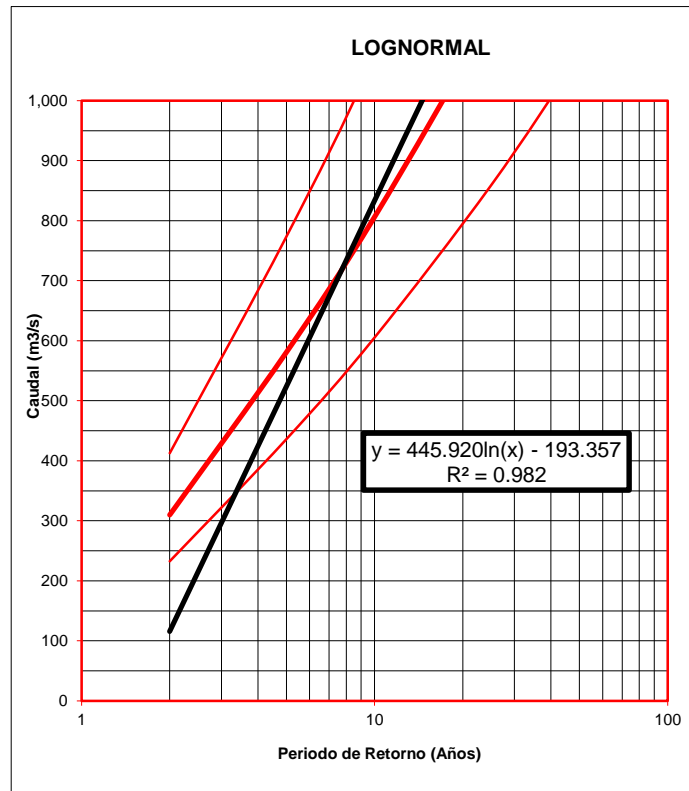


Imagen N° 12.

Fuente: Propia

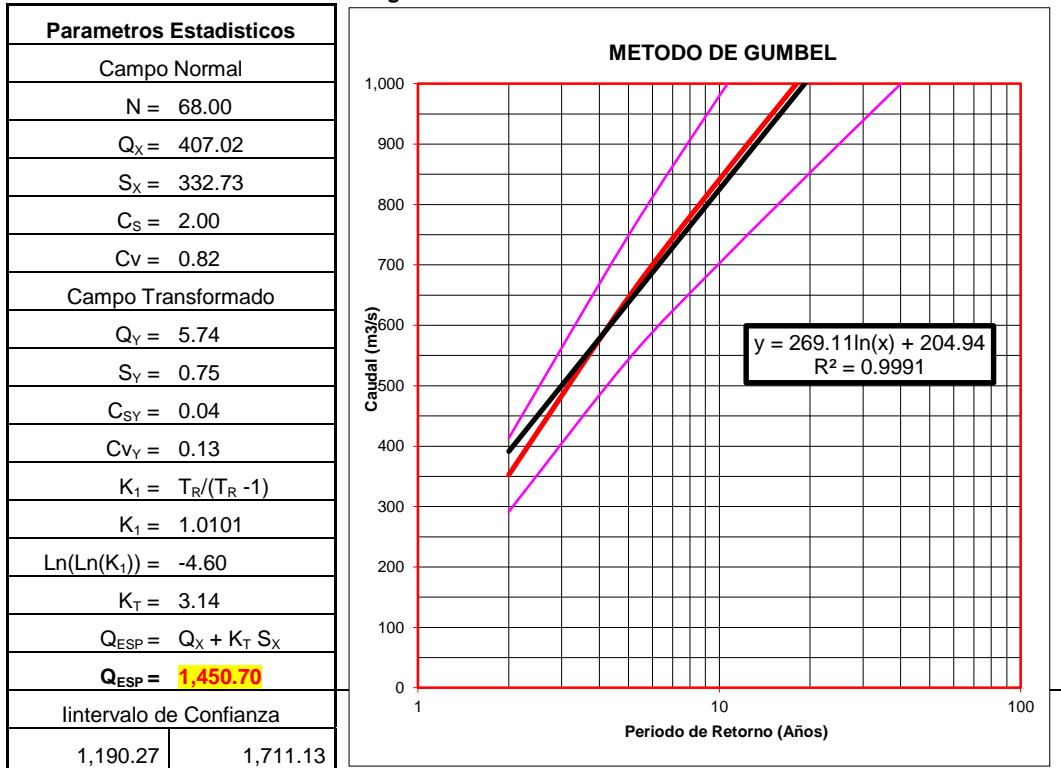
T_R (Años)	Probabilidad	$F'(1-1/T_R)$	$K = Z$	Q_{ESP}	Intervalo de confianza	
					(-)	(+)
2	0.5000	0.5000	0.0000	309.84	232.65	412.66
5	0.2000	0.8000	0.8416	580.63	435.97	773.29
10	0.1000	0.9000	1.2816	806.26	605.38	1,073.79
25	0.0400	0.9600	1.7507	1,144.23	859.15	1,523.91
50	0.0200	0.9800	2.0537	1,434.60	1,077.17	1,910.64
75	0.0133	0.9867	2.2164	1,619.69	1,216.15	2,157.14
100	0.0100	0.9900	2.3263	1,758.24	1,320.17	2,341.66
150	0.0067	0.9933	2.4747	1,964.12	1,474.76	2,615.86
200	0.0050	0.9950	2.5758	2,118.02	1,590.32	2,820.83
300	0.0033	0.9967	2.7131	2,346.40	1,761.80	3,124.99
400	0.0025	0.9975	2.8070	2,516.87	1,889.79	3,352.02
500	0.0020	0.9980	2.8782	2,654.07	1,992.81	3,534.75
1000	0.0010	0.9990	3.0902	3,109.15	2,334.51	4,140.83

Tabla N° 12. Distribución Log Normal.

Fuente: Propia

DISTRIBUCION DE GUMBEL O EXTREMA TIPO I

Imagen N° 13



Fuente: Propia

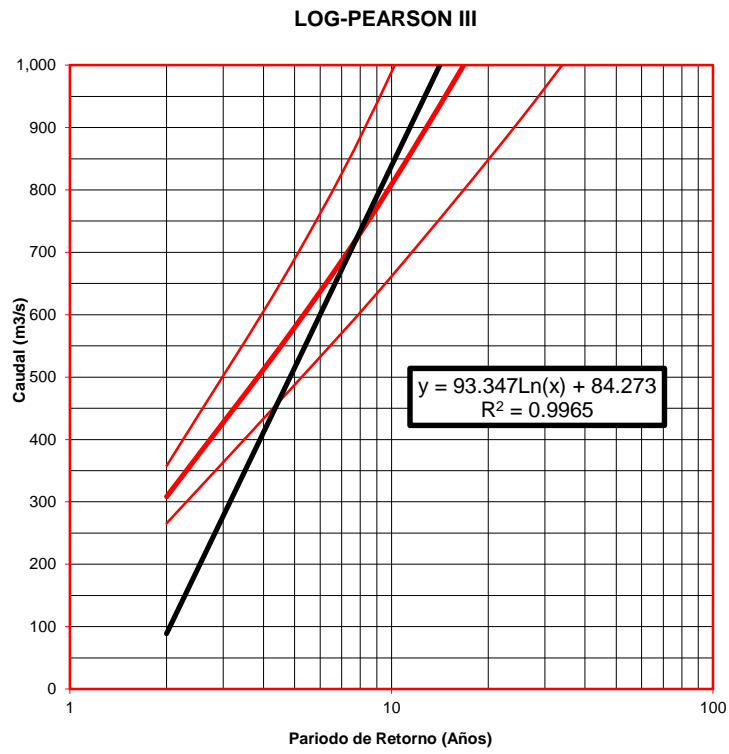
T _R (Años)	Probabilidad	Ln Ln T _R / (T _R - 1)	K _T	Q _{ESP}	Intervalo de confianza	
					(-)	(+)
2	0.5000	-0.3665	-0.16	352.36	291.44	413.28
5	0.2000	-1.4999	0.72	646.41	543.82	749.00
10	0.1000	-2.2504	1.30	841.09	702.53	979.66
25	0.0400	-3.1985	2.04	1,087.08	900.25	1,273.91
50	0.0200	-3.9019	2.59	1,269.56	1,046.00	1,493.12
75	0.0133	-4.3108	2.91	1,375.63	1,130.52	1,620.74
100	0.0100	-4.6001	3.14	1,450.70	1,190.27	1,711.13
150	0.0067	-5.0073	3.45	1,556.33	1,274.27	1,838.38
200	0.0050	-5.2958	3.68	1,631.18	1,333.76	1,928.60
300	0.0033	-5.7021	4.00	1,736.59	1,417.48	2,055.69
400	0.0025	-5.9902	4.22	1,811.33	1,476.81	2,145.84
500	0.0020	-6.2136	4.39	1,869.28	1,522.80	2,215.76
1000	0.0010	-6.9073	4.94	2,049.24	1,665.55	2,432.92

Tabla N° 13. Distribución de Gumbel

Fuente: Propia

DISTRIBUCIÓN LOG - PEARSON III O GAMA DE TRES PARÁMETROS

Parametros Estadísticos	
Campo Normal	
N =	68.00
C _S =	2.00
C _V =	0.82
Campo Transformado	
Q _Y =	5.74
S _Y =	0.75
C _{SY} =	0.04
K =	F'(1-1/T _R)
K = F'	0.9900
Z =	2.33
Z ² -1 =	4.41
Z ³ -6Z =	-1.37
C _S /6 =	0.01
K _T =	2.354
Q _{ESP} =	Exp(Q _Y + K _T / S _Y)
Q_{ESP} =	1,795.45
Intervalo de Confianza	
1,344.71	2,397.27
Factor de Frecuencia	



$$K_T = Z + (Z^2 - 1) (C_S / 6) + (1/3) (Z^3 - 6Z) (C_S / 6)^2 - (Z^2 - 1) (C_S / 6)^3 + Z (C_S / 6)^4 + (1/3) (C_S / 6)^5$$

Imagen N°14

T _R (Años)	Probabilidad	Z	K _T	Q _{ESP}	Intervalo de confianza	
					(-)	(+)
2	0.5000	0.0000	-0.0064	308.37	265.73	357.87
5	0.2000	0.8416	0.8397	579.80	487.64	689.38
10	0.1000	1.2816	1.2856	808.68	661.32	988.86
25	0.0400	1.7507	1.7638	1,155.45	910.78	1,465.85
50	0.0200	2.0537	2.0742	1,456.65	1,118.41	1,897.17
75	0.0133	2.2164	2.2412	1,650.03	1,248.40	2,180.88
100	0.0100	2.3263	2.3544	1,795.45	1,344.71	2,397.27
150	0.0067	2.4747	2.5074	2,012.52	1,486.46	2,724.76
200	0.0050	2.5758	2.6117	2,175.51	1,591.48	2,973.88
300	0.0033	2.7131	2.7536	2,418.47	1,745.99	3,349.95
400	0.0025	2.8070	2.8509	2,600.61	1,860.40	3,635.33
500	0.0020	2.8782	2.9246	2,747.68	1,951.96	3,867.78
1000	0.0010	3.0902	3.1448	3,238.37	2,252.73	4,655.26

Tabla N° 14. Distribución Log – Person III

Fuente: Propia

Con los caudales máximos para distintos periodos de retorno, se pudo determinar los caudales de diseño para los periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años, tomando los caudales obtenidos con el método de Gumbel, en vista de que sus coeficientes de correlación (R) se aproximan a la unidad y es el que más se ajusta a los parámetros.

DISTRIBUCIÓN	P. R. 10 AÑOS		P. R. 25 AÑOS		P. R. 50 AÑOS		P. R. 100 AÑOS	
	R 2	Q(m3/s)	R 2	Q(m3/s)	R 2	Q(m3/s)	R 2	Q(m3/s)
LOG NORMAL	0.982	806.26	0.982	1144.23	0.982	1434.60	0.982	1758.24
GUMBEL	0.999	841.09	0.999	1087.08	0.999	1269.56	0.999	1450.70
LOG PEARSON	0.979	808.68	0.979	1155.45	0.979	1456.65	0.979	1795.45
	Q(m3/s) =	841.00	Q(m3/s) =	1087.00	Q(m3/s) =	1270.00	Q(m3/s) =	1451.00

Tabla N° 15. Resumen de Caudales según Periodo de Retorno
Fuente: Propia

Por otro lado, las descargas máximas instantáneas a la salida del Embalse Gallito Ciego, se han determinado en base a los hidrogramas de ingreso; a continuación se presentan los valores correspondientes a los hidrogramas de salida del embalse Gallito Ciego, para diferentes periodos de retorno:

DESCARGAS PARA P. R. : 10 AÑOS			NIVELES DEL EMBALSE	
MÁXIMA DE ENTRADA (Q):		806.400	INICIAL	404.000
MÁXIMA DE SALIDA (q) :		296.874	MAXIMO	405.916
TIEMPO (horas)	DESCARGAS		EMBALSE	
	DE ENTRADA Q,(m3/s)	DE SALIDA q,(m3/s)	VOLUMEN (MMC)	NIVEL (m)
0	56.448	180.000	452.026	404.000
1	58.464	180.000	451.585	403.969
2	64.540	180.000	451.158	403.939
3	77.001	180.000	450.765	403.911
4	89.463	180.000	450.416	403.886
5	102.596	180.000	450.114	403.865
6	115.729	180.000	449.859	403.847
7	128.862	180.000	449.651	403.832
8	141.996	180.000	449.491	403.821
9	161.815	180.000	449.390	403.814
10	182.702	180.000	449.362	403.812
11	203.589	180.000	449.409	403.815

12	224.476	180.000	449.532	403.824
13	249.731	180.000	449.737	403.839
14	274.985	180.000	450.034	403.859
15	300.240	180.000	450.421	403.887
16	325.495	180.000	450.900	403.921
17	367.550	180.000	451.499	403.963
18	409.605	181.334	452.248	404.015
19	451.660	186.677	453.135	404.077
20	493.715	192.806	454.154	404.148
21	567.416	200.044	455.357	404.231
22	647.077	208.770	456.807	404.332
23	726.739	219.016	458.510	404.450
24	806.400	230.750	460.460	404.586
25	772.586	242.724	462.450	404.724
26	735.507	247.201	464.283	404.851
27	696.575	242.922	465.978	404.968
28	655.652	239.872	467.543	405.075
29	620.296	237.804	468.980	405.174
30	585.286	236.495	470.296	405.265
31	548.721	235.761	471.488	405.346
32	517.112	235.425	472.558	405.420
33	496.590	235.420	473.535	405.487
34	476.069	235.701	474.438	405.548
35	455.547	236.910	475.264	405.605
36	435.026	246.263	475.997	405.655
37	420.391	254.407	476.636	405.699
38	408.945	261.795	477.200	405.737
39	398.578	268.346	477.699	405.771
40	388.210	274.123	478.139	405.801
41	377.843	279.281	478.521	405.827
42	367.475	283.705	478.850	405.850
43	357.108	287.427	479.126	405.869
44	346.740	290.482	479.352	405.884
45	336.372	292.902	479.532	405.896
46	326.005	294.742	479.666	405.905
47	315.637	296.009	479.758	405.912
48	305.270	296.710	479.809	405.915
49	294.902	296.874	479.821	405.916
50	284.535	296.527	479.796	405.914
51	274.167	295.693	479.735	405.910
52	263.799	294.396	479.641	405.904
53	253.432	292.682	479.516	405.895
54	243.064	290.577	479.359	405.885
55	232.697	288.081	479.174	405.872
56	222.329	285.212	478.961	405.857
57	211.962	281.988	478.722	405.841
58	201.594	278.425	478.458	405.823
59	191.226	274.540	478.170	405.803
60	180.859	270.439	477.858	405.782
61	170.491	266.066	477.525	405.759

62	160.124	261.417	477.171	405.735
63	149.756	256.503	476.796	405.710
64	139.389	251.429	476.402	405.683
65	129.021	246.168	475.990	405.654
66	118.653	240.677	475.559	405.625
67	108.286	235.970	475.110	405.594
68	97.918	235.779	474.632	405.562
69	87.551	235.573	474.117	405.526
70	77.183	235.419	473.566	405.489
71	66.816	235.423	472.978	405.448
72	56.448	235.426	472.352	405.406
73	56.448	235.667	471.707	405.361
74	56.448	235.943	471.062	405.317
75	56.448	236.393	470.415	405.273
76	56.448	236.953	469.766	405.228
77	56.448	237.626	469.115	405.183
78	56.448	238.489	468.461	405.139
79	56.448	239.403	467.804	405.093
80	56.448	240.591	467.143	405.048
81	56.448	241.788	466.478	405.002
82	56.448	243.313	465.808	404.956
83	56.448	244.868	465.133	404.910
84	56.448	246.724	464.451	404.863
85	56.448	248.675	463.763	404.815
86	56.448	246.482	463.074	404.767
87	56.448	242.409	462.398	404.720
88	56.448	238.424	461.735	404.674
89	56.448	234.524	461.087	404.629
90	56.448	230.708	460.453	404.585
91	56.448	226.974	459.832	404.542
92	56.448	223.320	459.225	404.500
93	56.448	219.744	458.631	404.459
94	56.448	216.244	458.049	404.418
95	56.448	212.820	457.480	404.379
96	56.448	209.469	456.923	404.340
97	56.448	206.190	456.378	404.302
98	56.448	202.981	455.845	404.265
99	56.448	199.841	455.323	404.229
100	56.448	196.768	454.812	404.194
101	56.448	193.761	454.313	404.159
102	56.448	190.818	453.824	404.125
103	56.448	187.939	453.345	404.092
104	56.448	185.121	452.877	404.059
105	56.448	182.364	452.419	404.027
106	56.448	180.000	451.970	403.996
107	56.448	180.000	451.525	403.965
108	56.448	180.000	451.080	403.933
109	56.448	180.000	450.635	403.902
110	56.448	180.000	450.190	403.870
111	56.448	180.000	449.746	403.839

112	56.448	180.000	449.301	403.808
113	56.448	180.000	448.856	403.776
114	56.448	180.000	448.411	403.745
115	56.448	180.000	447.966	403.714
116	56.448	180.000	447.522	403.682
117	56.448	180.000	447.077	403.651
118	56.448	180.000	446.632	403.619
119	56.448	180.000	446.187	403.588
120	56.448	180.000	445.743	403.557
121	56.448	180.000	445.298	403.525
122	56.448	180.000	444.853	403.494
123	56.448	180.000	444.408	403.462
124	56.448	180.000	443.963	403.431
125	56.448	180.000	443.519	403.400
126	56.448	180.000	443.074	403.368
127	56.448	180.000	442.629	403.337
128	56.448	180.000	442.184	403.305
129	56.448	180.000	441.739	403.274
130	56.448	180.000	441.295	403.243
131	56.448	180.000	440.850	403.211
132	56.448	180.000	440.405	403.180
133	56.448	180.000	439.960	403.149
134	56.448	180.000	439.516	403.117
135	56.448	180.000	439.071	403.086
136	56.448	180.000	438.626	403.054
137	56.448	180.000	438.181	403.023
138	56.448	180.000	437.736	402.991
139	56.448	180.000	437.292	402.960
140	56.448	180.000	436.847	402.928
141	56.448	180.000	436.402	402.896
142	56.448	180.000	435.957	402.864
143	56.448	180.000	435.512	402.832
144	56.448	180.000	435.068	402.800
145	56.448	180.000	434.623	402.768
146	56.448	180.000	434.178	402.736
147	56.448	180.000	433.733	402.704
148	56.448	180.000	433.288	402.673
149	56.448	180.000	432.844	402.641
150	56.448	180.000	432.399	402.609
151	56.448	180.000	431.954	402.577
152	56.448	180.000	431.509	402.545
153	56.448	180.000	431.065	402.513
154	56.448	180.000	430.620	402.481
155	56.448	180.000	430.175	402.449
156	56.448	180.000	429.730	402.418
157	56.448	180.000	429.285	402.386
158	56.448	180.000	428.841	402.354
159	56.448	180.000	428.396	402.322
160	56.448	180.000	427.951	402.290
161	56.448	180.000	427.506	402.258

162	56.448	180.000	427.061	402.226
163	56.448	180.000	426.617	402.194
164	56.448	180.000	426.172	402.162
165	56.448	180.000	425.727	402.131
166	56.448	180.000	425.282	402.099
167	56.448	180.000	424.838	402.067
168	56.448	180.000	424.393	402.035

Tabla N° 16. Descargas P.R. 10 años

Fuente: Propia

DESCARGAS PARA P. R. : 25 AÑOS			NIVELES DEL EMBALSE	
MÁXIMA DE ENTRADA (Q):		1144.600	INICIAL	404.000
MÁXIMA DE SALIDA (q) :		496.025	MÁXIMO	406.809
TIEMPO (horas)	DESCARGAS		EMBALSE	
	DE ENTRADA Q,(m3/s)	DE SALIDA q,(m3/s)	VOLUMEN (MMC)	NIVEL (m)
0	80.122	180.000	452.026	404.000
1	82.984	180.000	451.671	403.975
2	91.608	180.000	451.338	403.951
3	109.295	180.000	451.051	403.931
4	126.983	180.000	450.829	403.916
5	145.624	180.000	450.671	403.904
6	164.265	180.000	450.581	403.898
7	182.907	180.000	450.558	403.896
8	201.548	180.000	450.602	403.900
9	229.679	180.000	450.730	403.909
10	259.326	180.000	450.962	403.925
11	288.973	180.000	451.301	403.949
12	318.620	180.000	451.747	403.980
13	354.466	181.695	452.308	404.020
14	390.313	185.782	452.987	404.067
15	426.160	190.549	453.779	404.122
16	462.006	195.982	454.682	404.185
17	521.699	202.322	455.736	404.258
18	581.391	209.806	456.979	404.344
19	641.084	218.409	458.409	404.443
20	700.776	228.106	460.021	404.555
21	805.388	239.356	461.890	404.685
22	918.458	247.672	464.117	404.840
23	1031.529	241.305	466.746	405.021
24	1144.600	236.922	469.803	405.231
25	1096.605	235.423	472.987	405.449
26	1043.975	245.954	475.973	405.653
27	988.715	281.455	478.683	405.838
28	930.629	314.086	481.065	406.001
29	880.445	343.686	483.141	406.142
30	830.752	370.001	484.937	406.264
31	778.852	392.878	486.461	406.368

32	733.985	412.375	487.735	406.454
33	704.858	429.076	488.810	406.527
34	675.730	443.450	489.724	406.589
35	646.602	455.600	490.486	406.641
36	617.474	465.483	491.104	406.682
37	596.701	473.480	491.599	406.716
38	580.455	480.039	492.002	406.743
39	565.739	485.342	492.327	406.765
40	551.024	489.504	492.583	406.782
41	536.308	492.590	492.772	406.795
42	521.592	494.677	492.899	406.804
43	506.877	495.810	492.968	406.808
44	492.161	496.025	492.981	406.809
45	477.445	495.375	492.941	406.807
46	462.730	493.910	492.853	406.801
47	448.014	491.711	492.718	406.792
48	433.298	488.802	492.540	406.779
49	418.583	485.220	492.320	406.765
50	403.867	481.003	492.061	406.747
51	389.151	476.189	491.765	406.727
52	374.435	470.810	491.435	406.705
53	359.720	464.980	491.072	406.680
54	345.004	458.671	490.678	406.654
55	330.288	451.891	490.255	406.625
56	315.573	444.691	489.803	406.594
57	300.857	437.181	489.326	406.562
58	286.141	429.275	488.823	406.528
59	271.426	421.027	488.296	406.492
60	256.710	412.548	487.746	406.455
61	241.994	403.733	487.174	406.416
62	227.279	394.704	486.582	406.376
63	212.563	385.444	485.969	406.334
64	197.847	375.933	485.338	406.291
65	183.132	366.304	484.687	406.247
66	168.416	356.411	484.019	406.202
67	153.700	346.473	483.334	406.155
68	138.985	336.300	482.632	406.107
69	124.269	326.090	481.913	406.058
70	109.553	315.691	481.179	406.008
71	94.838	305.283	480.429	405.957
72	80.122	294.707	479.664	405.905
73	80.122	284.516	478.910	405.854
74	80.122	274.834	478.191	405.805
75	80.122	265.824	477.507	405.758
76	80.122	257.255	476.854	405.713
77	80.122	249.234	476.230	405.671
78	80.122	241.643	475.635	405.630
79	80.122	235.952	475.064	405.591
80	80.122	235.728	474.503	405.553
81	80.122	235.503	473.944	405.515

82	80.122	235.420	473.384	405.476
83	80.122	235.424	472.825	405.438
84	80.122	235.429	472.266	405.400
85	80.122	235.667	471.707	405.361
86	80.122	235.906	471.146	405.323
87	80.122	236.246	470.585	405.284
88	80.122	236.732	470.022	405.246
89	80.122	237.220	469.457	405.207
90	80.122	237.922	468.890	405.168
91	80.122	238.674	468.321	405.129
92	80.122	239.502	467.749	405.090
93	80.122	240.538	467.173	405.050
94	80.122	241.580	466.594	405.010
95	80.122	242.848	466.010	404.970
96	80.122	244.202	465.422	404.930
97	80.122	245.655	464.829	404.889
98	80.122	247.352	464.230	404.847
99	80.122	249.066	463.624	404.806
100	80.122	246.163	463.022	404.764
101	80.122	242.605	462.430	404.723
102	80.122	239.123	461.851	404.683
103	80.122	235.715	461.285	404.643
104	80.122	232.381	460.731	404.605
105	80.122	229.118	460.189	404.567
106	80.122	225.925	459.658	404.530
107	80.122	222.801	459.139	404.494
108	80.122	219.743	458.631	404.459
109	80.122	216.751	458.134	404.424
110	80.122	213.823	457.647	404.390
111	80.122	210.958	457.171	404.357
112	80.122	208.154	456.705	404.325
113	80.122	205.411	456.249	404.293
114	80.122	202.726	455.803	404.262
115	80.122	200.098	455.366	404.232
116	80.122	197.527	454.939	404.202
117	80.122	195.011	454.521	404.173
118	80.122	192.549	454.111	404.145
119	80.122	190.140	453.711	404.117
120	80.122	187.782	453.319	404.090
121	80.122	185.475	452.936	404.063
122	80.122	183.218	452.561	404.037
123	80.122	181.008	452.193	404.012
124	80.122	180.000	451.832	403.986
125	80.122	180.000	451.472	403.961
126	80.122	180.000	451.113	403.936
127	80.122	180.000	450.753	403.910
128	80.122	180.000	450.394	403.885
129	80.122	180.000	450.034	403.859
130	80.122	180.000	449.675	403.834
131	80.122	180.000	449.315	403.809

132	80.122	180.000	448.956	403.783
133	80.122	180.000	448.596	403.758
134	80.122	180.000	448.236	403.733
135	80.122	180.000	447.877	403.707
136	80.122	180.000	447.517	403.682
137	80.122	180.000	447.158	403.656
138	80.122	180.000	446.798	403.631
139	80.122	180.000	446.439	403.606
140	80.122	180.000	446.079	403.580
141	80.122	180.000	445.719	403.555
142	80.122	180.000	445.360	403.530
143	80.122	180.000	445.000	403.504
144	80.122	180.000	444.641	403.479
145	80.122	180.000	444.281	403.453
146	80.122	180.000	443.922	403.428
147	80.122	180.000	443.562	403.403
148	80.122	180.000	443.203	403.377
149	80.122	180.000	442.843	403.352
150	80.122	180.000	442.483	403.327
151	80.122	180.000	442.124	403.301
152	80.122	180.000	441.764	403.276
153	80.122	180.000	441.405	403.250
154	80.122	180.000	441.045	403.225
155	80.122	180.000	440.686	403.200
156	80.122	180.000	440.326	403.174
157	80.122	180.000	439.966	403.149
158	80.122	180.000	439.607	403.124
159	80.122	180.000	439.247	403.098
160	80.122	180.000	438.888	403.073
161	80.122	180.000	438.528	403.047
162	80.122	180.000	438.169	403.022
163	80.122	180.000	437.809	402.997
164	80.122	180.000	437.450	402.971
165	80.122	180.000	437.090	402.945
166	80.122	180.000	436.730	402.919
167	80.122	180.000	436.371	402.894
168	80.122	180.000	436.011	402.868

Tabla N° 17. Descargas P.R. 25 años. Fuente: Propia

DESCARGAS PARA P. R. : 50 AÑOS			NIVELES DEL EMBALSE	
MÁXIMA DE ENTRADA (Q):		1435.100	INICIAL	404.000
MÁXIMA DE SALIDA (q) :		668.222	MÁXIMO	407.478
TIEMPO (horas)	DESCARGAS DE ENTRADA Q,(m3/s)	DE SALIDA q,(m3/s)	EMBALSE VOLUMEN (MMC)	NIVEL (m)
0	100.457	180.000	452.026	404.000
1	104.045	180.000	451.746	403.980
2	114.858	180.000	451.492	403.962

3	137.034	180.000	451.297	403.949
4	159.211	180.000	451.183	403.940
5	182.583	180.000	451.150	403.938
6	205.956	180.000	451.201	403.942
7	229.328	180.000	451.337	403.951
8	252.701	180.000	451.556	403.967
9	287.972	180.000	451.882	403.990
10	325.143	181.853	452.334	404.021
11	362.314	185.322	452.910	404.061
12	399.485	189.513	453.607	404.110
13	444.430	194.495	454.435	404.167
14	489.375	200.332	455.405	404.235
15	534.319	207.008	456.514	404.312
16	579.264	214.504	457.760	404.398
17	654.106	223.122	459.192	404.498
18	728.949	233.160	460.861	404.614
19	803.791	244.587	462.760	404.746
20	878.634	245.436	464.906	404.894
21	1009.795	240.074	467.431	405.068
22	1151.564	236.350	470.464	405.276
23	1293.332	235.532	474.015	405.519
24	1435.100	272.458	478.012	405.793
25	1374.924	327.191	481.991	406.064
26	1308.937	379.113	485.550	406.306
27	1239.652	427.138	488.687	406.519
28	1166.823	470.284	491.403	406.703
29	1103.903	508.421	493.729	406.860
30	1041.597	541.475	495.701	406.993
31	976.525	569.401	497.334	407.103
32	920.271	592.385	498.657	407.192
33	883.751	611.402	499.737	407.265
34	847.230	627.122	500.624	407.325
35	810.709	639.711	501.328	407.372
36	774.189	649.265	501.860	407.408
37	748.143	656.339	502.250	407.434
38	727.775	661.498	502.535	407.453
39	709.324	665.104	502.734	407.467
40	690.874	667.316	502.856	407.475
41	672.423	668.222	502.906	407.478
42	653.973	667.904	502.888	407.477
43	635.522	666.440	502.808	407.471
44	617.072	663.903	502.668	407.462
45	598.621	660.360	502.472	407.449
46	580.170	655.874	502.225	407.432
47	561.720	650.506	501.929	407.412
48	543.269	644.349	501.587	407.389
49	524.819	637.469	501.202	407.364
50	506.368	629.868	500.777	407.335
51	487.918	621.590	500.314	407.304
52	469.467	612.786	499.816	407.270

53	451.017	603.402	499.283	407.234
54	432.566	593.474	498.719	407.196
55	414.116	583.157	498.126	407.156
56	395.665	572.346	497.503	407.115
57	377.215	561.182	496.854	407.071
58	358.764	549.637	496.179	407.025
59	340.314	537.764	495.480	406.978
60	321.863	525.601	494.758	406.929
61	303.413	513.150	494.014	406.879
62	284.962	500.466	493.249	406.827
63	266.512	487.551	492.463	406.774
64	248.061	474.430	491.657	406.720
65	229.611	461.152	490.833	406.664
66	211.160	447.665	489.991	406.607
67	192.710	434.114	489.131	406.549
68	174.259	420.368	488.253	406.489
69	155.809	406.575	487.359	406.429
70	137.358	392.676	486.448	406.367
71	118.908	378.660	485.521	406.304
72	100.457	364.677	484.577	406.240
73	100.457	351.065	483.651	406.177
74	100.457	338.326	482.771	406.117
75	100.457	326.421	481.937	406.060
76	100.457	315.188	481.143	406.006
77	100.457	304.732	480.389	405.955
78	100.457	294.812	479.672	405.906
79	100.457	285.577	478.988	405.859
80	100.457	276.808	478.338	405.815
81	100.457	268.595	477.718	405.772
82	100.457	260.836	477.126	405.732
83	100.457	253.469	476.562	405.694
84	100.457	246.601	476.024	405.657
85	100.457	240.041	475.510	405.622
86	100.457	235.932	475.014	405.588
87	100.457	235.737	474.527	405.554
88	100.457	235.542	474.040	405.521
89	100.457	235.420	473.554	405.488
90	100.457	235.422	473.068	405.455
91	100.457	235.425	472.583	405.421
92	100.457	235.501	472.097	405.388
93	100.457	235.709	471.610	405.355
94	100.457	235.916	471.123	405.321
95	100.457	236.203	470.635	405.288
96	100.457	236.626	470.145	405.254
97	100.457	237.050	469.654	405.221
98	100.457	237.564	469.161	405.187
99	100.457	238.218	468.667	405.153
100	100.457	238.874	468.170	405.119
101	100.457	239.644	467.670	405.084
102	100.457	240.548	467.167	405.050

103	100.457	241.458	466.661	405.015
104	100.457	242.523	466.152	404.980
105	100.457	243.704	465.638	404.944
106	100.457	244.896	465.120	404.909
107	100.457	246.309	464.598	404.873
108	100.457	247.804	464.070	404.836
109	100.457	249.265	463.537	404.800
110	100.457	246.076	463.007	404.763
111	100.457	242.955	462.488	404.727
112	100.457	239.901	461.981	404.692
113	100.457	236.913	461.484	404.657
114	100.457	233.989	460.998	404.623
115	100.457	231.127	460.523	404.590
116	100.457	228.327	460.057	404.558
117	100.457	225.587	459.602	404.526
118	100.457	222.905	459.156	404.495
119	100.457	220.281	458.720	404.465
120	100.457	217.714	458.293	404.435
121	100.457	215.201	457.876	404.406
122	100.457	212.742	457.467	404.378
123	100.457	210.336	457.067	404.350
124	100.457	207.981	456.676	404.323
125	100.457	205.677	456.293	404.296
126	100.457	203.422	455.918	404.270
127	100.457	201.216	455.552	404.245
128	100.457	199.056	455.193	404.220
129	100.457	196.943	454.842	404.196
130	100.457	194.876	454.498	404.172
131	100.457	192.852	454.162	404.148
132	100.457	190.872	453.833	404.126
133	100.457	188.935	453.511	404.103
134	100.457	187.039	453.196	404.081
135	100.457	185.183	452.887	404.060
136	100.457	183.368	452.585	404.039
137	100.457	181.591	452.290	404.018
138	100.457	180.000	452.001	403.998
139	100.457	180.000	451.715	403.978
140	100.457	180.000	451.428	403.958
141	100.457	180.000	451.142	403.938
142	100.457	180.000	450.856	403.917
143	100.457	180.000	450.569	403.897
144	100.457	180.000	450.283	403.877
145	100.457	180.000	449.996	403.857
146	100.457	180.000	449.710	403.837
147	100.457	180.000	449.424	403.816
148	100.457	180.000	449.137	403.796
149	100.457	180.000	448.851	403.776
150	100.457	180.000	448.565	403.756
151	100.457	180.000	448.278	403.736
152	100.457	180.000	447.992	403.715

153	100.457	180.000	447.706	403.695
154	100.457	180.000	447.419	403.675
155	100.457	180.000	447.133	403.655
156	100.457	180.000	446.847	403.635
157	100.457	180.000	446.560	403.614
158	100.457	180.000	446.274	403.594
159	100.457	180.000	445.988	403.574
160	100.457	180.000	445.701	403.554
161	100.457	180.000	445.415	403.533
162	100.457	180.000	445.128	403.513
163	100.457	180.000	444.842	403.493
164	100.457	180.000	444.556	403.473
165	100.457	180.000	444.269	403.453
166	100.457	180.000	443.983	403.432
167	100.457	180.000	443.697	403.412
168	100.457	180.000	443.410	403.392

Tabla N° 18. Descargas P.R. 50 años. Fuente: Propia

DESCARGAS PARA P. R. : 100 AÑOS			NIVELES DEL EMBALSE	
MÁXIMA DE ENTRADA (Q):		1757.280	INICIAL	404.000
MÁXIMA DE SALIDA (q) :		865.132	MÁXIMO	408.171
TIEMPO (horas)	DESCARGAS		EMBALSE	
	DE ENTRADA Q,(m3/s)	DE SALIDA q,(m3/s)	VOLUMEN (MMC)	NIVEL (m)
0	123.010	180.000	452.026	404.000
1	127.403	180.000	451.829	403.986
2	140.643	180.000	451.663	403.974
3	167.799	180.000	451.570	403.968
4	194.954	180.000	451.575	403.968
5	223.573	180.000	451.681	403.976
6	252.193	180.000	451.889	403.990
7	280.813	181.039	452.198	404.012
8	309.432	183.484	452.605	404.040
9	352.622	186.645	453.130	404.077
10	398.138	190.690	453.802	404.123
11	443.654	195.623	454.622	404.180
12	489.170	201.426	455.587	404.247
13	544.204	208.182	456.709	404.325
14	599.239	215.973	458.004	404.415
15	654.274	224.775	459.467	404.517
16	709.308	234.569	461.095	404.630
17	800.953	245.725	462.949	404.759
18	892.598	244.911	465.114	404.908
19	984.242	239.734	467.620	405.081
20	1075.88	236.344	470.471	405.277
21	1236.49	235.440	473.784	405.504
22	1410.09	267.609	477.643	405.767
23	1583.68	326.775	481.962	406.062

24	1757.28	396.099	486.674	406.382
25	1683.59	468.798	491.311	406.696
26	1602.79	536.687	495.416	406.974
27	1517.95	598.246	498.991	407.215
28	1428.77	652.588	502.044	407.420
29	1351.72	699.541	504.615	407.593
30	1275.43	739.456	506.753	407.736
31	1195.75	772.198	508.480	407.852
32	1126.87	798.186	509.835	407.943
33	1082.15	818.815	510.900	408.014
34	1037.43	835.190	511.738	408.070
35	992.714	847.451	512.364	408.112
36	947.994	855.894	512.791	408.140
37	916.102	861.126	513.056	408.158
38	891.160	864.046	513.203	408.168
39	868.567	865.132	513.258	408.171
40	845.975	864.592	513.231	408.170
41	823.382	862.537	513.127	408.163
42	800.789	859.071	512.952	408.151
43	778.197	854.291	512.710	408.135
44	755.604	848.288	512.406	408.114
45	733.011	841.176	512.045	408.090
46	710.419	833.058	511.629	408.063
47	687.826	823.957	511.163	408.031
48	665.233	813.948	510.651	407.997
49	642.641	803.196	510.094	407.960
50	620.048	791.649	509.496	407.920
51	597.455	779.434	508.860	407.877
52	574.863	766.595	508.187	407.832
53	552.270	753.160	507.480	407.785
54	529.678	739.232	506.741	407.735
55	507.085	724.790	505.972	407.684
56	484.492	709.941	505.175	407.630
57	461.900	694.676	504.350	407.575
58	439.307	679.048	503.499	407.518
59	416.714	663.117	502.624	407.459
60	394.122	646.832	501.726	407.399
61	371.529	630.367	500.805	407.337
62	348.936	613.615	499.863	407.273
63	326.344	596.639	498.900	407.209
64	303.751	579.530	497.917	407.142
65	281.158	562.216	496.915	407.075
66	258.566	544.746	495.893	407.006
67	235.973	527.216	494.854	406.936
68	213.380	509.551	493.797	406.864
69	190.788	491.773	492.722	406.792
70	168.195	473.978	491.630	406.718
71	145.602	456.143	490.520	406.643
72	123.010	438.254	489.394	406.567
73	123.010	420.942	488.290	406.492
74	123.010	404.848	487.247	406.421

75	123.010	389.825	486.259	406.354
76	123.010	375.731	485.324	406.290
77	123.010	362.609	484.438	406.230
78	123.010	350.291	483.597	406.173
79	123.010	338.738	482.800	406.119
80	123.010	327.925	482.043	406.067
81	123.010	317.738	481.323	406.018
82	123.010	308.194	480.640	405.972
83	123.010	299.202	479.989	405.927
84	123.010	290.719	479.370	405.885
85	123.010	282.775	478.781	405.845
86	123.010	275.207	478.219	405.807
87	123.010	268.150	477.684	405.770
88	123.010	261.452	477.173	405.735
89	123.010	255.064	476.686	405.702
90	123.010	249.126	476.222	405.670
91	123.010	243.465	475.778	405.640
92	123.010	238.058	475.354	405.611
93	123.010	235.904	474.944	405.583
94	123.010	235.741	474.538	405.555
95	123.010	235.579	474.132	405.527
96	123.010	235.419	473.727	405.500
97	123.010	235.421	473.322	405.472
98	123.010	235.423	472.918	405.444
99	123.010	235.425	472.513	405.417
100	123.010	235.496	472.108	405.389
101	123.010	235.669	471.703	405.361
102	123.010	235.842	471.297	405.333
103	123.010	236.016	470.891	405.305
104	123.010	236.333	470.483	405.277
105	123.010	236.687	470.075	405.249
106	123.010	237.041	469.665	405.221
107	123.010	237.443	469.253	405.193
108	123.010	237.988	468.841	405.165
109	123.010	238.536	468.426	405.136
110	123.010	239.087	468.009	405.107
111	123.010	239.789	467.590	405.079
112	123.010	240.547	467.168	405.050
113	123.010	241.311	466.743	405.020
114	123.010	242.145	466.316	404.991
115	123.010	243.136	465.885	404.961
116	123.010	244.135	465.451	404.932
117	123.010	245.143	465.013	404.901
118	123.010	246.384	464.571	404.871
119	123.010	247.648	464.125	404.840
120	123.010	248.926	463.674	404.809
121	123.010	247.377	463.223	404.778
122	123.010	244.712	462.780	404.747
123	123.010	242.104	462.347	404.717
124	123.010	239.552	461.923	404.687
125	123.010	237.054	461.508	404.659

126	123.010	234.610	461.102	404.630
127	123.010	232.219	460.704	404.603
128	123.010	229.879	460.315	404.576
129	123.010	227.588	459.935	404.549
130	123.010	225.347	459.562	404.524
131	123.010	223.154	459.198	404.498
132	123.010	221.008	458.841	404.473
133	123.010	218.908	458.492	404.449
134	123.010	216.853	458.150	404.425
135	123.010	214.842	457.816	404.402
136	123.010	212.874	457.489	404.380
137	123.010	210.948	457.169	404.357
138	123.010	209.064	456.856	404.336
139	123.010	207.220	456.549	404.314
140	123.010	205.415	456.250	404.293
141	123.010	203.649	455.956	404.273
142	123.010	201.921	455.669	404.253
143	123.010	200.230	455.388	404.234
144	123.010	198.575	455.113	404.214
145	123.010	196.956	454.844	404.196
146	123.010	195.371	454.580	404.177
147	123.010	193.821	454.323	404.160
148	123.010	192.303	454.070	404.142
149	123.010	190.818	453.824	404.125
150	123.010	189.365	453.582	404.108
151	123.010	187.943	453.346	404.092
152	123.010	186.552	453.115	404.076
153	123.010	185.190	452.888	404.060
154	123.010	183.857	452.667	404.045
155	123.010	182.553	452.450	404.029
156	123.010	181.277	452.238	404.015
157	123.010	180.029	452.031	404.000
158	123.010	180.000	451.825	403.986
159	123.010	180.000	451.620	403.971
160	123.010	180.000	451.415	403.957
161	123.010	180.000	451.210	403.942
162	123.010	180.000	451.005	403.928
163	123.010	180.000	450.800	403.913
164	123.010	180.000	450.594	403.899
165	123.010	180.000	450.389	403.885
166	123.010	180.000	450.184	403.870
167	123.010	180.000	449.979	403.856
168	123.010	180.000	449.774	403.841

Tabla N° 19. Descargas P.R. 100 años. Fuente: Propia

La presa Gallito ciego cumple la función de laminar los flujos de las descargas máximas instantáneas que ingresan a ella, del río Jequetepeque aguas arriba, y así, controlar los caudales de salida de dicha presa, para el río aguas abajo,

PRESA GALLITO CIEGO	PERIODO DE RETORNO			
	10 AÑOS	25 AÑOS	50 AÑOS	100 AÑOS
	Q(m ³ /s)	Q(m ³ /s)	Q(m ³ /s)	Q(m ³ /s)
AGUAS ARRIBA	841.09	1,087.00	1,270.00	1,451.00
AGUAS ABAJO	296.87	496.03	668.22	865.13

Tabla N° 20. Resumen de Caudales Totales.

Fuente: Propia

Debe tenerse en cuenta también que a la represa no ingresa solamente el agua que baja por el cauce del río Jequetepeque, sino además el agua que desciende por las quebradas y que arrastra gran cantidad de lodo y piedras.

El laminado consiste en evacuar mayores cantidades de agua hacia la parte baja del río, abriendo las válvulas. Es una labor que se cumple cuando se presenta la posibilidad de que por mayores volúmenes de ingreso a la Presa, el agua comience a desbordar por el aliviadero de crecidas.

Como se puede apreciar, los caudales de salida, aguas abajo de la presa gallito Ciego, para un periodo de retorno de 100 años, asciende a 865.13m³/s, donde el río Jequetepeque aguas abajo, podría sufrir inundaciones, motivo de este trabajo de investigación.

III.4. HIDRÁULICA FLUVIAL

Desde la entrada del río Jequetepeque al valle ancho, hasta el Pacífico, el río Jequetepeque se puede clasificar como río trenzado, el cual coincide completamente con la descripción de un cauce trenzado, según el Dr. Ph, Ing. Juan P. Martín Vide: Ingeniería Fluvial; Ediciones UPC, Barcelona

1997: “Es un cauce muy ancho compuesto por una multiplicidad de cauces menores entrelazados o trenzados, dejando islas (sumergibles) entre sí al unirse y separarse”. Son cauces inestables en el sentido de que una crecida puede cambiarlos considerablemente. En este sentido se dicen “divergentes” porque un brazo principal puede encontrarse tan pronto en un lugar como en otro. Su presencia se asocia a una gran capacidad de transporte sólido.

Las propiedades morfológicas del río que completamente dependen de la composición geológica y propiedades topográficas del valle, que en este caso son:

El suelo del río Jequetepeque (Según estudios de mecánica de Suelos), está conformado de depósitos de grava suelta con rellenos de arenas de granulometría fina y uniforme, con casi total escasez de materiales finos como el material cementante.

La cuenca alta se distingue con precipitaciones anuales entre 500 y más de 1000 mm, que en general se reparten entre un semestre húmedo del año, de Enero a Mayo, y el otro seco, con escasez de lluvias, de Junio a Noviembre. En la cuenca baja, bajo las incidencias climáticas del Pacífico, las precipitaciones en general son escasas, de promedio anual menos de 200 mm, y se presentan exclusivamente en los meses de verano, concentrándose en Febrero y Marzo, y pueden ser intensos durante la presencia del Fenómeno de El Niño en la Costa Norte del Perú, que en algunos casos puede alcanzar las magnitudes catastróficas. El resto del año esta área se encuentra libre de precipitaciones, mientras que en las partes altas llueve durante todo el año, con las precipitaciones mayores durante los meses de Enero a Mayo, que disminuyen hasta sus valores mínimos entre Julio y Septiembre, y vuelven a incrementarse a partir de Octubre.

La cuenca del río se encuentra bajo incidencias climáticas tanto del Pacífico, como de la vertiente Altiandina Oriental (de la cuenca del

Amazonas). La influencia climática del Pacífico se extiende a toda la cuenca baja, por lo menos a una distancia aproximada de 100 Km. desde la Costa; mientras que las incidencias climáticas

Para una evaluación detallada de las tendencias del desarrollo del cauce no se dispone con la documentación topográfica suficiente y detallada de las diferentes épocas del pasado, salvo las obtenidas para el presente estudio.

Conforme con la pendiente longitudinal del cauce, que para el sector de Estudio, de 18.906 Km de longitud, en promedio asciende 0.51%.

Debido a la alta pendiente longitudinal, el río Jequetepeque dispone con enorme energía, que en general se gasta para el transporte de sólidos, casi exclusivamente como acarreo. Como no existen las limitaciones para la alimentación de la corriente con suficientes cantidades de sólidos, que en general proceden tanto del fondo como de las orillas, compuestos de las mismas formaciones geológicas, es decir de grava suelta con relleno de arenas de granulometría fina y uniforme, casi con total ausencia de materiales finos, como limo y arcillas, es posible y muy probable que el río se encuentre en un estado de equilibrio morfológico, que en general podría consistir en dos ciclos uno de erosiones en algunos tramos, y otro de colmataciones, en los otros, que en el transcurso de tiempo se alteran y así mantienen el cauce del río en el equilibrio general.

Sin embargo, para futuros diseños de obras ingenieriles como encauzamiento, protección con defensas ribereñas, etc; se deben seguir los procedimientos para la evaluación del ancho estable del río, tirante del río, velocidad, y la profundidad de la potencial socavación general del fondo del cauce:

III.4.1. ANCHO ESTABLE:

El Ancho estable, se calculará, mediante los métodos ya mencionados en el acápite de marco teórico, teniendo en cuenta los siguientes valores y coeficientes, según las características físicas del río en estudio:

VALORES RUGOSIDAD DE MANNING (n)	
Descripción	n
Cauce con fondo sólido sin irregularidades = 0.025	0.025
Cauces de río con acarreo irregular = 0.030 - 0.029	0.03
Cauces de Ríos con Vegetación = 0.033 - 0.029	0.029
Cauces naturales con derrubio e irregularidades = 0.033	0.033
Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo = 0.035	0.035
Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza = 0.040 - 0.036	0.04
Torrentes con derrubio grueso y acarreo móvil = 0.045 - 0.050	0.05

Tabla N° 21. Valores de Rugosidad. **Fuente:** Internet

De acuerdo con las propiedades geológicas de los contornos del cauce, para la evaluación de las pérdidas energéticas lineales se ha considerado el coeficiente de rugosidad de Manning promedio, $n = 0.035$, tanto para el cauce menor, como para el cauce mayor

Del mismo modo, teniendo en cuenta las características físicas del Suelo, se puede considerar al fondo del río como: “Fondo y Orillas de Grava” para lo cual se tomaría el valor de $K_1 = 2.9$, según el siguiente cuadro:

CONDICIONES DE FONDO DE RÍO	K_1
Fondo arena y orillas de material cohesivo	4.20
Fondo y orillas de material cohesivo	3.60
Fondo y orillas de grava	2.90
Fondo arena y orillas material no cohesivo	2.80

Tabla N° 22. Coeficiente K_1 . **Fuente:** Internet

El régimen hidráulico

COEFICIENTE DE TIPO DE RÍO (TABLA)	m
Para ríos de montaña	0.50
Para cauces arenosos	0.70
Para cauces aluviales	1.00

Tabla N° 23. Coeficiente de Tipo de Río. **Fuente:** Internet

CALCULO HIDRÁULICO

SECCIÓN ESTABLE O AMPLITUD DE CAUCE (B)

PROYECTO: TESIS
 PERIODO DE RETORNO: 10 AÑOS

Q DISEÑO (m ³ /seg)	MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON			MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING		MÉTODO DE BLENCH			
	B = K ₁ Q ^{1/2}			B = (Q ^{1/2} /S ^{1/5}) (n K ^{5/3}) ^{3/(3+5m)}		B = 1.81(Q F _b /F _s) ^{1/2}			
296.87	Condiciones de Fondo de río	K ₁	B (m)	Valores rugosidad de Manning (n)		B (m)	Factores		B (m)
	Fondo y orillas de grava	2.9	49.97	Descripción	n		66.57	Factor de Fondo	
Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo = 0.035				0.035	Material Grueso	1.2			
0.00510	MÉTODO DE PETTIS			Descripción			K	66.57	Factor de Orilla
	B = 4.44 Q ^{0.5}			Material aluvial = 8 a 12	12	Materiales sueltos	0.1		
76.5	B (m)			Coeficiente de Tipo de Río				76.5	
	76.5			Descripción	m				
			Para cauces aluviales		1				

RESUMEN :

MÉTODO	B (m)
MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON	49.97
MÉTODO DE PETTIS	76.5
MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING	66.57
MÉTODO DE BLENCH	108.03
RECOMENDACIÓN PRACTICA	70.00

=====> SE ADOPTA

B : 80.00

Se elige este ancho por adaptarse a la zona de estudio.

CALCULO HIDRÁULICO

SECCIÓN ESTABLE O AMPLITUD DE CAUCE (B)

PROYECTO: TESIS
 PERIODO DE RETORNO: 25 AÑOS

Q DISEÑO (m ³ /seg)	MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON			MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING			MÉTODO DE BLENCH		
	B = K ₁ Q ^{1/2}			B = (Q ^{1/2} /S ^{1/5}) (n K ^{5/3}) ^{3/(3+5m)}			B = 1.81(Q F _b /F _s) ^{1/2}		
496.03	Condiciones de Fondo de río	K ₁	B (m)	Valores rugosidad de Manning (n)		B (m)	Factores		B (m)
	Fondo y orillas de grava	2.9	64.59	Descripción	n		Factor de Fondo	F _b	
Pendiente Zona del Proyecto (m/m)				Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo = 0.035		86.05	Material Grueso	1.2	139.64
	MÉTODO DE PETTIS			Coeficiente Material del Cauce			Factor de Orilla	F _s	
0.00510	B = 4.44 Q ^{0.5}			Descripción	K	86.05	Materiales sueltos	0.1	
B (m)			Coeficiente de Tipo de Río						
98.89			Descripción	m					
			Para cauces aluviales		1				

RESUMEN :

MÉTODO	B (m)
MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON	64.59
MÉTODO DE PETTIS	98.89
MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING	86.05
MÉTODO DE BLENCH	139.64
RECOMENDACIÓN PRACTICA	70.00

=====> SE ADOPTA

B : 100.00

Se elige este ancho por adaptarse a la zona de estudio.

CALCULO HIDRÁULICO

SECCIÓN ESTABLE O AMPLITUD DE CAUCE (B)

PROYECTO: TESIS
 PERIODO DE RETORNO: 50 AÑOS

Q DISEÑO (m ³ /seg)	MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON			MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING		MÉTODO DE BLENCH			
	B = K ₁ Q ^{1/2}			B = (Q ^{1/2} /S ^{1/5}) (n K ^{5/3}) ^{3/(3+5m)}		B = 1.81(Q F _b /F _s) ^{1/2}			
668.22	Condiciones de Fondo de río	K ₁	B (m)	Valores rugosidad de Manning (n)		B (m)	Factores		B (m)
	Fondo y orillas de grava	2.9	74.96	Descripción	n		99.88	Factor de Fondo	
Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo = 0.035				0.035	Material Grueso	1.2			
0.00510	MÉTODO DE PETTIS			Coeficiente Material del Cauce			K	99.88	Factor de Orilla
	B = 4.44 Q ^{0.5}			Descripción	12	Material aluvial = 8 a 12			
114.77	B (m)			Coeficiente de Tipo de Río			99.88	Materiales sueltos	0.1
	114.77			Descripción	m	Para cauces aluviales			

RESUMEN :

MÉTODO	B (m)
MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON	74.96
MÉTODO DE PETTIS	114.77
MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING	99.88
MÉTODO DE BLENCH	162.08
RECOMENDACIÓN PRACTICA	80.09

=====> SE ADOPTA B : **110.00**

Se elige este ancho por adaptarse a la zona de estudio.

CALCULO HIDRÁULICO

SECCIÓN ESTABLE O AMPLITUD DE CAUCE (B)

PROYECTO: TESIS
 PERIODO DE RETORNO: 100 AÑOS

Q DISEÑO (m ³ /seg)	MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON			MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING		MÉTODO DE BLENCH			
	B = K ₁ Q ^{1/2}			B = (Q ^{1/2} /S ^{1/5}) (n K ^{5/3}) ^{3/(3+5m)}		B = 1.81(Q F _b /F _s) ^{1/2}			
865.13	Condiciones de Fondo de río	K ₁	B (m)	Valores rugosidad de Manning (n)		B (m)	Factores		B (m)
	Fondo y orillas de grava	2.9	85.3	Descripción	n		Factor de Fondo	F _b	
Pendiente Zona del Proyecto (m/m)				Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo = 0.035	0.035	113.64	Material Grueso	1.2	184.42
				Coeficiente Material del Cauce			Factor de Orilla	F _s	
0.00510	MÉTODO DE PETTIS			Descripción	K		Materiales sueltos	0.1	
	B = 4.44 Q ^{0.5}			Material aluvial = 8 a 12	12				
			B (m)	Coeficiente de Tipo de Río					
			130.59	Descripción	m				
				Para cauces aluviales	1				

RESUMEN :

MÉTODO	B (m)
MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON	85.3
MÉTODO DE PETTIS	130.59
MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING	113.64
MÉTODO DE BLENCH	184.42
RECOMENDACIÓN PRACTICA	91.91

=====> SE ADOPTA

B : 130.00

Se elige este ancho por adaptarse a la zona de estudio.

III.4.2. TIRANTE HIDRÁULICO:

Para el cálculo del tirante hidráulico, se utilizará el método de Manning- Strinckler, es directamente proporcional con el caudal de diseño (para cada periodo de retorno), e inversamente proporcional con los valores calculados del ancho estable mayores a 30 metros (para cada periodo de retorno), la pendiente promedio (0.51%), y coeficiente $k_s = 28$, teniendo en cuenta de que el cauce del río mantiene un fuerte transporte de acarreo, y los tirantes hidráulicos para cada periodo de retorno son los siguientes:

Periodo de Retorno 10 años:

CALCULO DEL TIRANTE MÉTODO DE MANNING - STRICKLER (B > 30 M) $t = ((Q / (Ks * B * S^{1/2}))^{3/5}$ Valores para Ks para Cauces Naturales (Inversa de n)			t (m)
Descripción	Ks		
Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo = 28	28	1.45	
Caudal de Diseño (m ³ /seg)			
Q =	296.87		
Ancho Estable - Plantilla (m)			
B =	80.00		
Pendiente del Tramo de estudio			
S =	0.00510		

Periodo de Retorno 25 años:

CALCULO DEL TIRANTE MÉTODO DE MANNING - STRICKLER (B > 30 M) $t = ((Q / (Ks * B * S^{1/2}))^{3/5}$			t
Valores para Ks para Cauces Naturales (Inversa de n)			(m)
Descripción	Ks		1.72
Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo = 28	28		
Caudal de Diseño (m ³ /seg)			
Q =	496.03		
Ancho Estable - Plantilla (m)			
B =	100.00		
Pendiente del Tramo de estudio			
S =	0.00510		

Periodo de Retorno 50 años:

CALCULO DEL TIRANTE MÉTODO DE MANNING - STRICKLER (B > 30 M) $t = ((Q / (Ks * B * S^{1/2}))^{3/5}$			t
Valores para Ks para Cauces Naturales (Inversa de n)			(m)
Descripción	Ks		1.95
Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo = 28	28		
Caudal de Diseño (m ³ /seg)			
Q =	668.22		
Ancho Estable - Plantilla (m)			
B =	110.00		
Pendiente del Tramo de estudio			
S =	0.00510		

Periodo de Retorno 100 años:

CALCULO DEL TIRANTE MÉTODO DE MANNING - STRICKLER (B > 30 M) $t = ((Q / (Ks * B * S^{1/2}))^{3/5}$			t
Valores para Ks para Cauces Naturales (Inversa de n)		t (m)	
Descripción	Ks	2.06	
Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo = 28	28		
Caudal de Diseño (m ³ /seg)			
Q =	865.13		
Ancho Estable - Plantilla (m)			
B =	130.00		
Pendiente del Tramo de estudio			
S =	0.00510		

III.4.3. VELOCIDAD MEDIA Y TIPO DE FLUJO:

Teniendo en cuenta los valores de los tirantes hidráulicos, anchos estables, y taludes, se pueden calcular las áreas y perímetros hidráulicos, con los cuales se calcularan los valores de los Radios Hidráulicos, para luego multiplicarlo por la pendiente, según la Formula de Manning, para calcular el valor de la Velocidad media, para cada periodo de retorno; y luego proceder a identificar el tipo de flujo, según el número de Froude calculado.

- Flujo Sub-críticos: $F < 1$
- Flujo Críticos: $F = 1$
- Flujo Supercríticos: $F > 1$



Imagen N° 15. Tipo de Flujo.
Fuente: Internet

Periodo de Retorno 10 años:

Formula de Manning : Velocidad Media (m/s) >>>> $V = R^{2/3} * S^{1/2} / n$				
Radio Hidráulico >>> $R = A / P$ >>>>>>		R :	Pendiente de Fondo >>> S	
Tirante medio (y)	Taluz de Borde (Z)	1.39	S = 0.00510	
y = 1.45	Z = 2		Coficiente de Rugosidad de Manning	
Ancho de Equilibrio (B)			Descripción	n
B = 80.00			Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo = 0.035	0.035
Área (m2)		Perímetro (m)		
A = 111.8		P = 80.68		
>>>>>> V = 2.54 m/seg				
Numero de Froude : $F = V / (g * y)^{1/2}$				
Velocidad media de la corriente (m/s)	Aceleración de la Gravedad	Profundidad Hidráulica Media = Área Mojada / Ancho Superficial:	Froude (F)	
V = 2.54	g = 9.81	y = A / B >>> y = 1.40	0.69	
Tipo de Flujo : FLUJO SUBCRITICO				

Periodo de Retorno 25 años:

Formula de Manning : Velocidad Media (m/s) >>>> $V = R^{2/3} * S^{1/2} / n$				
Radio Hidráulico >>> $R = A / P$ >>>>>>		R :	Pendiente de Fondo >>> S	
Tirante medio (y)	Taluz de Borde (Z)	1.65	S = 0.00510	
y = 1.72	Z = 2		Coficiente de Rugosidad de Manning	
Ancho de Equilibrio (B)			Descripción	n
B = 100.00			Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo = 0.035	0.035
Área (m2)		Perímetro (m)		
A = 166.08		P = 100.81		
>>>>>> V = 2.85 m/seg				
Numero de Froude : $F = V / (g * y)^{1/2}$				
Velocidad media de la corriente (m/s)	Aceleración de la Gravedad	Profundidad Hidráulica Media = Área Mojada / Ancho Superficial:	Froude (F)	
V = 2.85	g = 9.81	y = A / B >>> y = 1.66	0.71	
Tipo de Flujo : FLUJO SUBCRITICO				

Periodo de Retorno 50 años:

Formula de Manning : Velocidad Media (m/s) >>>> $V = R^{2/3} * S^{1/2} / n$			
Radio Hidráulico >>> $R = A / P$ >>>>>>>		R :	Pendiente de Fondo >>> S
Tirante medio (y)	Taluz de Borde (Z)	1.87	S = 0.00510
y = 1.95	Z = 2		Coeficiente de Rugosidad de Manning
Ancho de Equilibrio (B)			
B = 110.00			Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo = 0.035
Área (m2)		Perímetro (m)	
A = 206.9		P = 110.92	
>>>>>>> V = 3.10 m/seg			
Numero de Froude : $F = V / (g * y)^{1/2}$			
Velocidad media de la corriente (m/s)	Aceleración de la Gravedad	Profundidad Hidráulica Media = Área Mojada / Ancho Superficial:	Froude (F)
V = 3.10	g = 9.81	y = A / B >>> y = 1.88	0.72
Tipo de Flujo : FLUJO SUBCRITICO			

Periodo de Retorno 100 años:

Formula de Manning : Velocidad Media (m/s) >>>> $V = R^{2/3} * S^{1/2} / n$			
Radio Hidráulico >>> $R = A / P$ >>>>>>>		R :	Pendiente de Fondo >>> S
Tirante medio (y)	Taluz de Borde (Z)	1.98	S = 0.00510
y = 2.06	Z = 2		Coeficiente de Rugosidad de Manning
Ancho de Equilibrio (B)			
B = 130.00			Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo = 0.035
Área (m2)		Perímetro (m)	
A = 259.31		P = 130.97	
>>>>>>> V = 3.22 m/seg			
Numero de Froude : $F = V / (g * y)^{1/2}$			
Velocidad media de la corriente (m/s)	Aceleración de la Gravedad	Profundidad Hidráulica Media = Área Mojada / Ancho Superficial:	Froude (F)
V = 3.22	g = 9.81	y = A / B >>> y = 1.99	0.73
Tipo de Flujo : FLUJO SUBCRITICO			

III.4.4. PROFUNDIDAD DE SOCAVACIÓN:

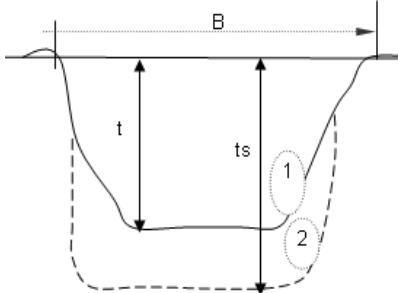
La profundidad de socavación, dependerá del tipo de suelo, que presente el cauce del rio, y para este caso, según los estudios de mecánica de suelos para el rio Jequetepeque aguas abajo, este presenta un suelo granular no cohesivo, y con los datos ya obtenidos de los Tirantes Hidráulicos, Caudales de diseño de salida, anchos

estables, se podrán calcular las profundidades de Socavación para cada periodo de retorno, como se presenta a continuación:

Periodo de Retorno 10 años:

CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (H _s)										
METODO DE LL. LIST VAN LEVEDIEV										
Suelos Granulares - No Cohesivos										
$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)} \dots\dots\dots(1)$										
Suelos Cohesivos										
$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.60 \gamma_s^{1.18} \beta))^{1/(x+1)} \dots\dots\dots(2)$										
Donde:										
t_s = Tirante despues de producirse la socavacion (m)										
t = Tirante sin socavacion (m)										
$t = 1.45$ m										
D_m = Diametro Medio de las particulas (mm)										
$D_m = 18$ mm										
γ_s = Peso Especifico suelo (Kg/m ³)										
μ = Coeficiente de Contraccion										
α = Coeficiente >>>>>										
$\alpha = Q / (t_m^{5/3} B \mu)$										
Tirante medio (t_m) = A/B	Q (Caudal de Diseño)	Coeficiente de Contraccion (μ) Tabla N° 01	Ancho Estable	α						
$t_m = 1.40$	296.87	$\mu = 0.99$	B = 80.00	2.15						
<p>1. Perfil antes de la erosión</p> <p>2. Perfil de equilibrio tras la erosión</p>										
PROFUNDIDAD DE SOCAVACION PARA SUELOS NO COHESIVO(1) :										
X : Exponente que depende de : D_m para suelos Granulares No Cohesivos y γ_s para suelos cohesivos. >>>>> TABLA N° 03		Coeficiente por Tiempo de Retorno : β (Tabla N°04)	TIRANTE DE SOCAVACION SUELOS GRANULARES - NO COHESIVOS							
X (Tabla N° 03)	1/x+1		$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)}$							
x = 0.32	0.76	$\beta = 0.97$	$t_s = 2.11$ m							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (H_s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H_s</td> <td>= t_s - t</td> </tr> <tr> <td>H_s</td> <td>= 0.66 m</td> </tr> </tbody> </table>					PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (H _s)		H _s	= t _s - t	H _s	= 0.66 m
PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (H _s)										
H _s	= t _s - t									
H _s	= 0.66 m									

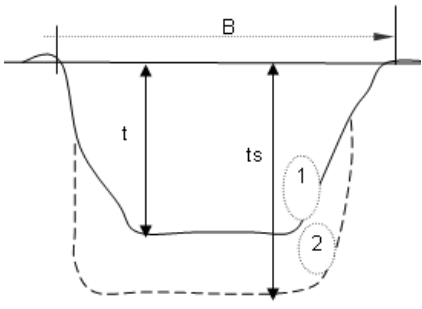
Periodo de Retorno 25 años:

CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (H _s)										
METODO DE LL. LIST VAN LEVEDIEV										
Suelos Granulares - No Cohesivos			<p>1. Perfil antes de la erosión</p> <p>2. Perfil de equilibrio tras la erosión</p> 							
$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)} \dots\dots(1)$										
Suelos Cohesivos										
$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.60 \gamma_s^{1.18} \beta))^{1/(x+1)} \dots\dots(2)$										
Donde:										
t_s = Tirante despues de producirse la socavacion (m)										
t = Tirante sin socavacion (m)										
t = 1.72 m										
D_m = Diametro Medio de las particulas (mm)										
D_m = 18 mm										
γ_s = Peso Especifico suelo (Kg/m3)										
μ = Coeficiente de Contraccion										
α = Coeficiente >>>>>										
$\alpha = Q / (t_m^{5/3} B \mu)$										
Tirante medio (t_m) = A/B	Q (Caudal de Diseño)	Coeficiente de Contraccion (μ) Tabla N° 01	Ancho Estable	α						
t_m = 1.66	496.03	μ = 0.99	B = 100.00	2.15						
PROFUNDIDAD DE SOCAVACION PARA SUELOS NO COHESIVO(1) :										
X : Exponente que depende de : D_m para suelos Granulares No Cohesivos y γ_s para suelos cohesivos. >>>>> TABLA N° 03		Coeficiente por Tiempo de Retorno : β (Tabla N° 04)	TIRANTE DE SOCAVACION SUELOS GRANULARES - NO COHESIVOS							
X (Tabla N° 03)	1/x+1		$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)}$							
x = 0.32	0.76	β = 0.97	t_s = 2.62 m							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (H_s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H_s</td> <td>= t_s - t</td> </tr> <tr> <td>H_s</td> <td>= 0.90 m</td> </tr> </tbody> </table>					PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (H _s)		H _s	= t _s - t	H _s	= 0.90 m
PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (H _s)										
H _s	= t _s - t									
H _s	= 0.90 m									

Periodo de Retorno 50 años:

CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (H _s)													
METODO DE LL. LIST VAN LEVEDIEV													
Suelos Granulares - No Cohesivos													
$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)} \dots\dots\dots(1)$													
Suelos Cohesivos													
$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.60 \gamma_s^{1.18} \beta))^{1/(x+1)} \dots\dots\dots(2)$													
Donde:													
t _s = Tirante despues de producirse la socavacion (m)													
t = Tirante sin socavacion (m)													
t = 1.95 m													
D _m = Diametro Medio de las particulas (mm)													
D _m = 18 mm													
γ _s = Peso Especifico suelo (Kg/m3)													
μ = Coeficiente de Contraccion													
α = Coeficiente >>>>>													
α = Q/(t _m ^{5/3} B μ)													
Tirante medio (t _m) = A/B	Q (Caudal de Diseño)	Coeficiente de Contraccion (μ) Tabla N° 01	Ancho Estable	α									
t _m = 1.88	668.22	μ = 0.99	B = 110.00	2.14									
PROFUNDIDAD DE SOCAVACION PARA SUELOS NO COHESIVO(1) :													
X : Exponente que depende de : D_m para suelos Granulares No Cohesivos y γ_s para suelos cohesivos. >>>>> TABLA N° 03		Coeficiente por Tiempo de Retorno : β (Tabla N° 04)	TIRANTE DE SOCAVACION SUELOS GRANULARES - NO COHESIVOS										
X (Tabla N° 03)	1/x+1		$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)}$										
x = 0.32	0.76	β = 0.97	t _s = 3.06 m										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (H_s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H_s</td> <td>=</td> <td>t_s - t</td> </tr> <tr> <td>H_s</td> <td>=</td> <td>1.11 m</td> </tr> </tbody> </table>					PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (H _s)			H _s	=	t _s - t	H _s	=	1.11 m
PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (H _s)													
H _s	=	t _s - t											
H _s	=	1.11 m											

Periodo de Retorno 100 años:

CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (H _s)										
METODO DE LL. LIST VAN LEVEDIEV										
Suelos Granulares - No Cohesivos			<p>1. Perfil antes de la erosión</p> <p>2. Perfil de equilibrio tras la erosión</p> 							
$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)}$(1)										
Suelos Cohesivos										
$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.60 \gamma_s^{1.18} \beta))^{1/(x+1)}$(2)										
Donde:										
t_s = Tirante después de producirse la socavación (m)										
t = Tirante sin socavación (m)										
$t = 2.06$ m										
D_m = Diámetro Medio de las partículas (mm)										
$D_m = 18$ mm										
γ_s = Peso Específico suelo (Kg/m ³)										
μ = Coeficiente de Contracción										
α = Coeficiente >>>>>										
$\alpha = Q / (t_m^{5/3} B \mu)$										
Tirante medio (t_m) = A/B	Q (Caudal de Diseño)	Coeficiente de Contracción (μ) Tabla N° 01	Ancho Estable	α						
$t_m = 1.99$	865.13	$\mu = 0.99$	B = 130.00	2.13						
PROFUNDIDAD DE SOCAVACION PARA SUELOS NO COHESIVO(1) :										
X : Exponente que depende de : D_m para suelos Granulares No Cohesivos y γ_s para suelos cohesivos. >>>>> TABLA N° 03		Coeficiente por Tiempo de Retorno : β (Tabla N° 04)	TIRANTE DE SOCAVACION SUELOS GRANULARES - NO COHESIVOS							
X (Tabla N° 03)	1/x+1		$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)}$							
x = 0.32	0.76	$\beta = 0.97$	$t_s = 3.26$ m							
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (H_s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">H_s</td> <td style="text-align: center;">= t_s - t</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">H_s</td> <td style="text-align: center;">= 1.20 m</td> </tr> </tbody> </table>					PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (H _s)		H _s	= t _s - t	H _s	= 1.20 m
PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (H _s)										
H _s	= t _s - t									
H _s	= 1.20 m									

RESUMEN						
PERIODO DE RETORNO (años)	CAUDAL DE DISEÑO DE SALIDA (m ³ /s)	ANCHO ESTABLE (m)	TIRANTE HIDRÁULICO (m)	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	SOCAVACIÓN (m)	PROFUNDIDAD DE SOCAVACIÓN (m)
10	296.87	80.00	1.45	2.54	2.11	0.66
25	496.03	100.00	1.72	2.85	2.62	0.90
50	668.22	110.00	1.95	3.10	3.06	1.11
100	865.13	130.00	2.06	3.22	3.26	1.20

Tabla N° 24. Resumen de Hidráulica Fluvial.

Fuente: Propia

III.5. SIMULACIÓN HIDRÁULICA CON HEC RAS

Para realizar el modelamiento con el Programa HEC RAS, se trabajó con los caudales aguas abajo de la represa Gallito Ciego que fueron obtenidos en el cálculo de la hidrología del Río Jequetepeque para los diversos periodos de retorno, e ingresados al programa para su estudio de modelación como vemos a continuación:

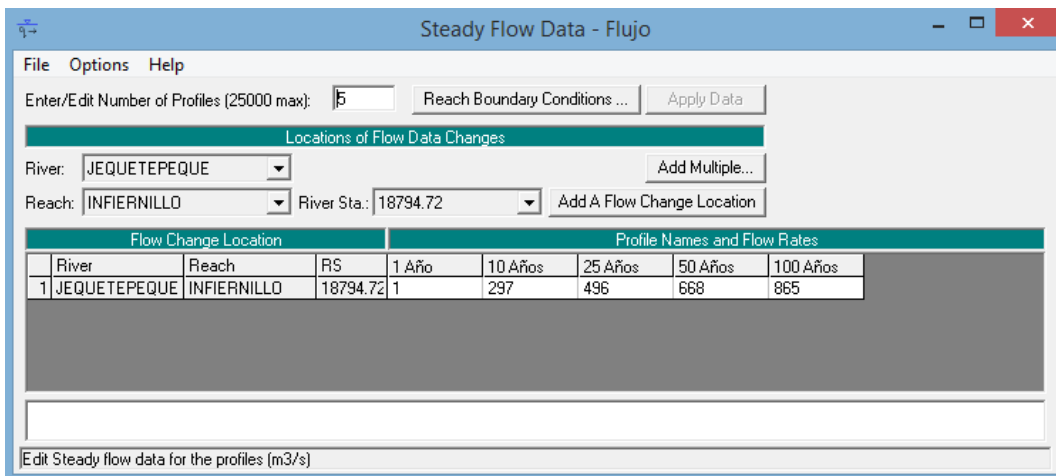


Imagen N° 16. Caudales ingresados al Hec Ras. **Fuente:** Hec Ras

Este programa nos ayudara a obtener un modelamiento de cómo sería el comportamiento del río para los diversos tiempos de retorno, obtendremos vistas de:

- ✓ Secciones transversales para los diversos Periodos de Retorno.
- ✓ Perfil Longitudinal para los diversos periodos de retorno
- ✓ Velocidad que toma el agua del río en todo el tramo en estudio
- ✓ Simulación en 3D según el Periodo de Retorno.
- ✓ Cálculos Obtenidos.

III.5.1. SECCIONES TRANSVERSALES

Luego de haber ingresado topografía, secciones trasversales del río Jequetepeque, Caudales, rugosidad del río, etc. El programa nos ayuda hacer el modelamiento según al caudal ingresado en cada periodo de retorno, pues esto no ayuda a mejorar las zonas más vulnerables que existen a lo largo del río, donde podrían salir perjudicadas familias, terrenos agrícolas con algún desborde que se podría ocasionar si no se toma las medidas necesaria para prevenir cualquier desastre en el futuro. A continuación presentaremos como nos muestra el modelamiento del HEC RAS según el periodo de retorno de las secciones transversales del Río Jequetepeque.

Tenemos la Sección transversal de Rio Jequetepeque en la progresiva 7+002km

➤ **PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS**

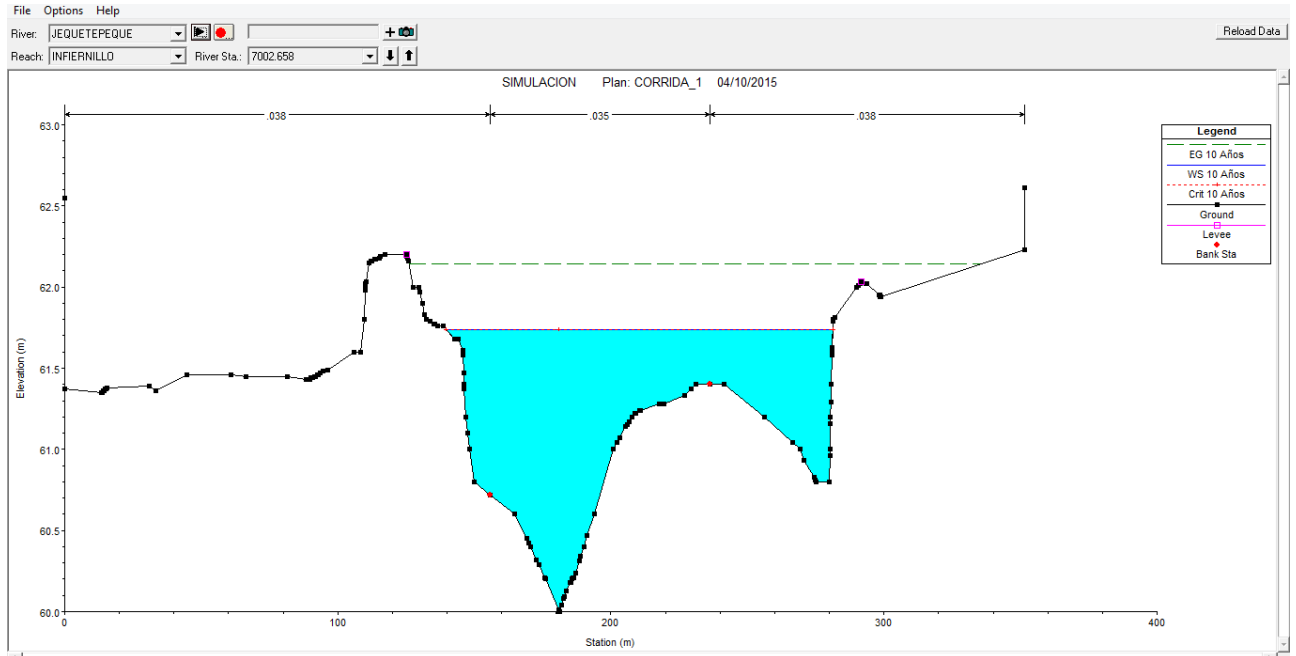


Imagen N° 17. Sección P.R. 10 años.

Fuente: Hec Ras

➤ **PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS**

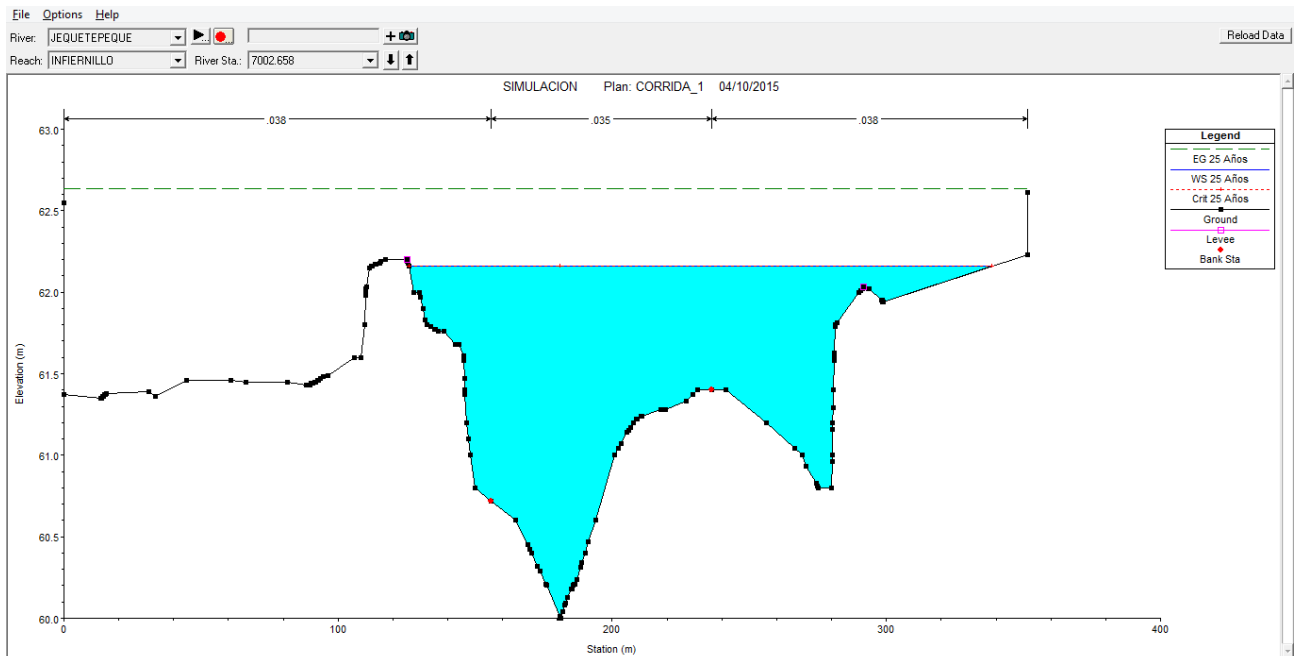


Imagen N° 18. Sección P.R. 25 años.

Fuente: Hec Ras

PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS

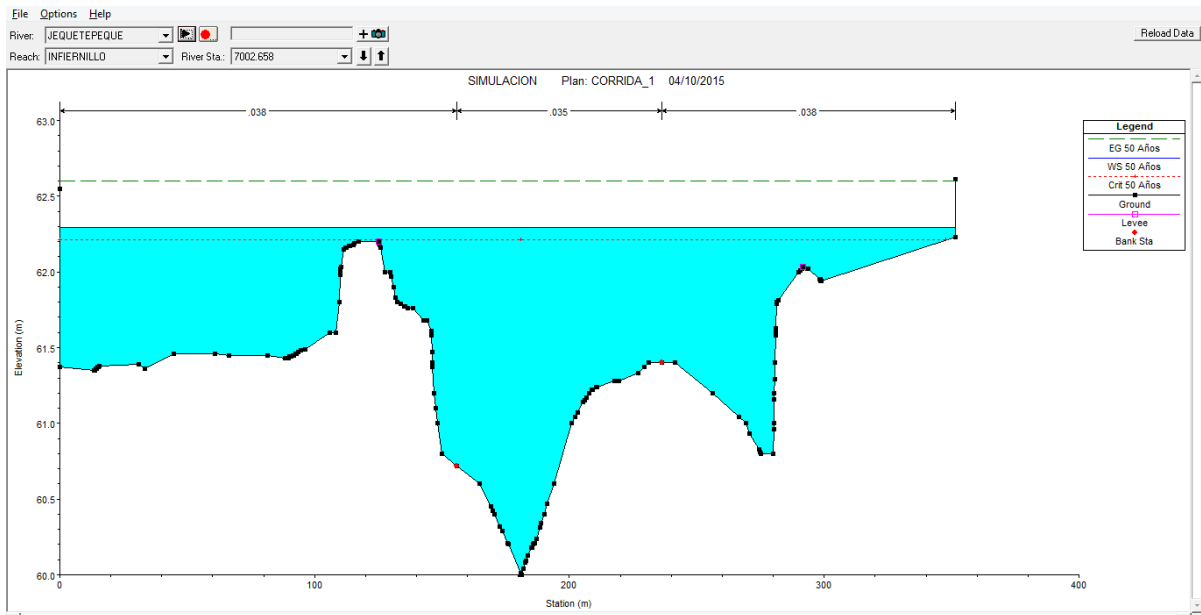


Imagen N° 19. Sección P.R. 50 años.

Fuente: Hec Ras

➤ PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS

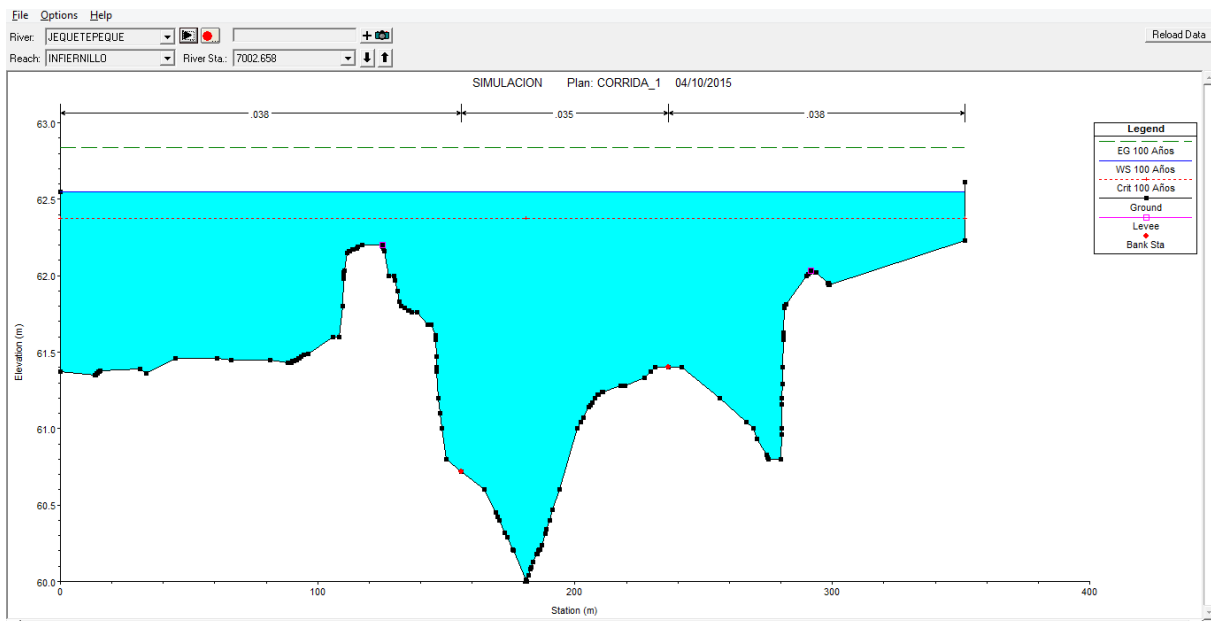


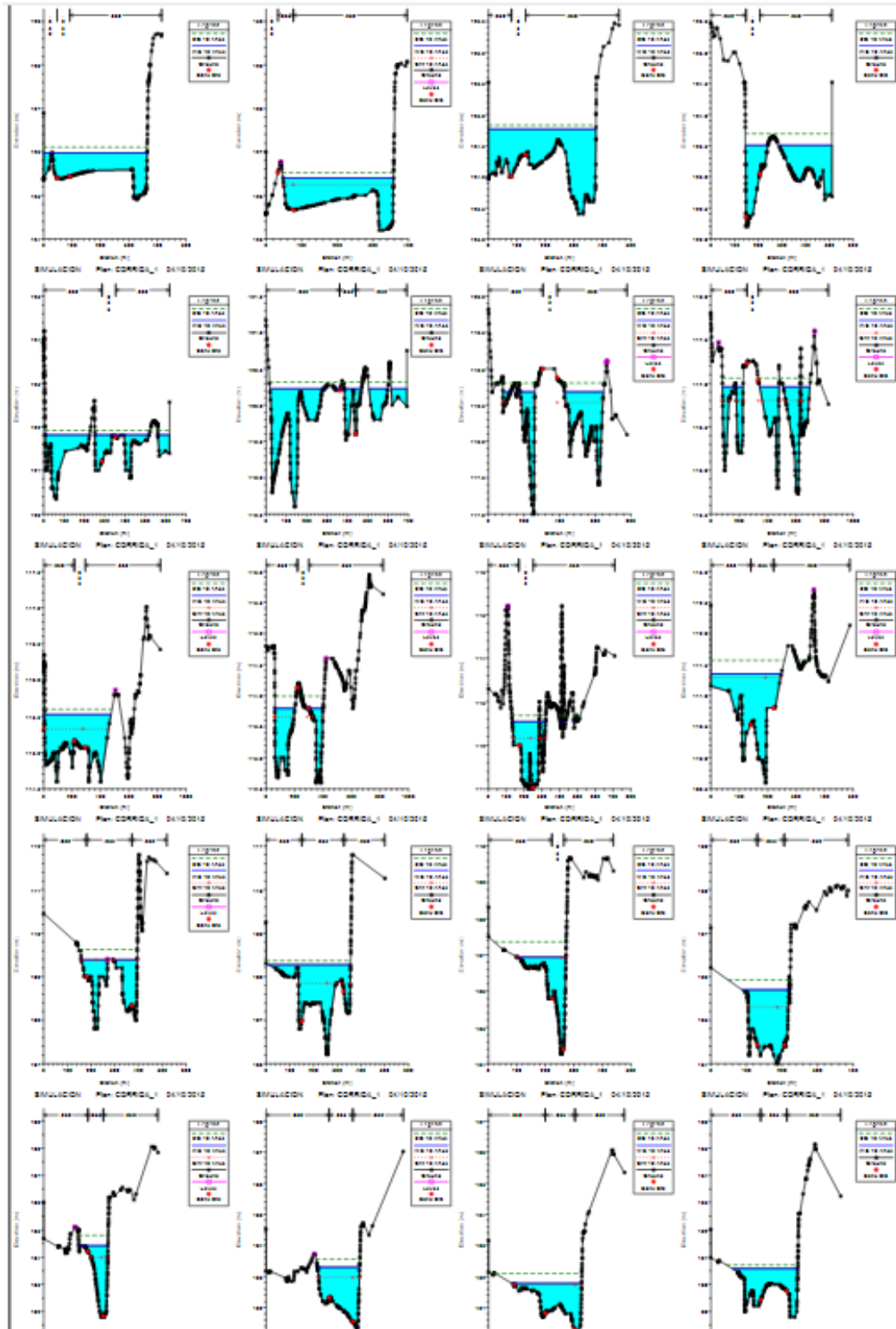
Imagen N° 20. Sección P.R. 100 años.

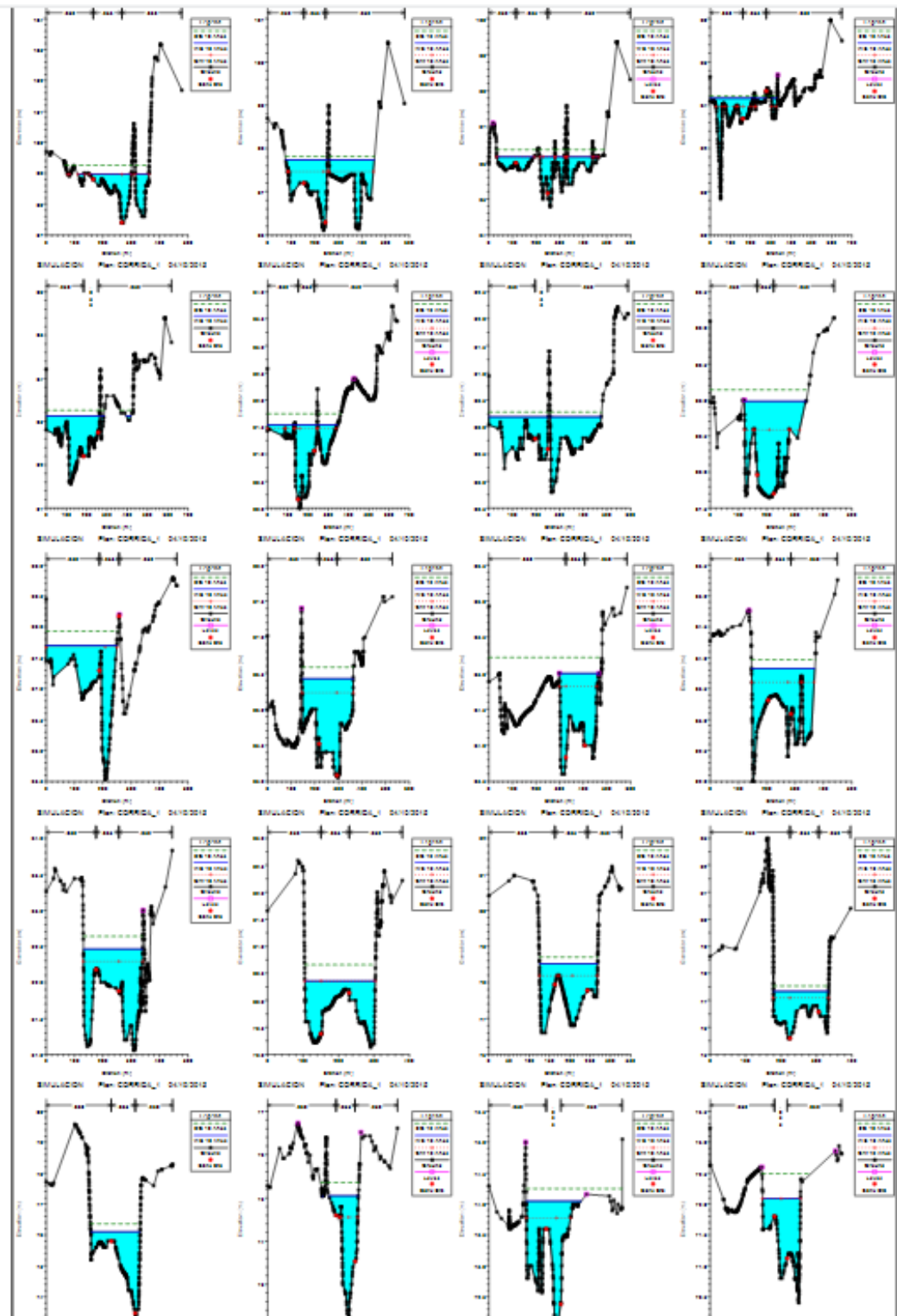
Fuente: Hec Ras

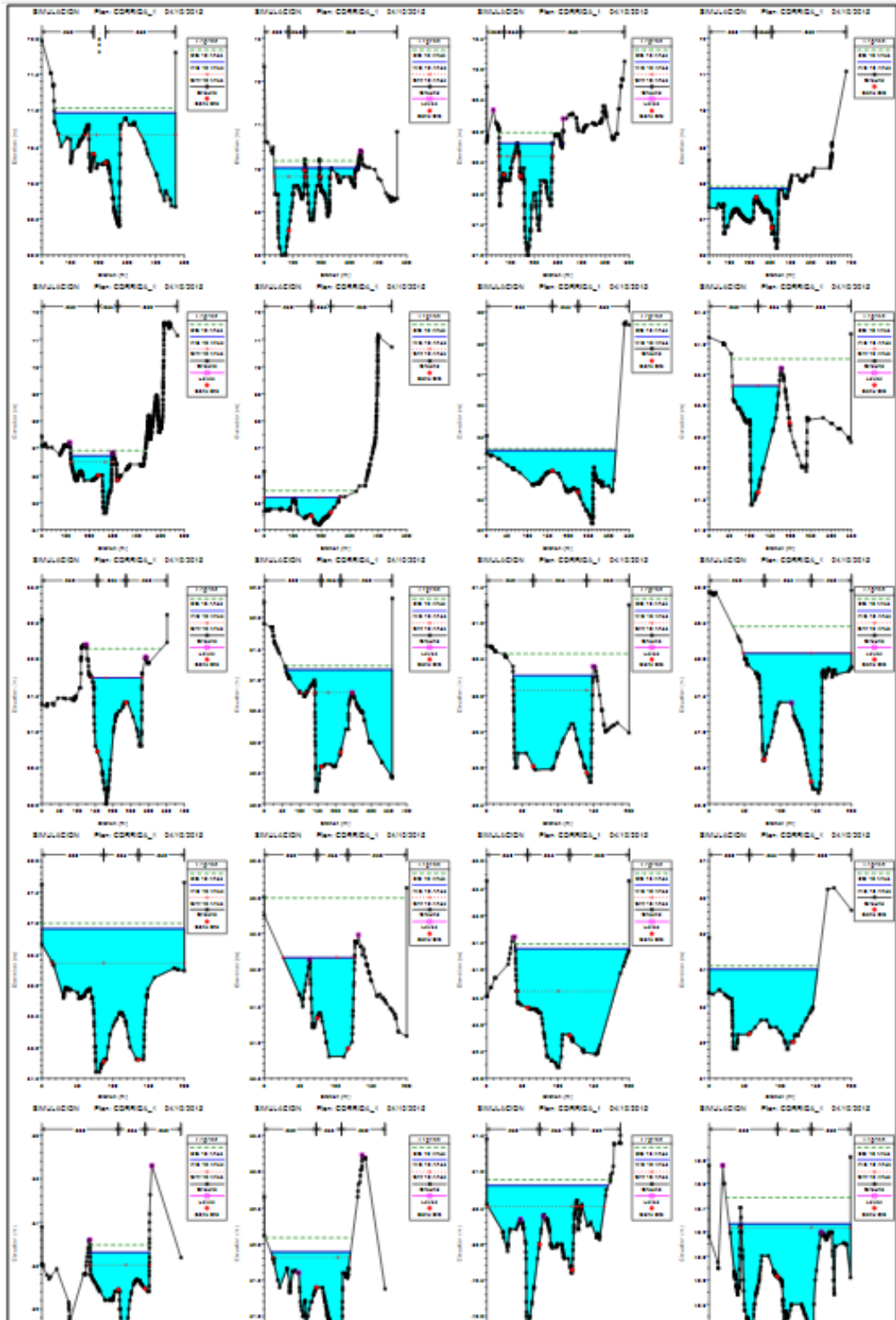
- ✓ Se puede apreciar que la sección se va llenando poco a poco.
- ✓ Los tirantes van en aumento de acuerdo con el cambio de periodo calculado por el modelamiento con el HEC RAS.

A continuación se presentara todas las secciones obtenidas según el periodo de Retorno con el modelamiento del HEC RAS.

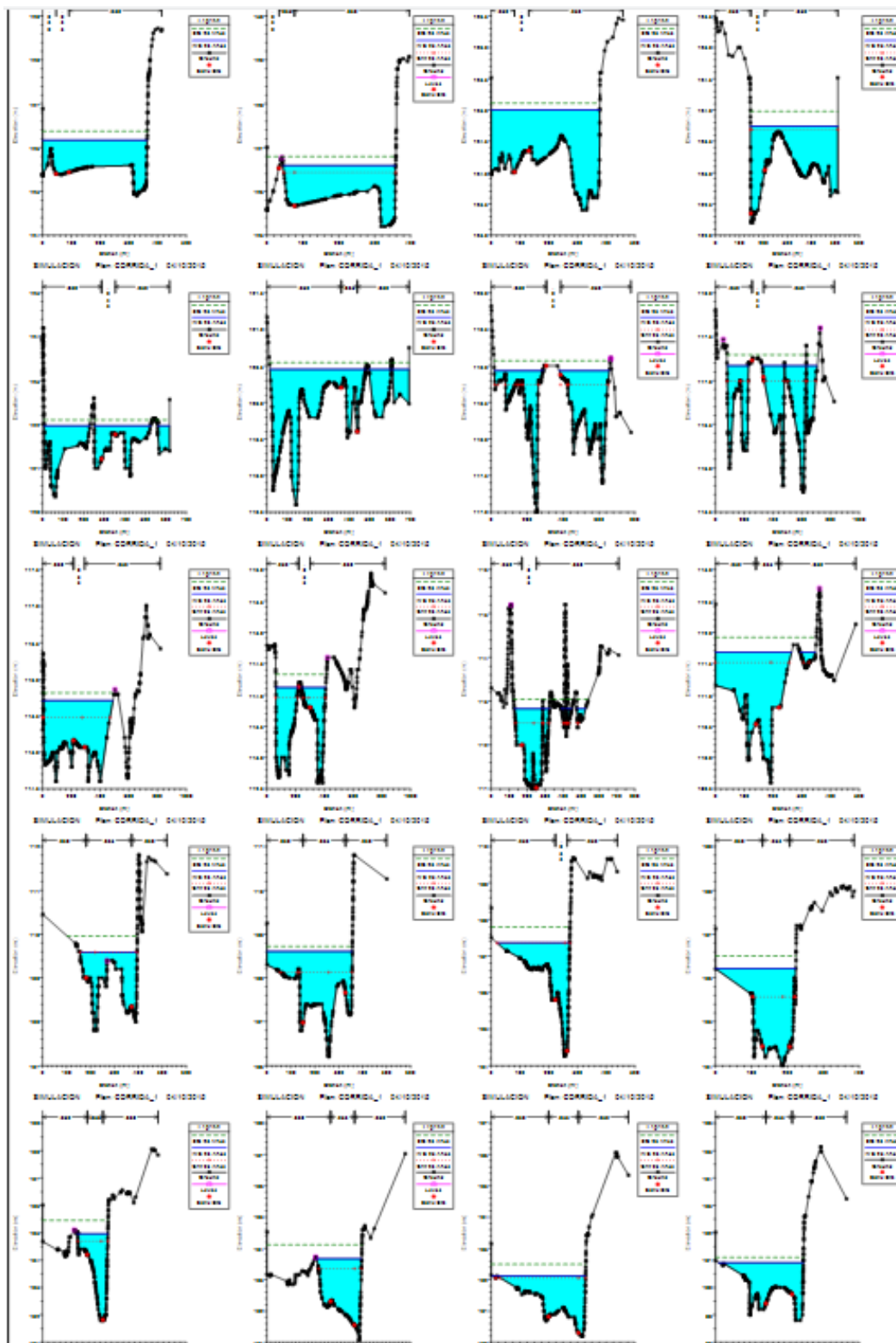
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS

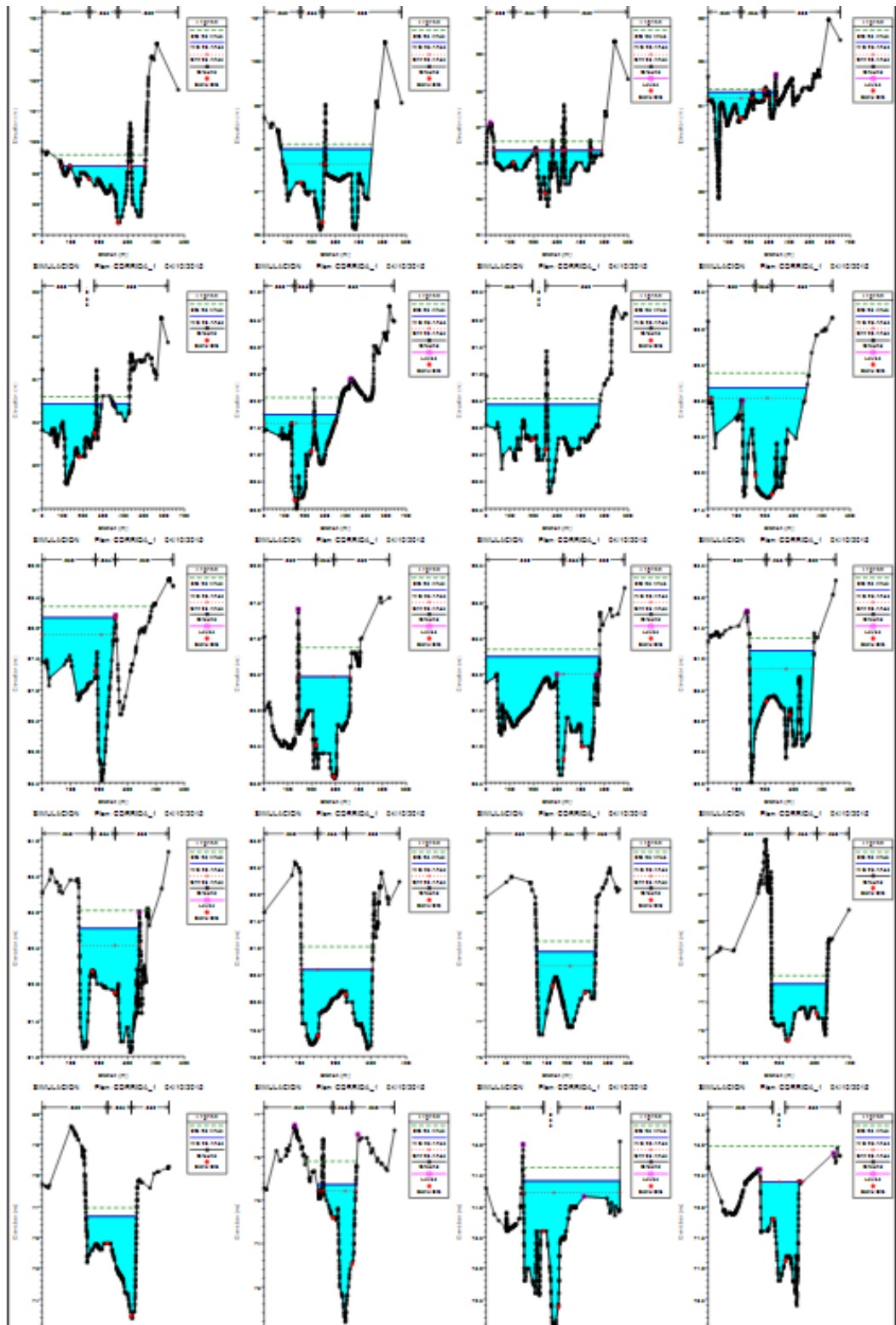




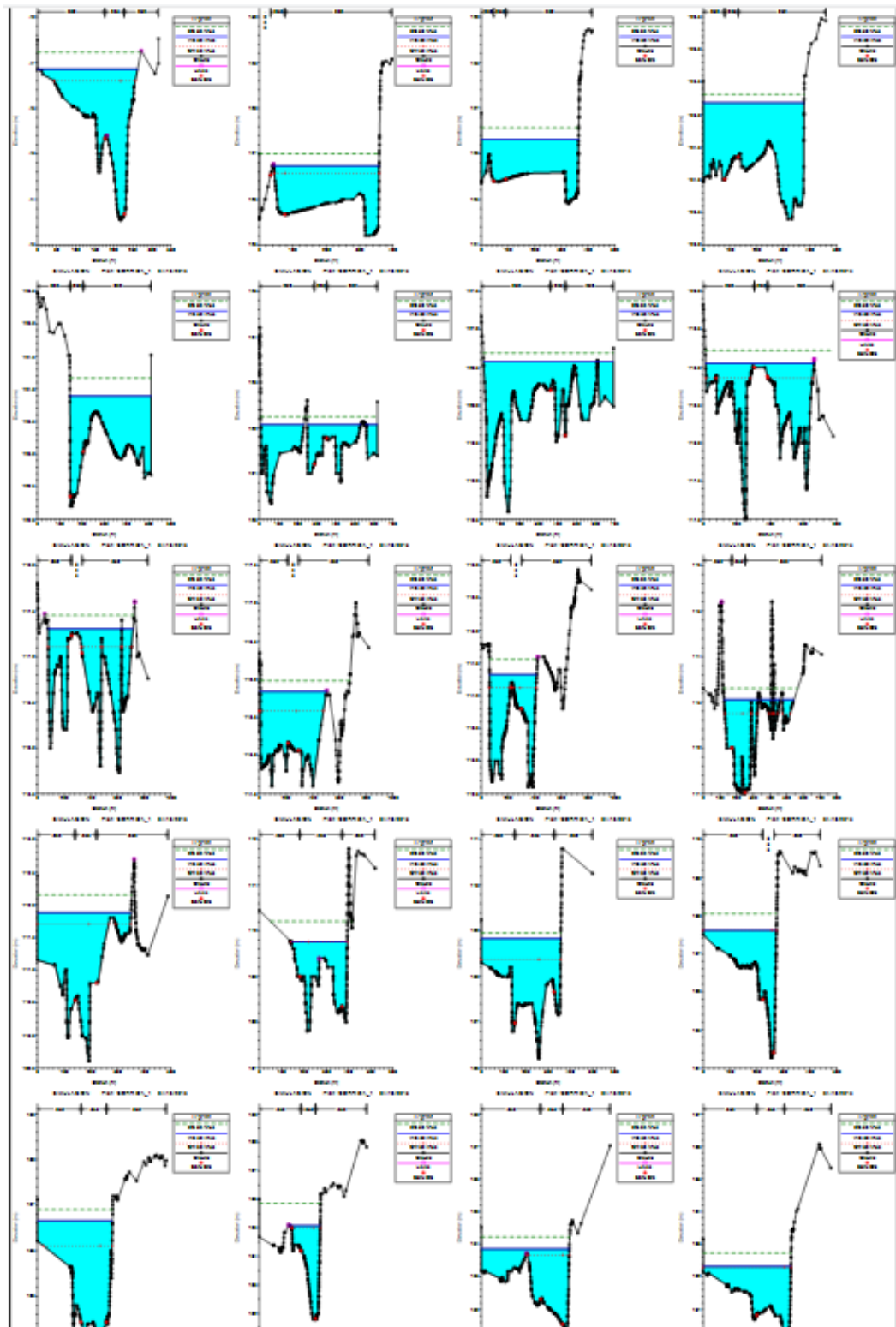


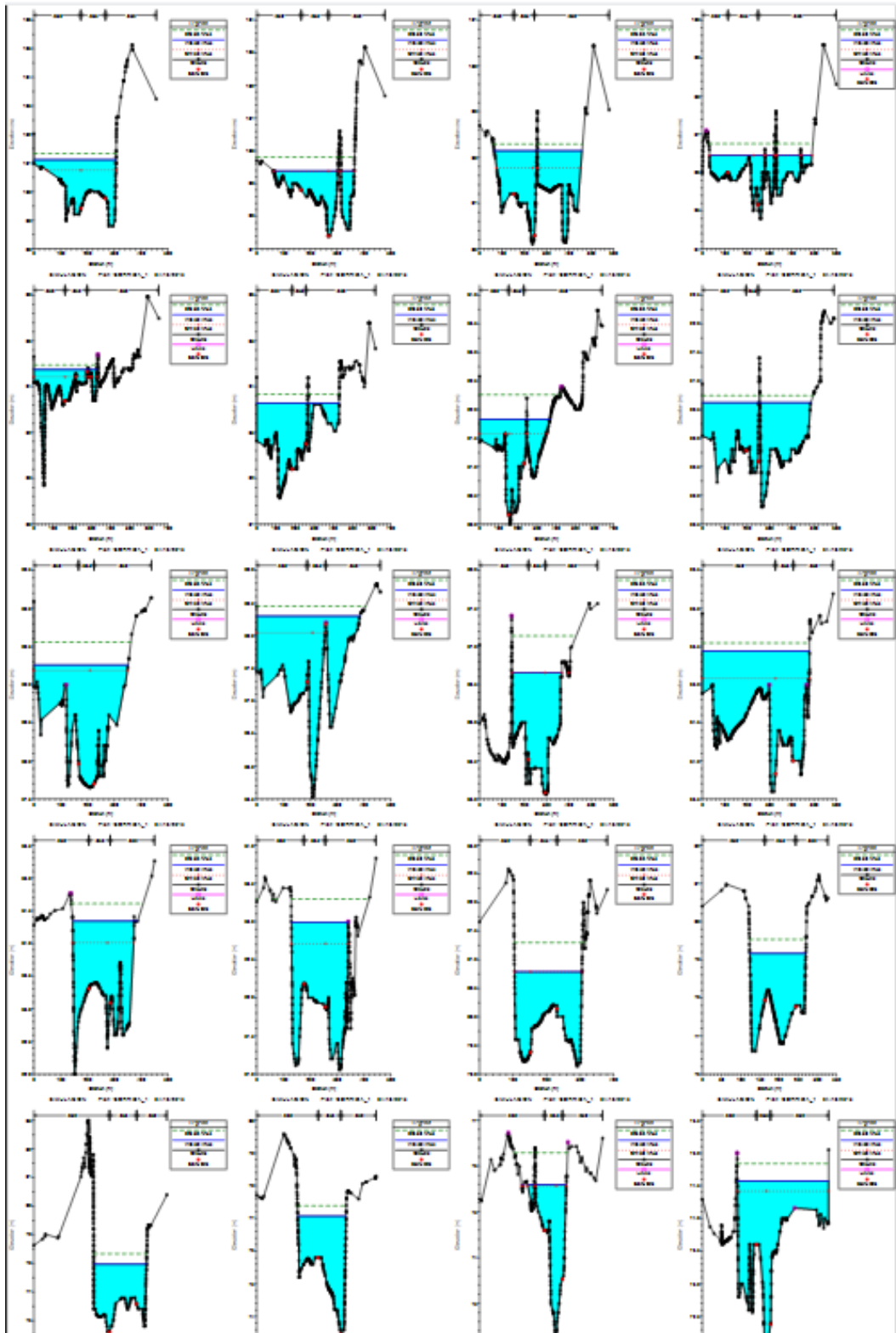
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS

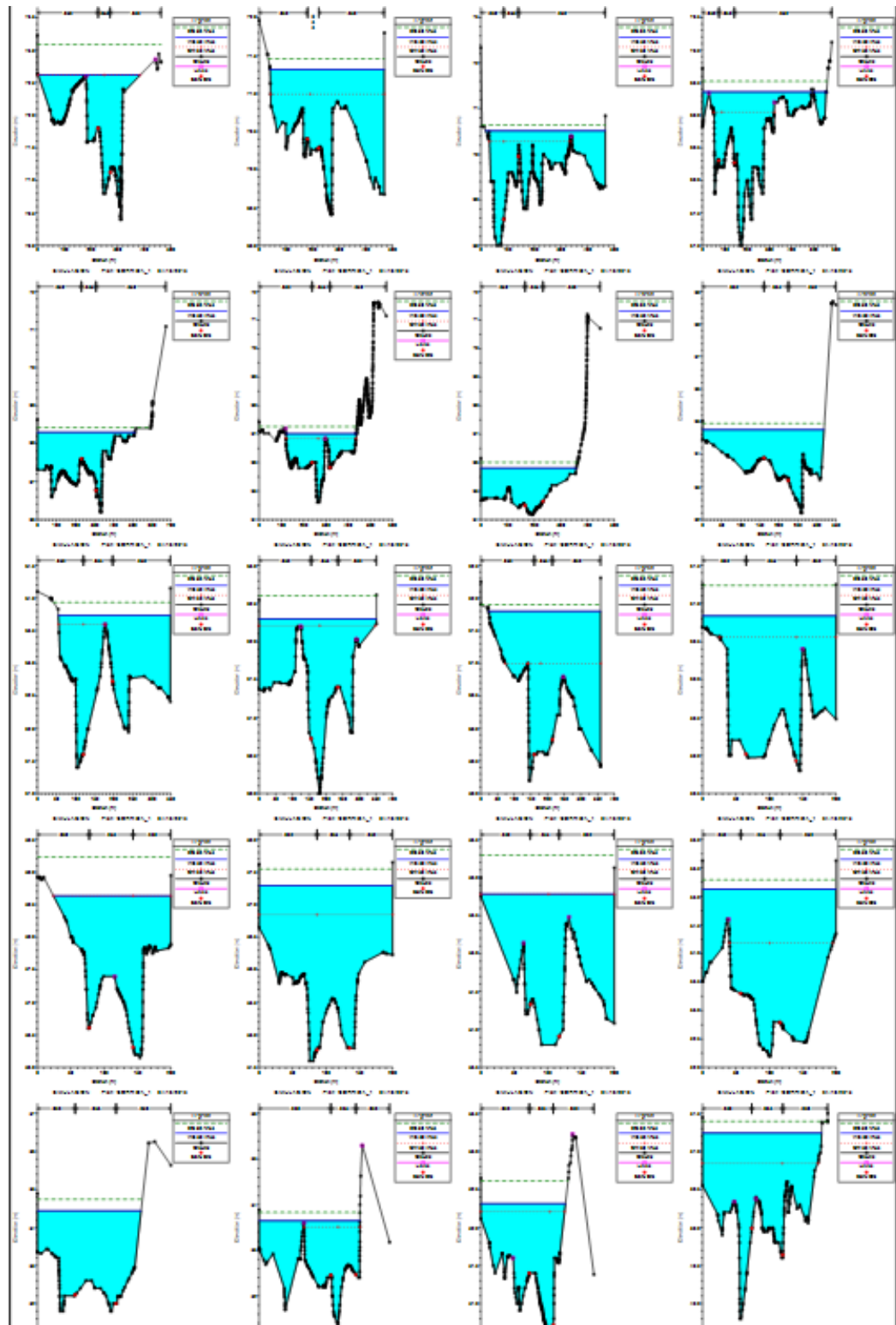


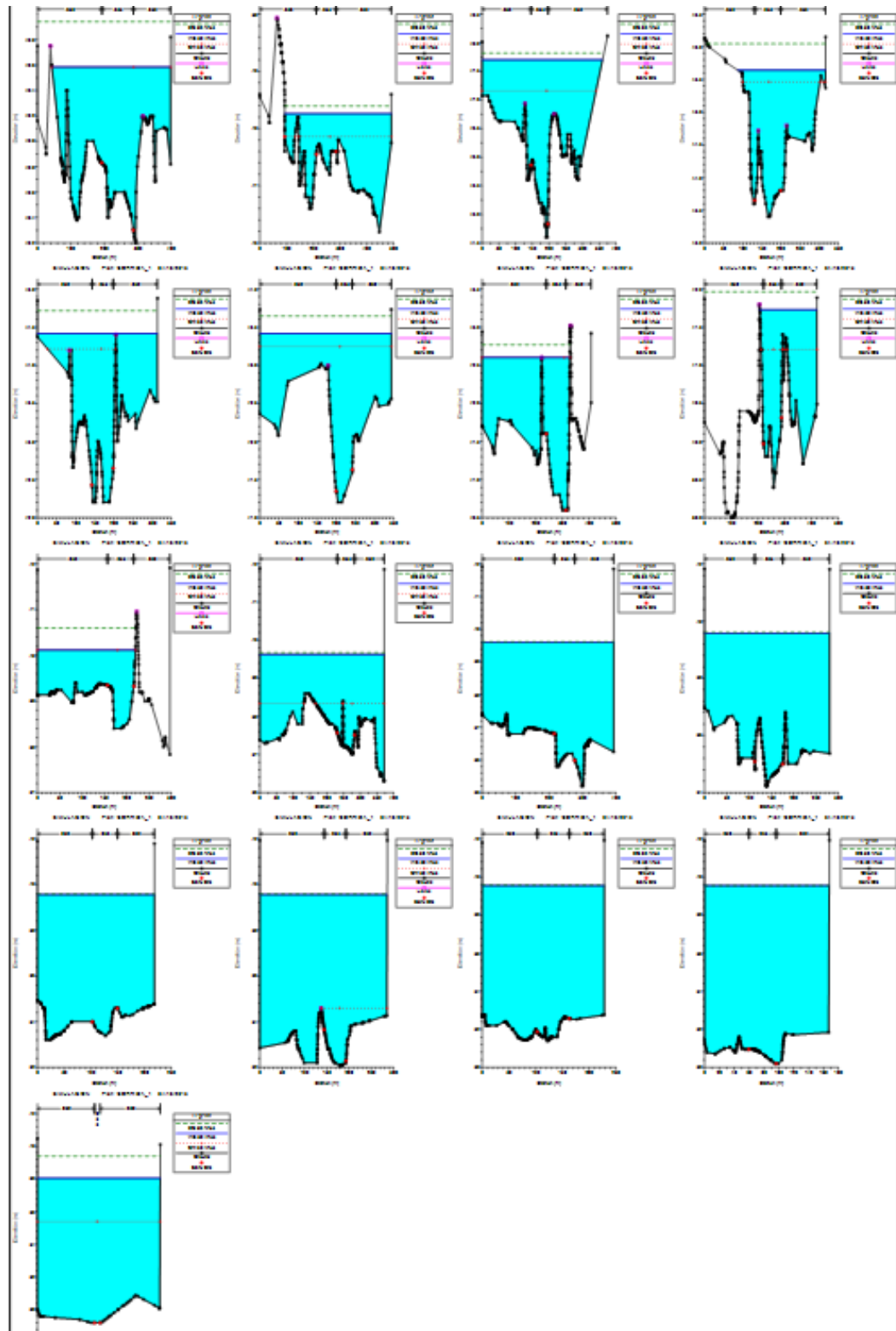


PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS

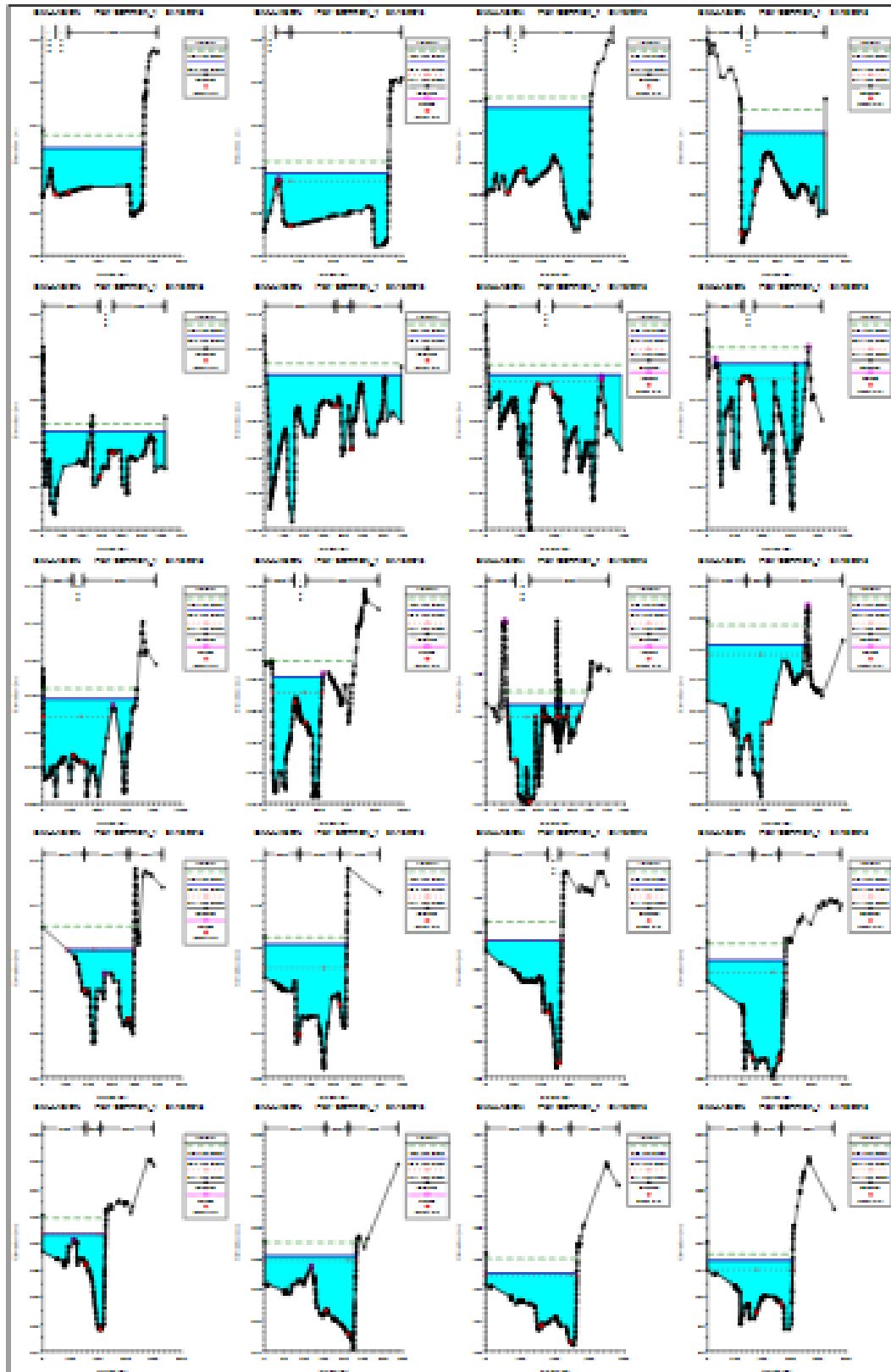


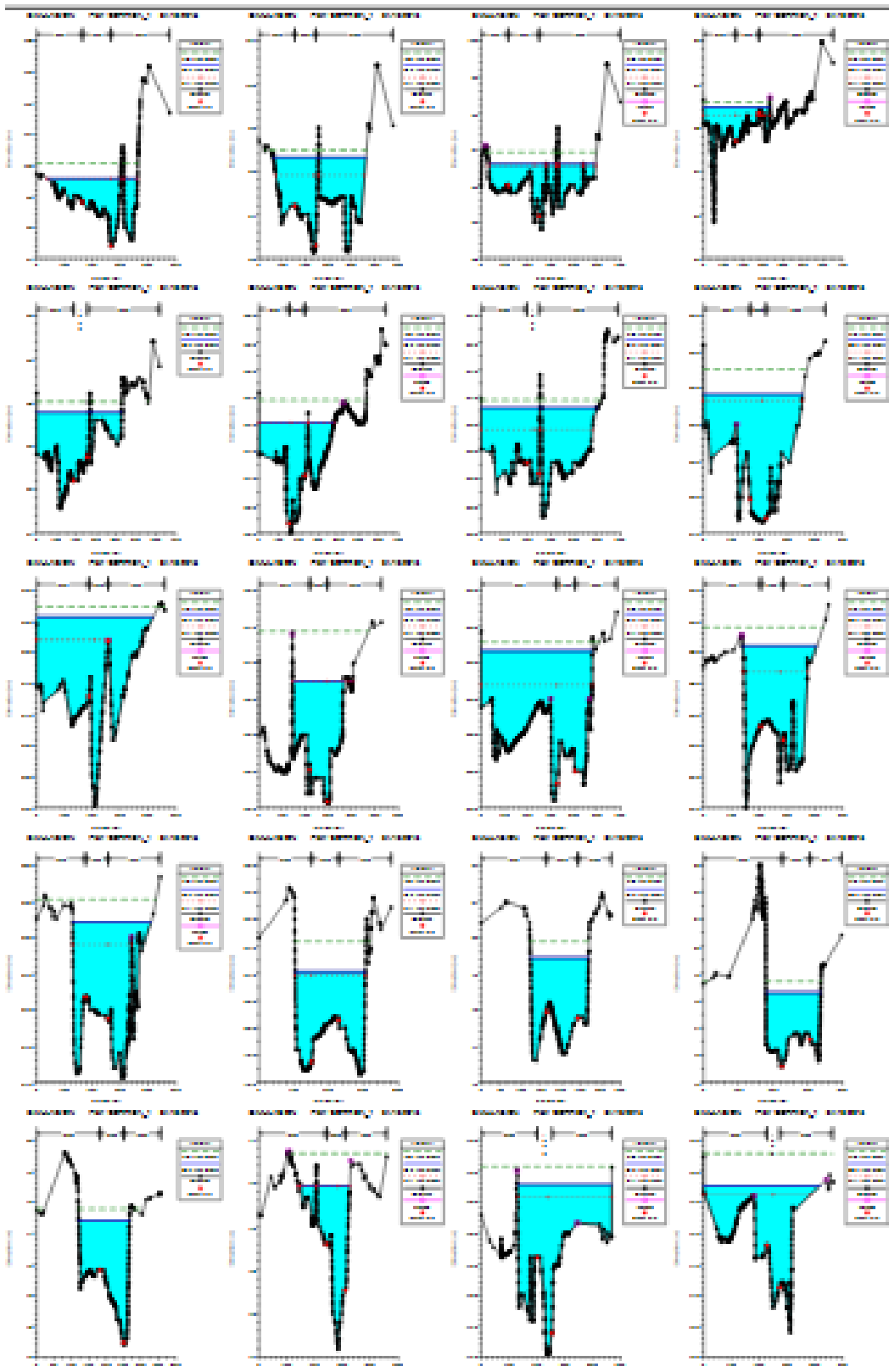


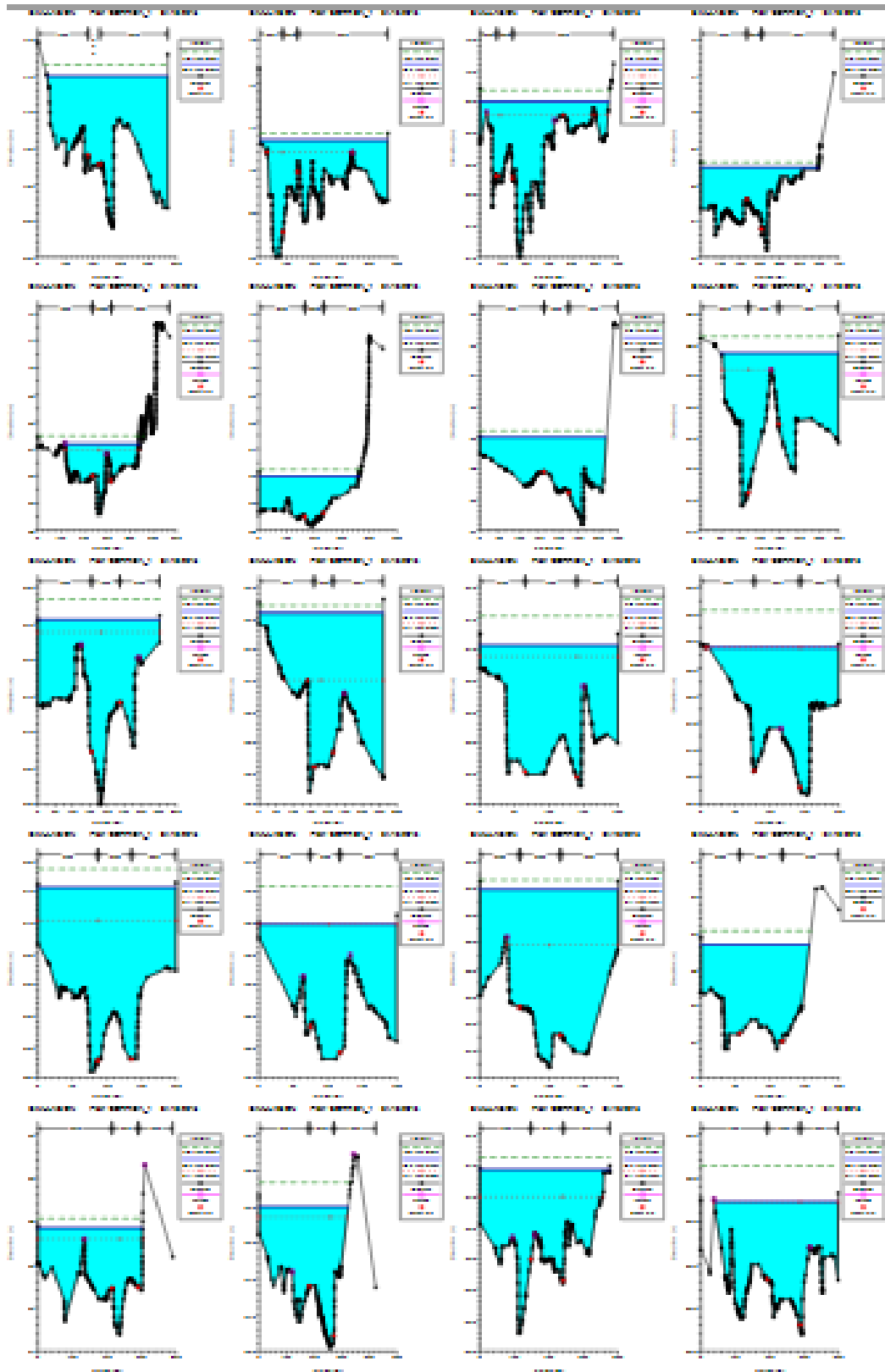


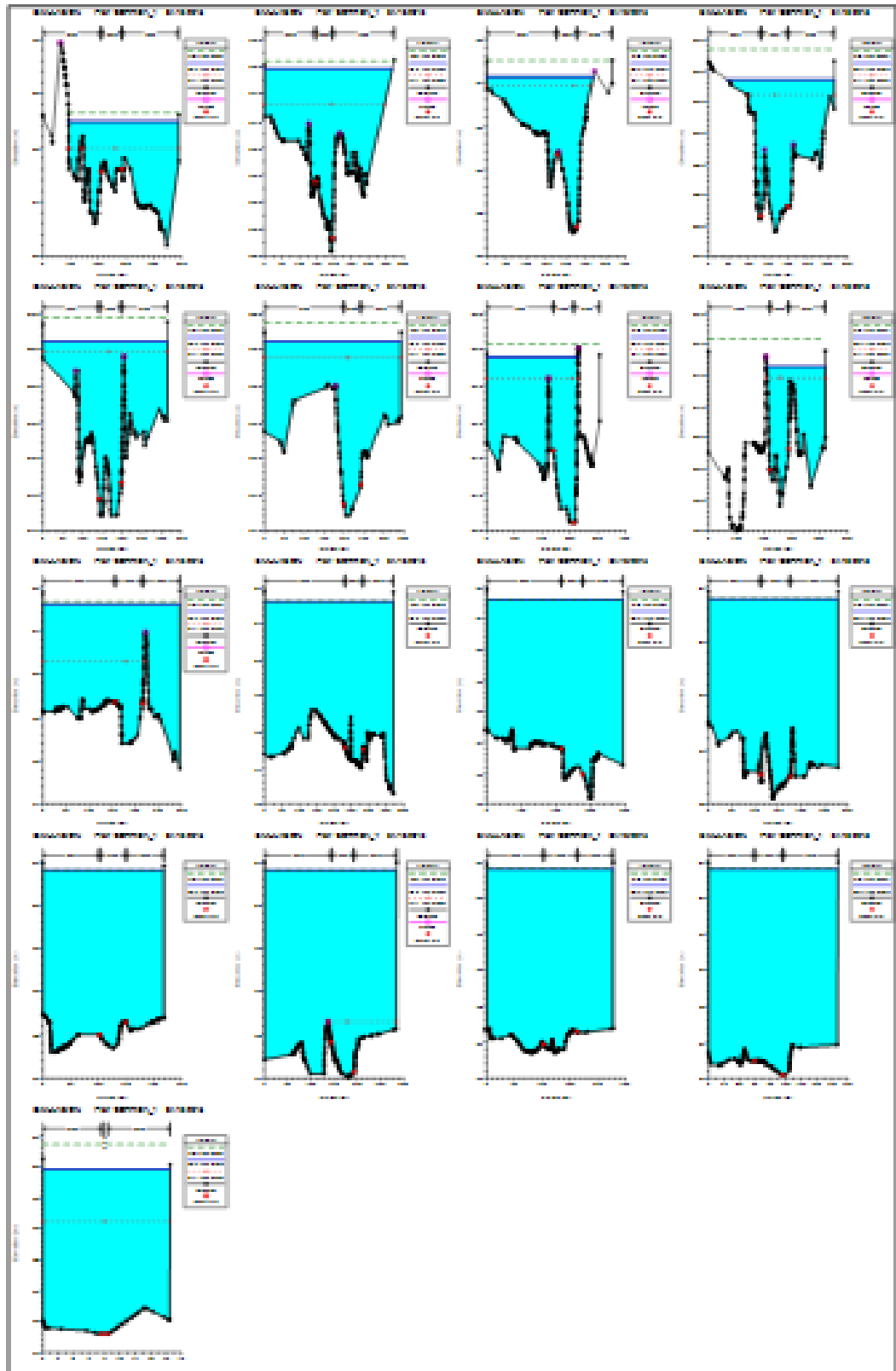


PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS









III.5.2. PERFIL LONGITUDINAL

El perfil longitudinal del río Jequetepeque se obtiene como resultado luego de haber corrido el programa totalmente y sin problema alguno, aquí podremos tener una vista del tramo en estudio y ver como es el comportamiento e incremento del nivel del agua en todo el tramo. A continuación primero veremos una parte del río según el periodo de retorno: De la progresiva 7+300km al 7+800km

➤ PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS

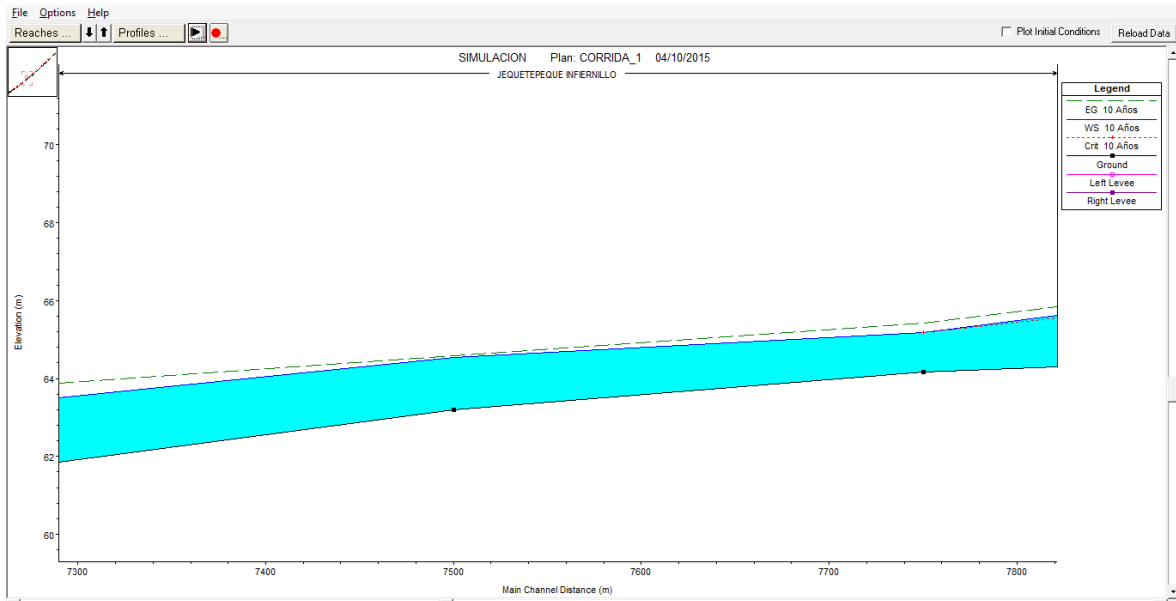


Imagen N° 21. Perfil P.R. 10 años.

Fuente: Hec Ras

➤ PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS

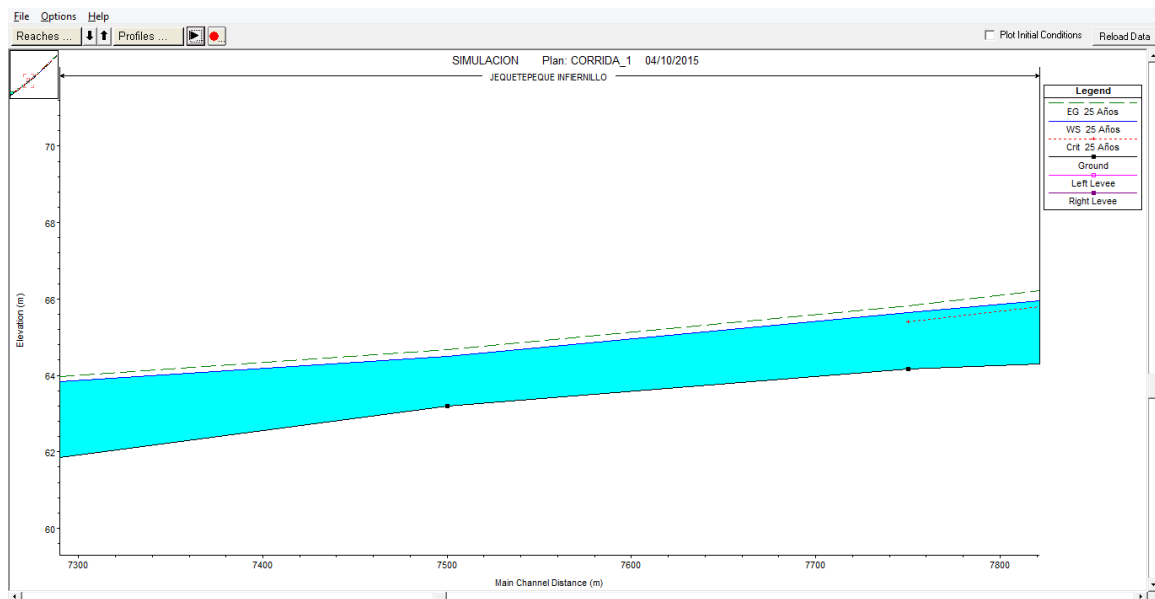


Imagen N° 22. Perfil P.R. 25 años.

Fuente: Hec Ras

➤ PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS

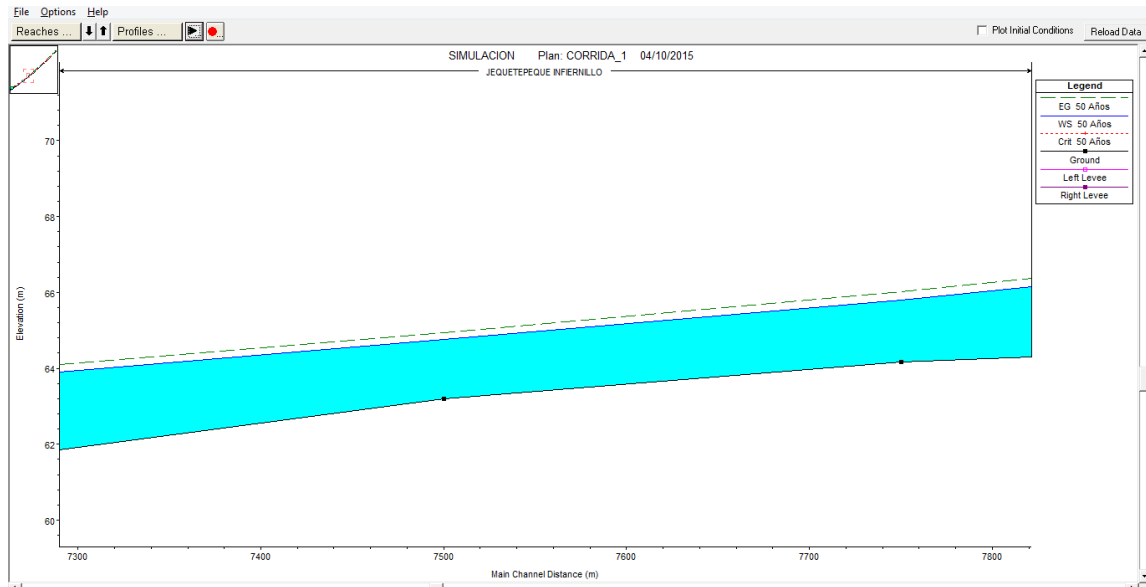


Imagen N° 23. Perfil P.R. 50 años.

Fuente: Hec Ras

➤ PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS

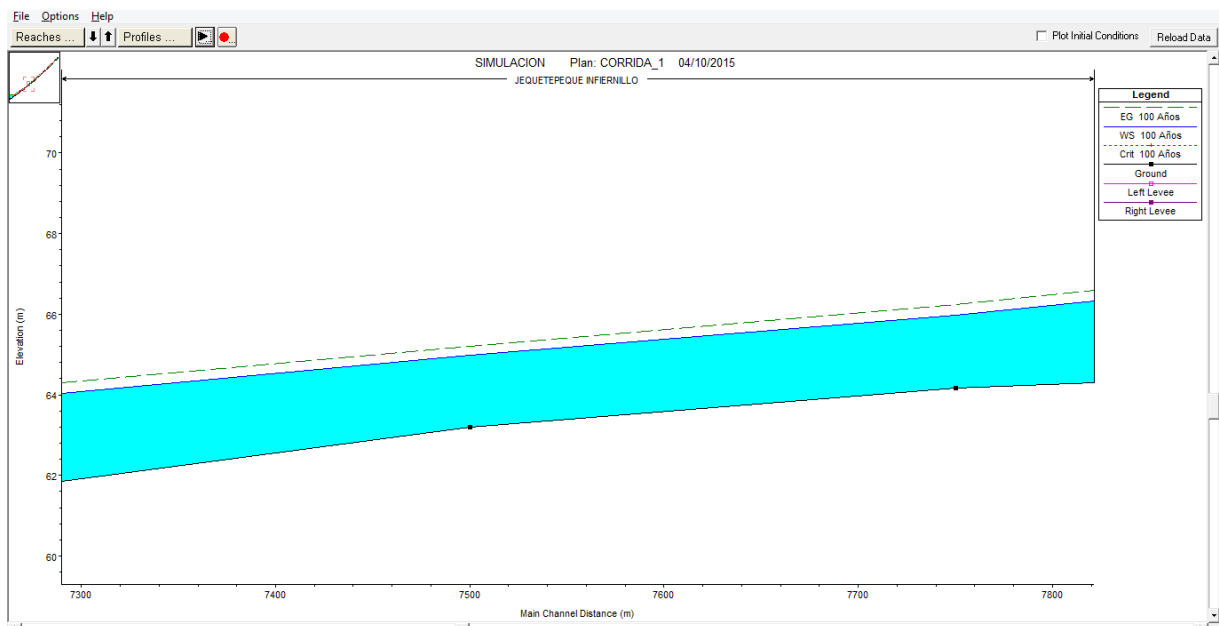


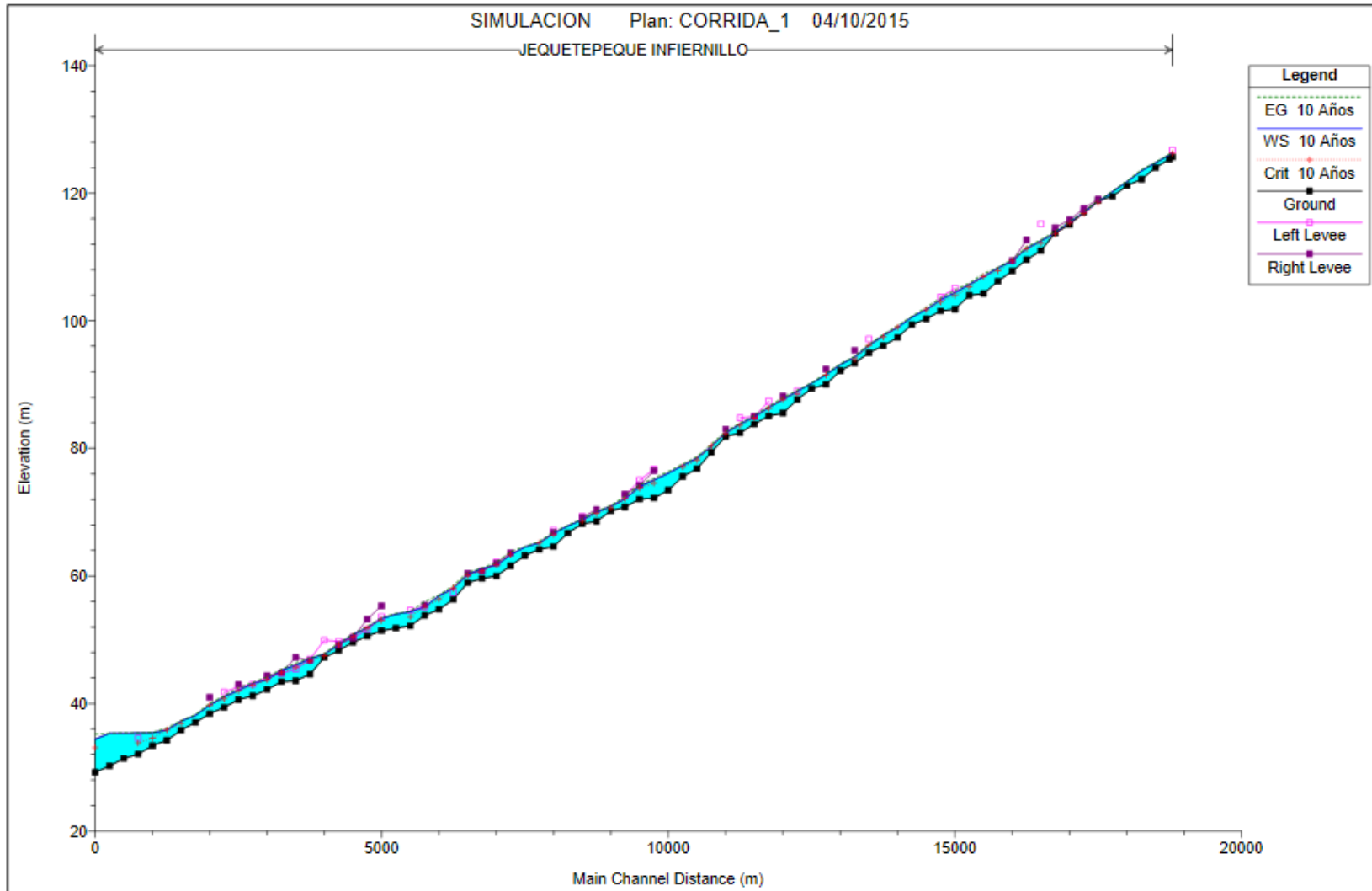
Imagen N° 24. Perfil P.R. 100 años.

Fuente: Hec Ras

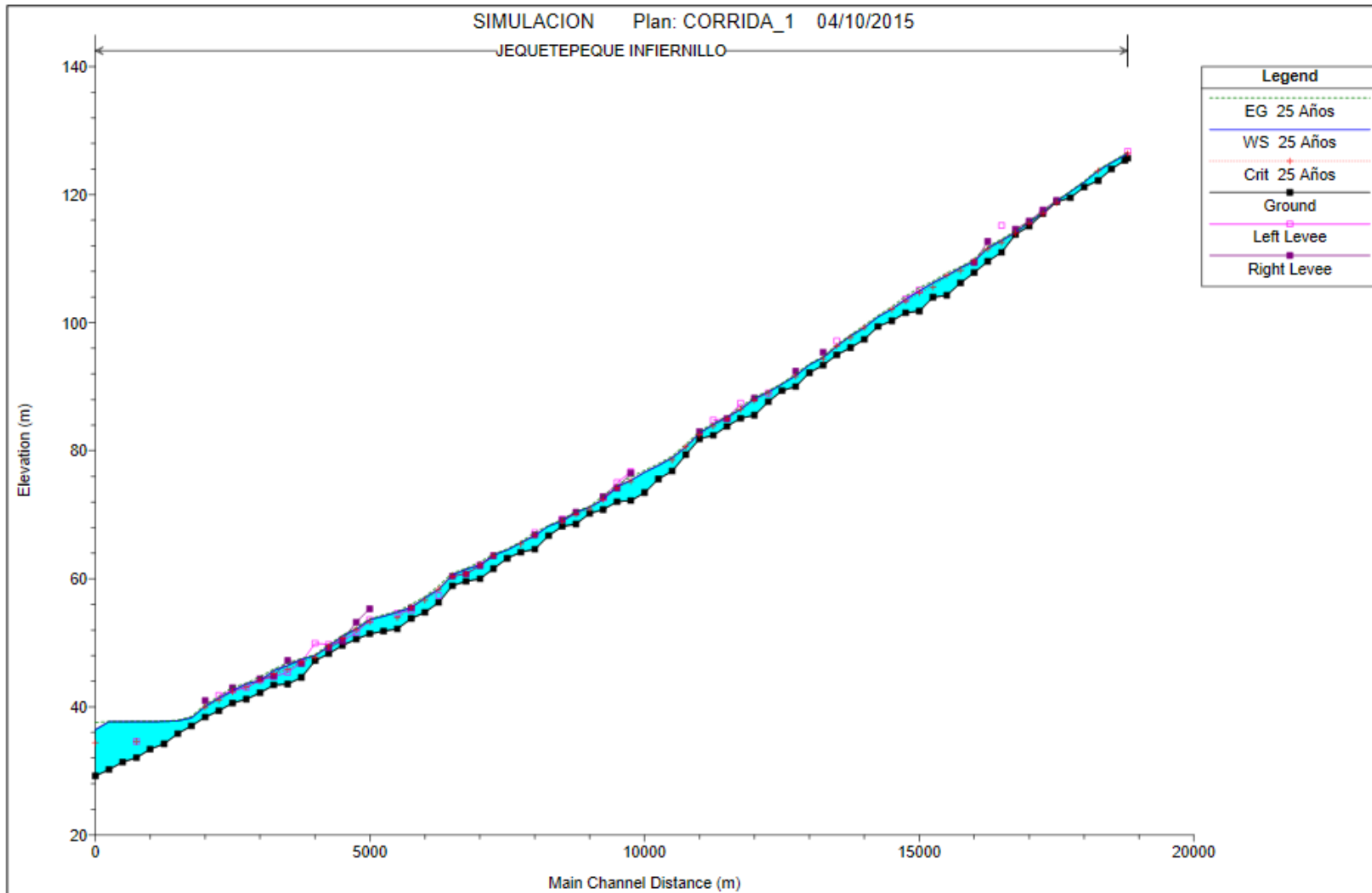
- Se puede observar el incremento del nivel del agua en el lado izquierdo de cada imagen según el periodo de retorno.

A continuación se presentara los perfiles obtenidos según el periodo de Retorno con el modelamiento del HEC RAS.

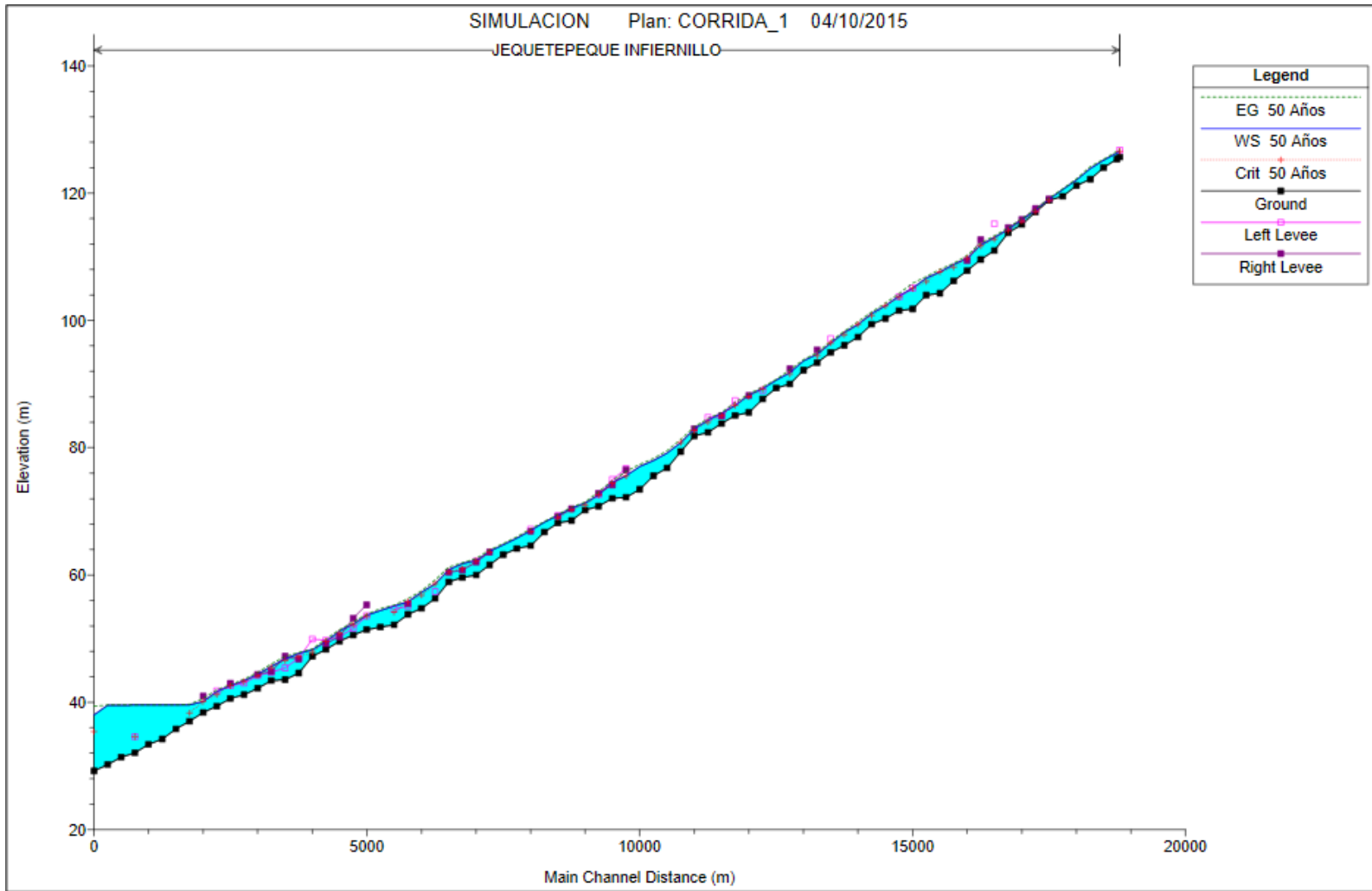
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS



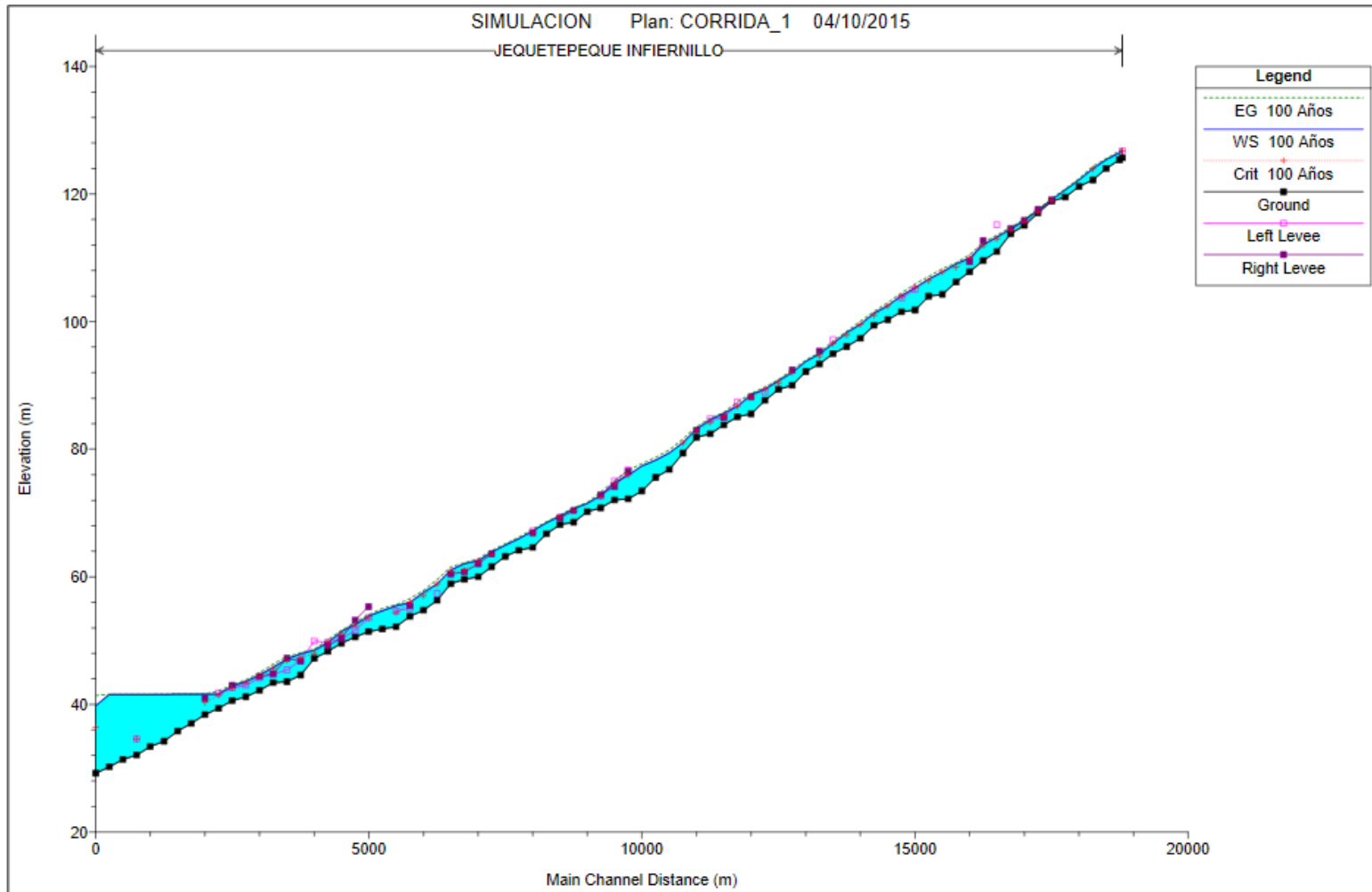
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS



PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS



PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS



III.5.3. VELOCIDAD EN EL FLUJO DEL RIO

En este punto los resultados obtenidos nos indicaran las velocidades máximas y mínimas que puede llegar a obtener el flujo del rio en las distintas secciones de todo el tramo en estudio del rio Jequetepeque (Infiernillo – Pellejito).

A continuación apreciaremos una pequeña sección con su respectiva velocidad de flujo obtenida gracias al modelamiento con el HEC RAS.

De la progresiva 4+000km al 4+500km

➤ PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS

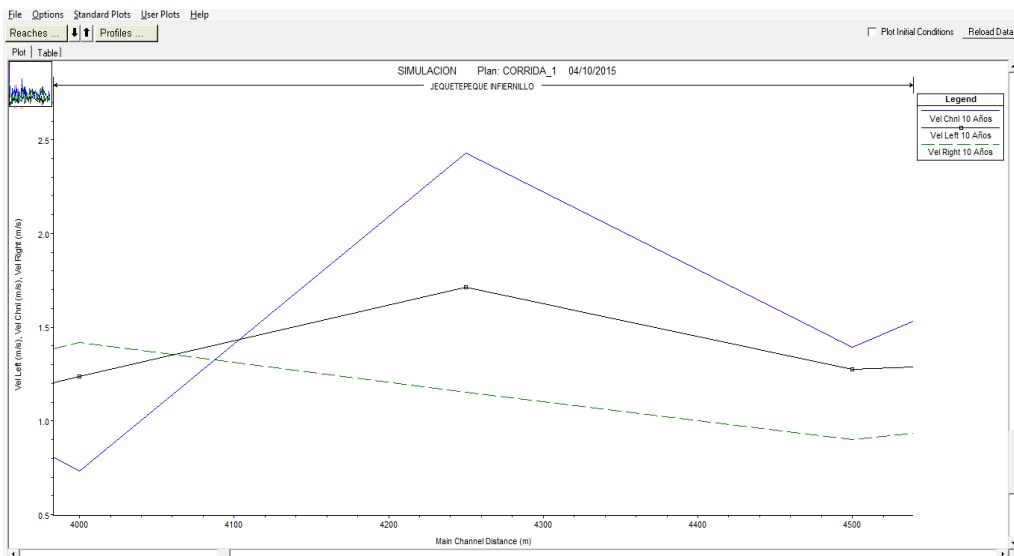


Imagen N° 25. Velocidad P.R. 10 años.

Fuente: Hec Ras

➤ PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS

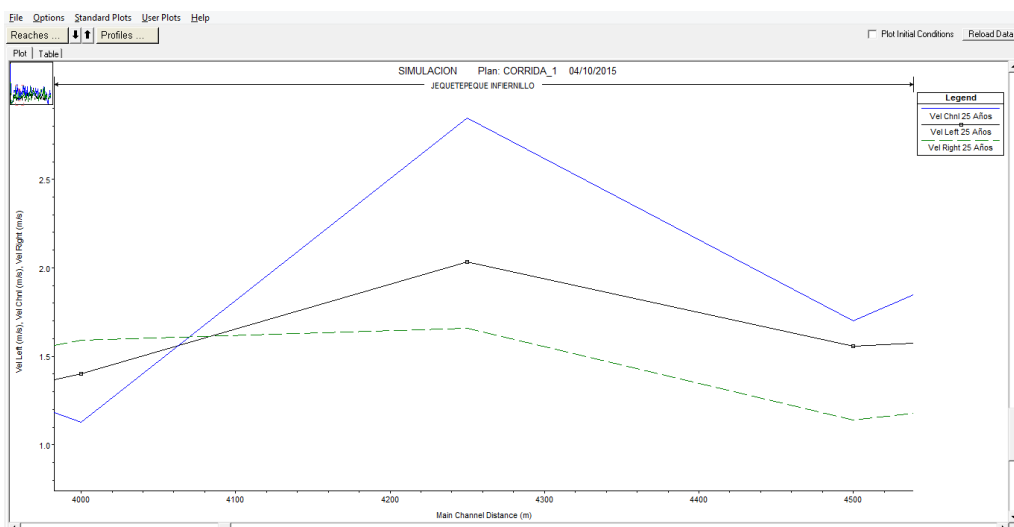


Imagen N° 26. Velocidad P.R. 25 años.

Fuente: Hec Ras

➤ PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS

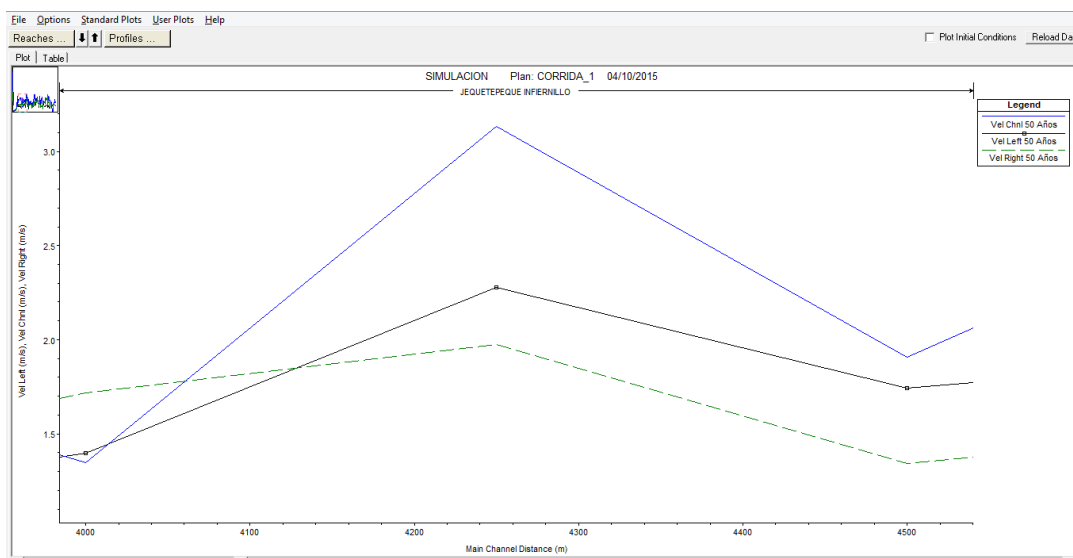


Imagen N° 27. Velocidad P.R. 50 años.

Fuente: Hec Ras

➤ PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS

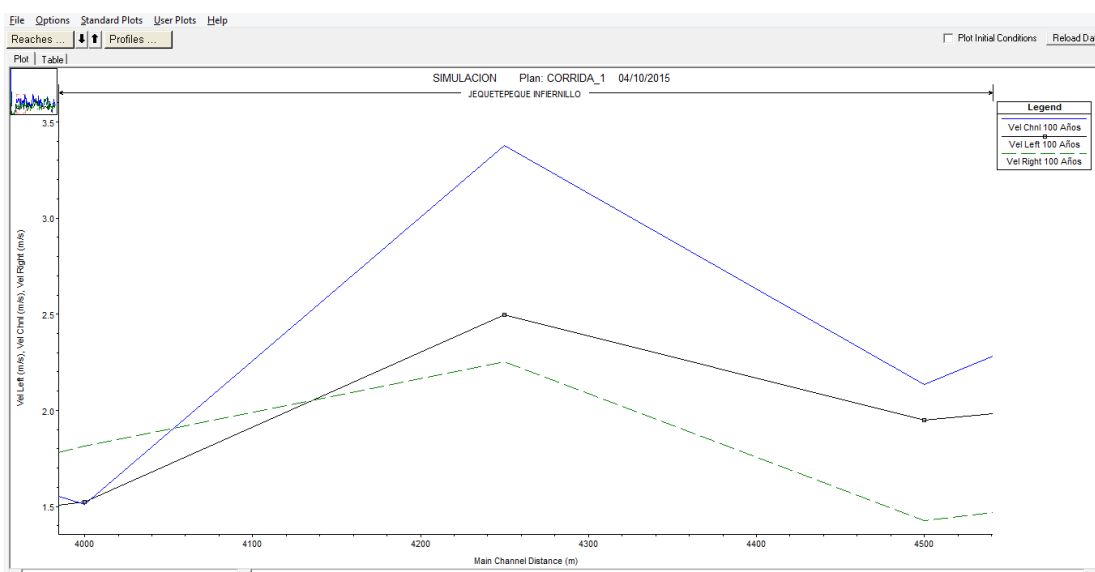
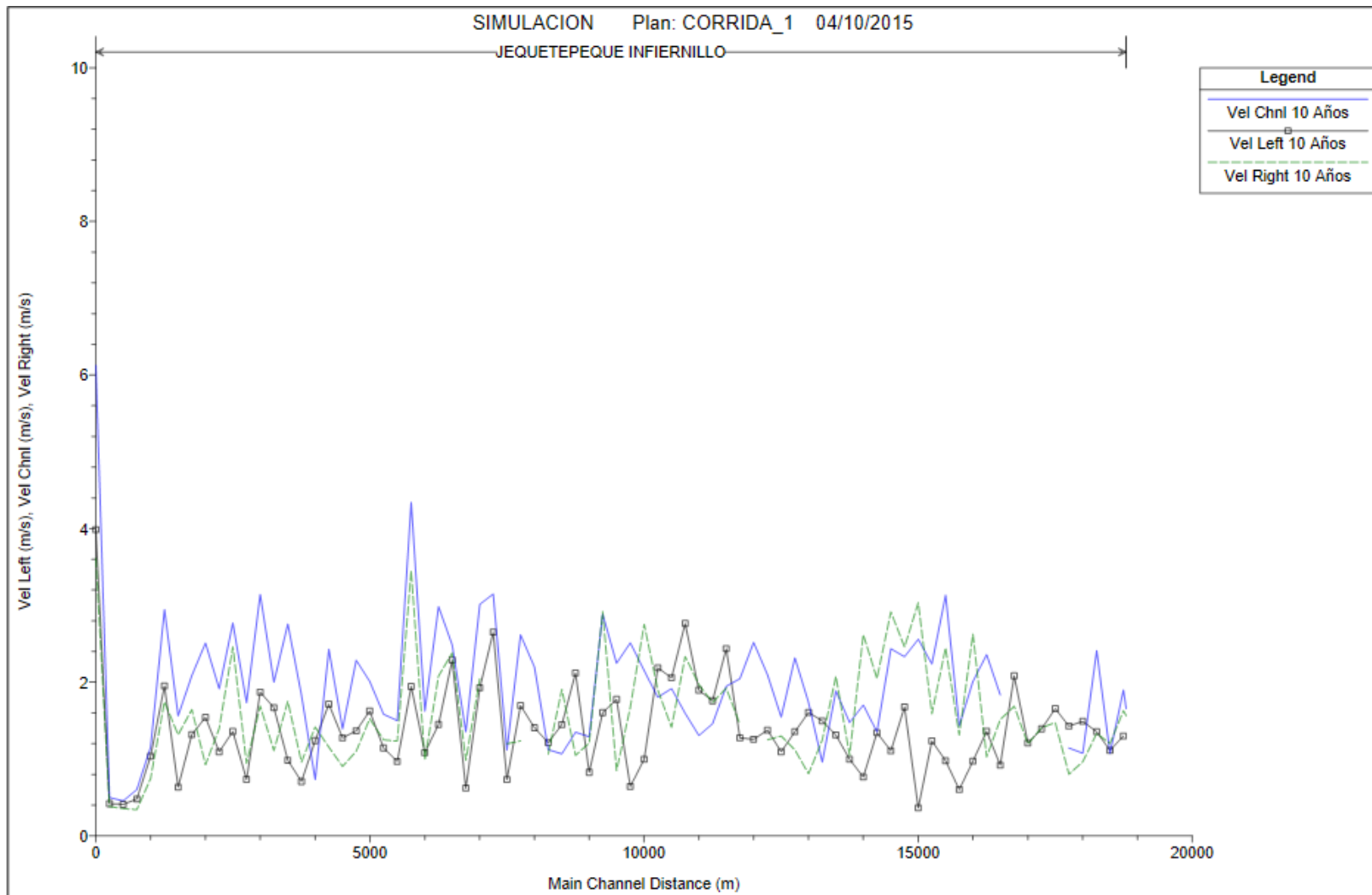


Imagen N° 28. Velocidad P.R. 100 años.

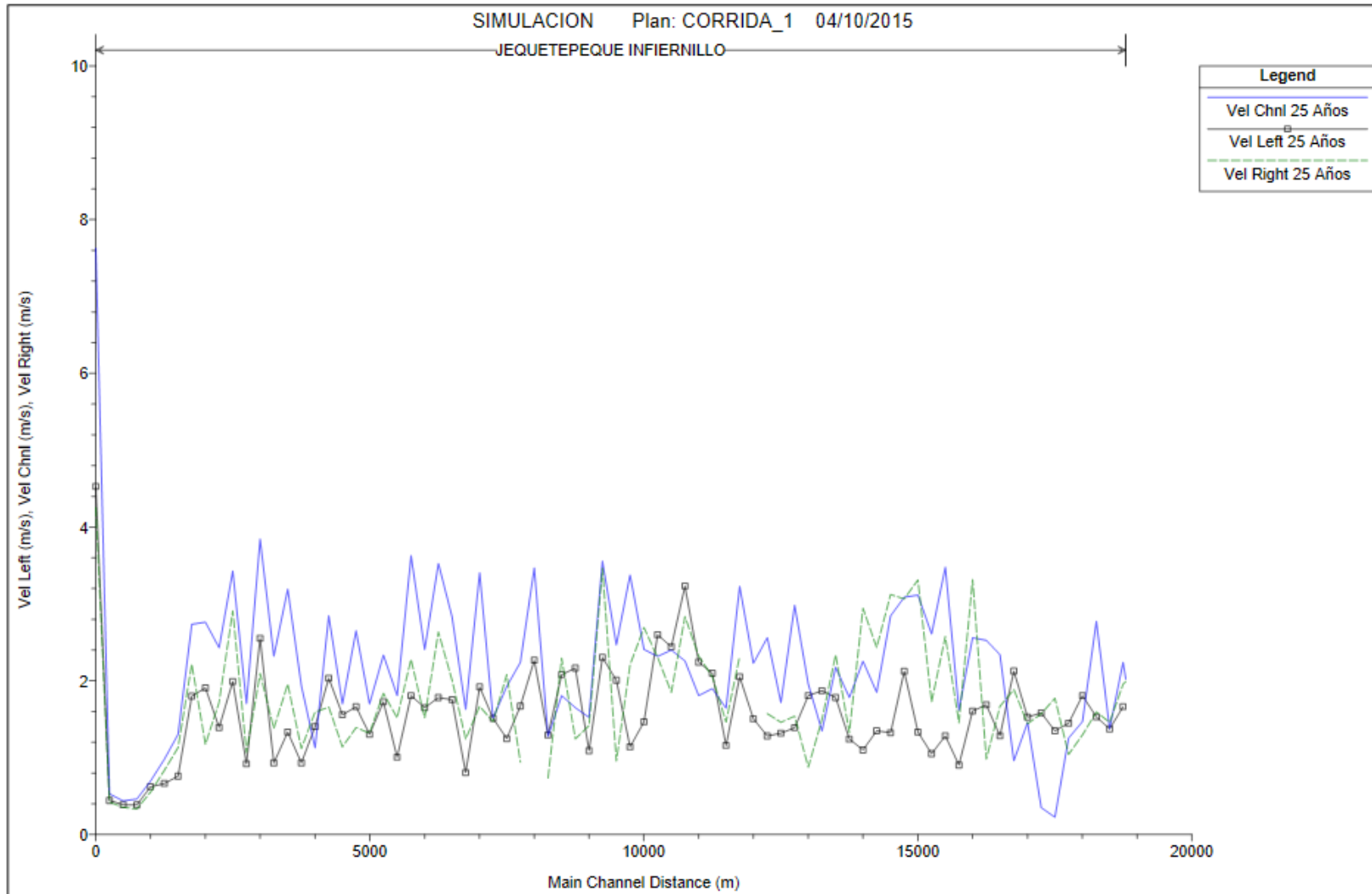
Fuente: Hec Ras

- Se puede apreciar que la velocidad del flujo del río Jequetepeque varía según el periodo de retorno, mientras mayor es el tiempo, la velocidad se va incrementando. A continuación se presentara como oscila la velocidad en todo el tramo en estudio del Río Jequetepeque (Infiernillo – Pellejito) obtenidos con el modelamiento del HEC RAS para los distintos periodos de retorno.

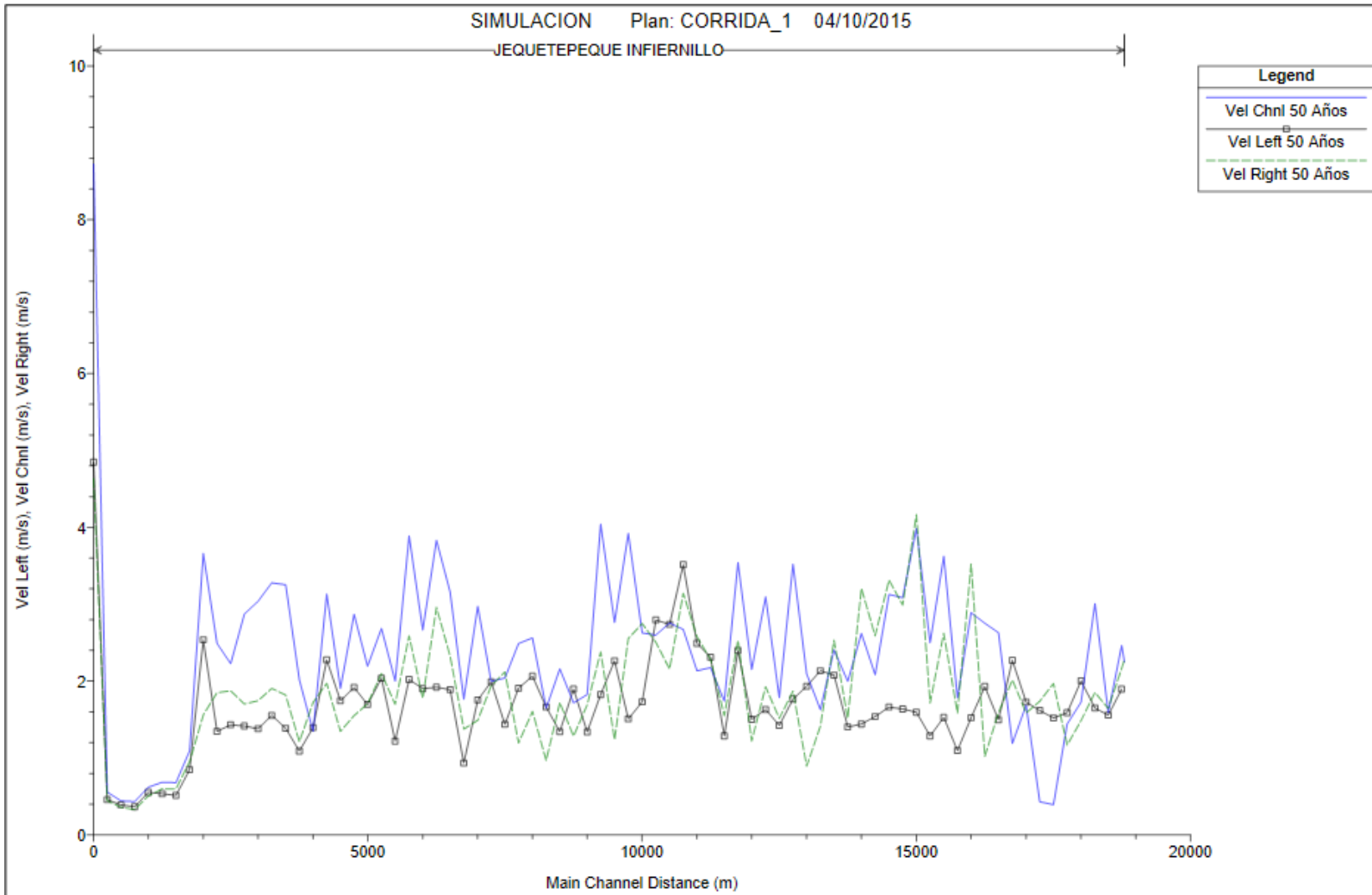
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS



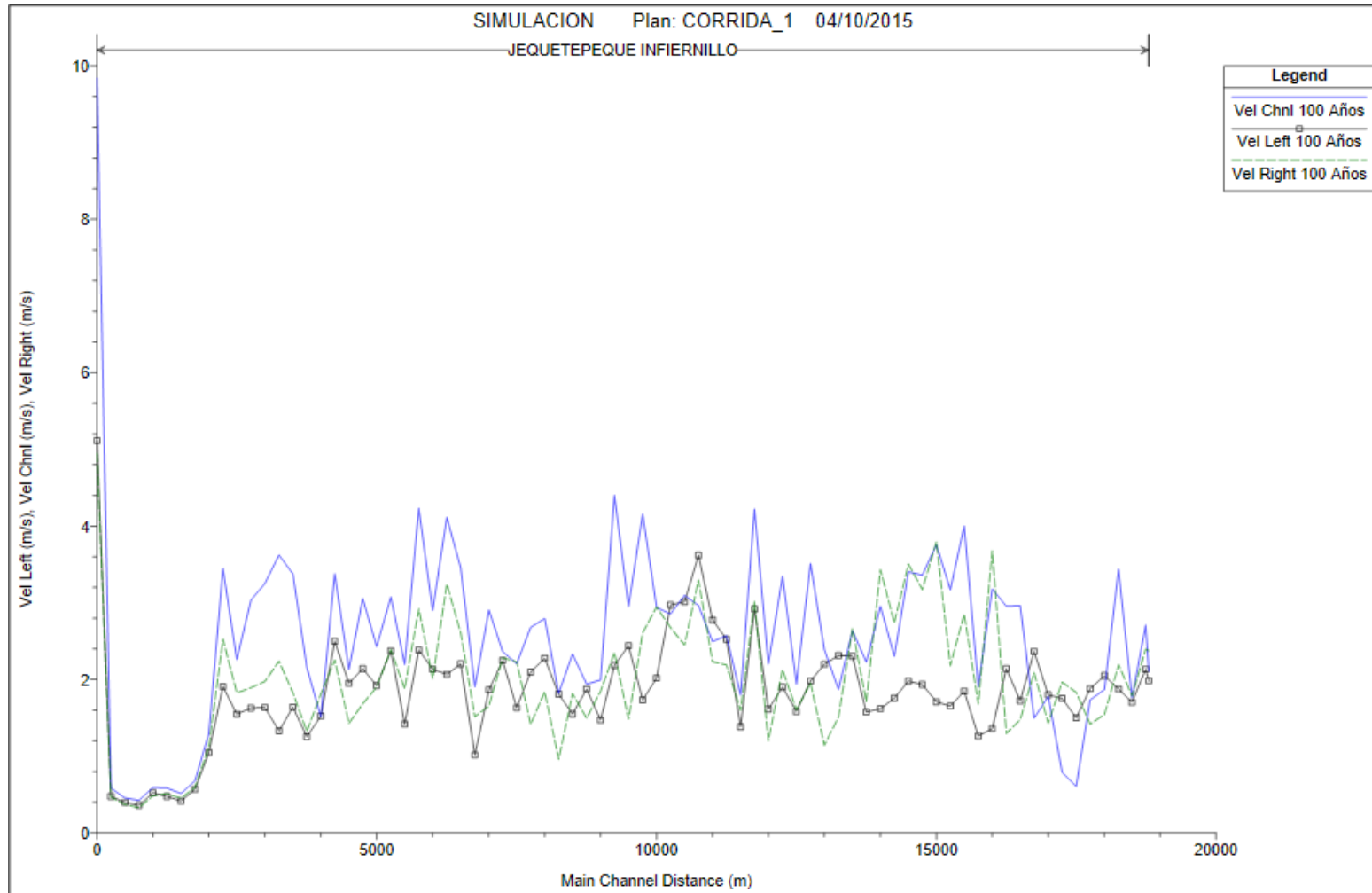
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS



PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS



PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS



III.5.4. SIMULACION EN 3D

La simulación en 3D que nos ofrece el HEC RAS nos ayudara a visualizar de una manera más real cómo se comporta el rio Jequetepeque en el tramo de estudio, apreciar el incremento del tirante según el periodo de retorno trabajados.

A continuación observaremos la simulación en 3D de un pequeño tramo del rio Jequetepeque (Infiernillo – Pellejitos) para los distintos periodos de retorno. De la progresiva 8+500km al 9+250km

➤ Rio Inicialmente

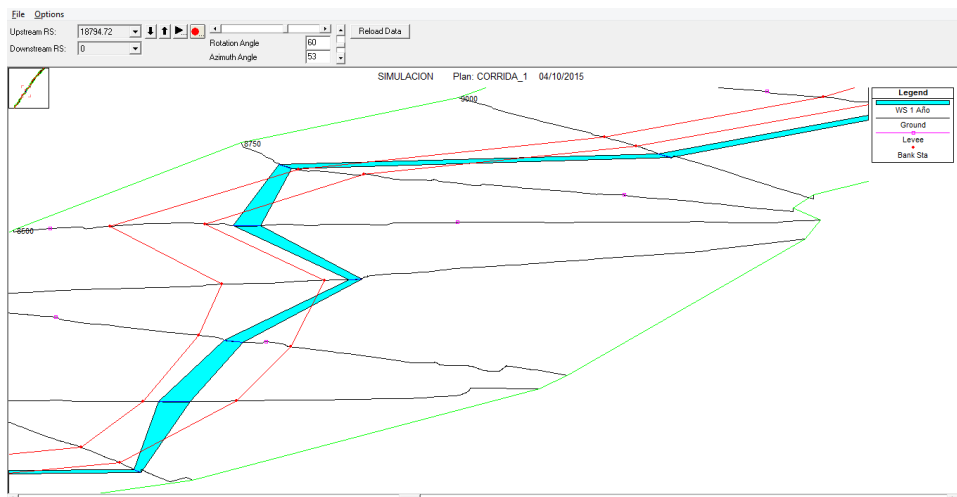


Imagen N° 29. 3D P.R. Inicial.

Fuente: Hec Ras

➤ PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS

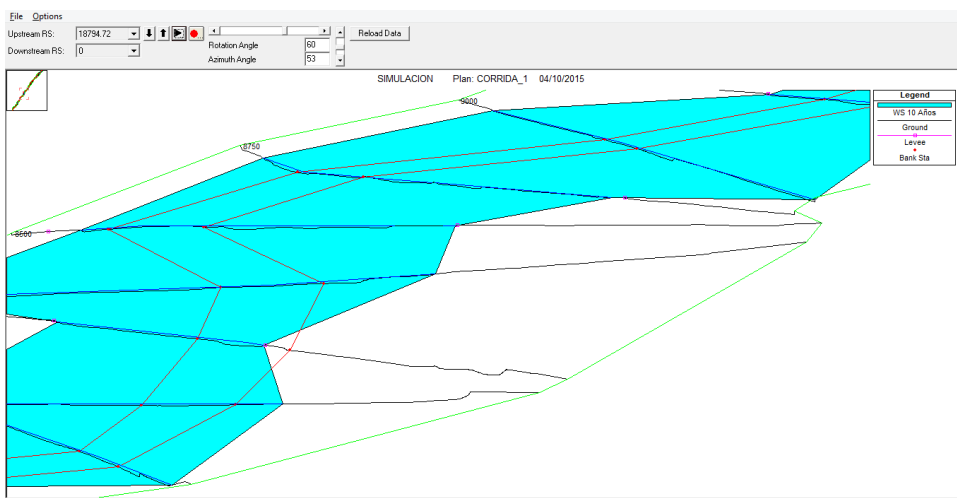
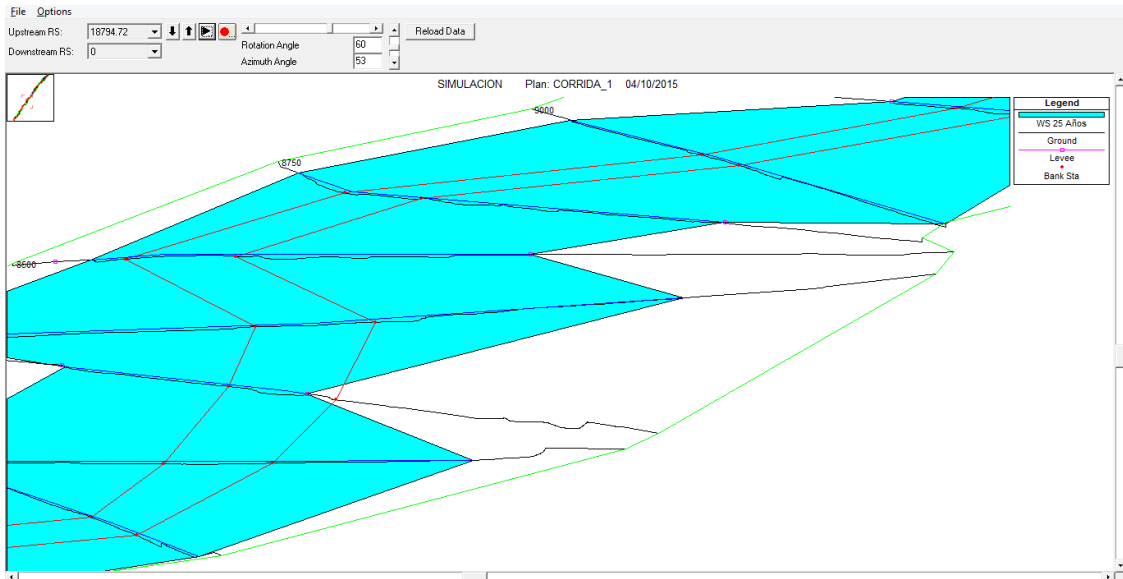


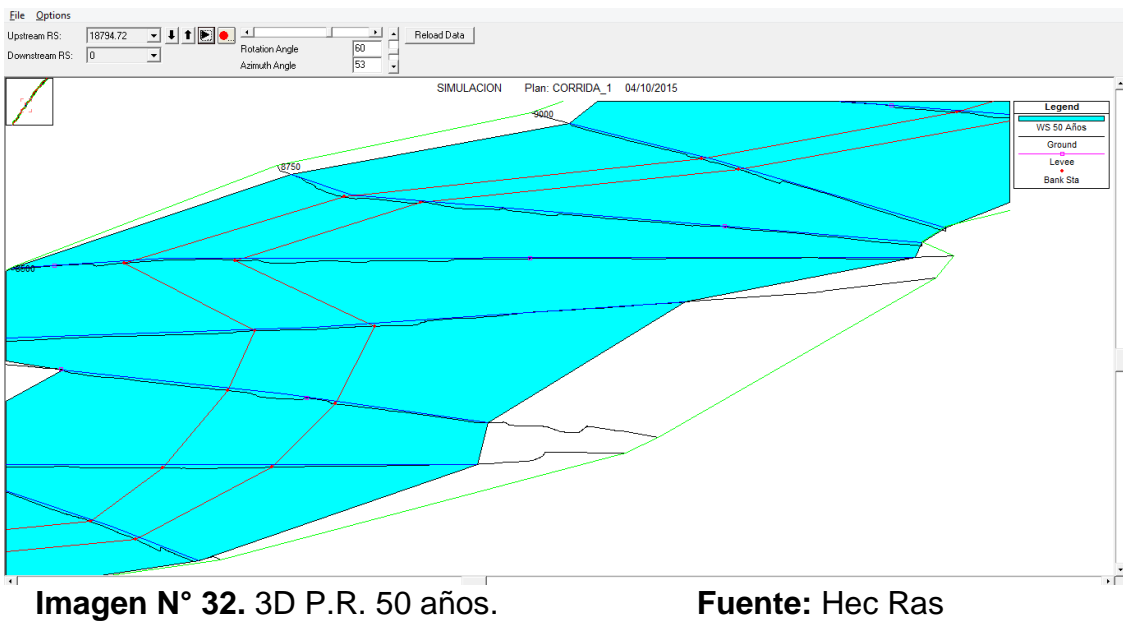
Imagen N° 30. 3D P.R. 10 años.

Fuente: Hec Ras

➤ PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS



➤ PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS



➤ PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS

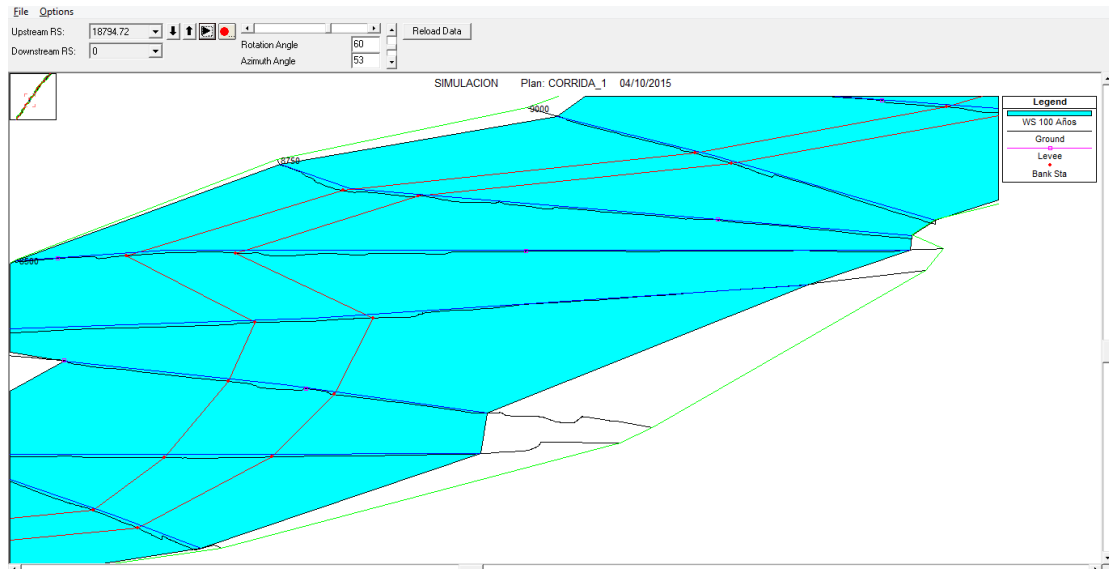


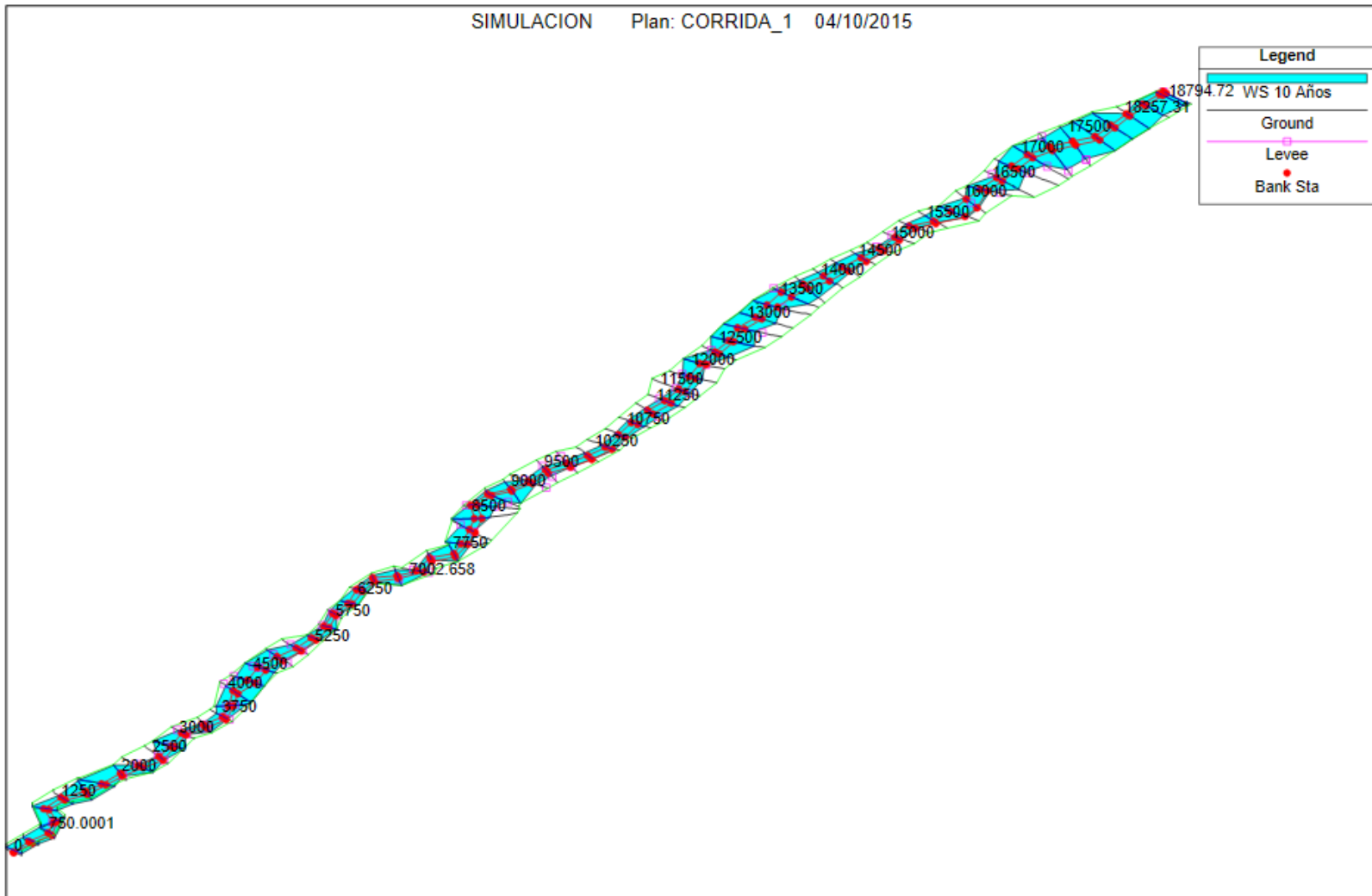
Imagen N° 33. 3D P.R. 100 años.

Fuente: Hec Ras

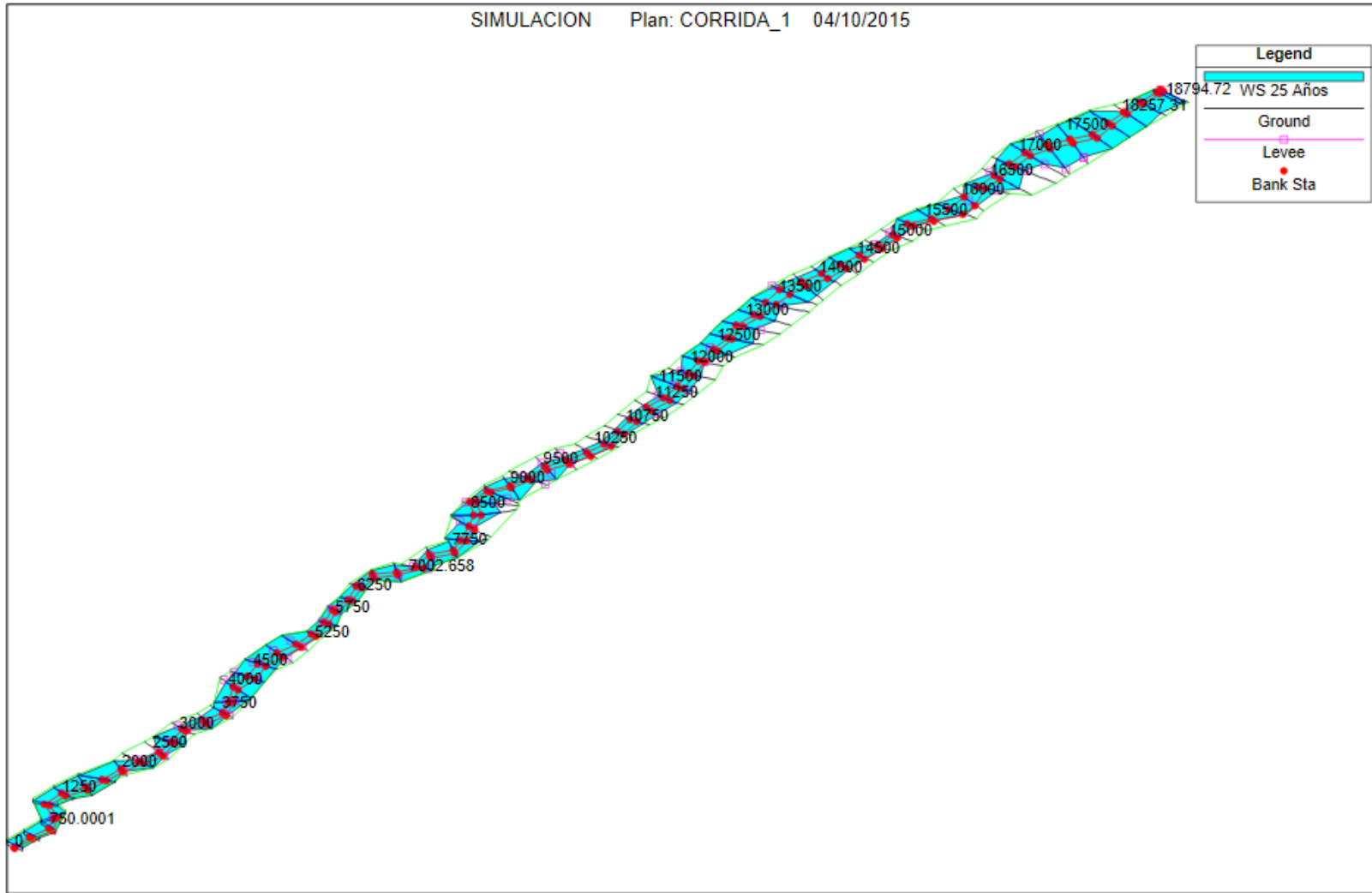
- Se puede apreciar el incremento en la lámina de agua del tramo mostrado del rio Jequetepeque debido al incremento del caudal que se utilizó para los distintos periodos de retorno.

A continuación se presentara la vista en 3D completa de todo el tramo en estudio del Rio Jequetepeque (Infiernillo – Pellejito) obtenidos con el modelamiento del HEC RAS para los distintos periodos de retorno.

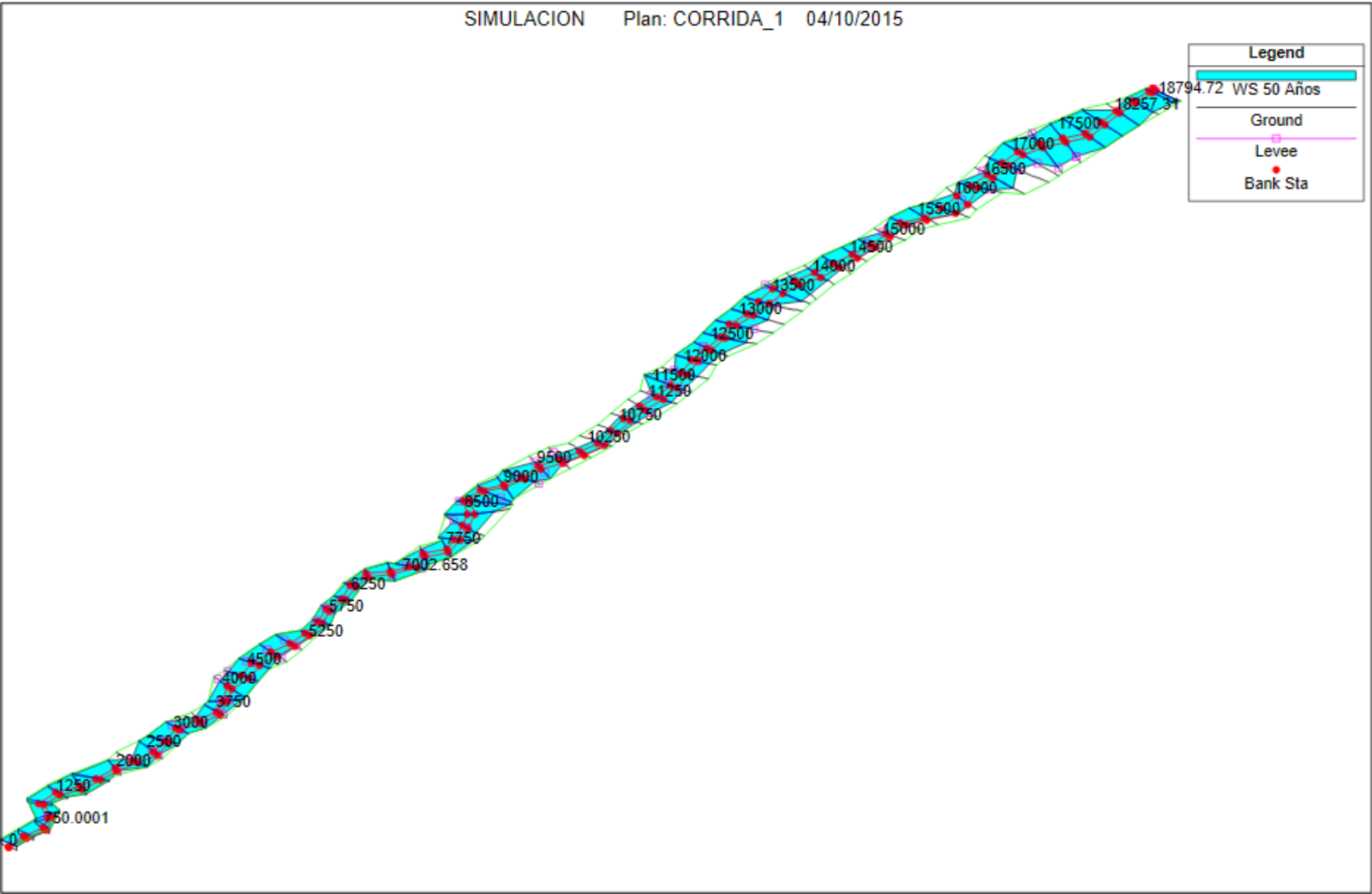
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS



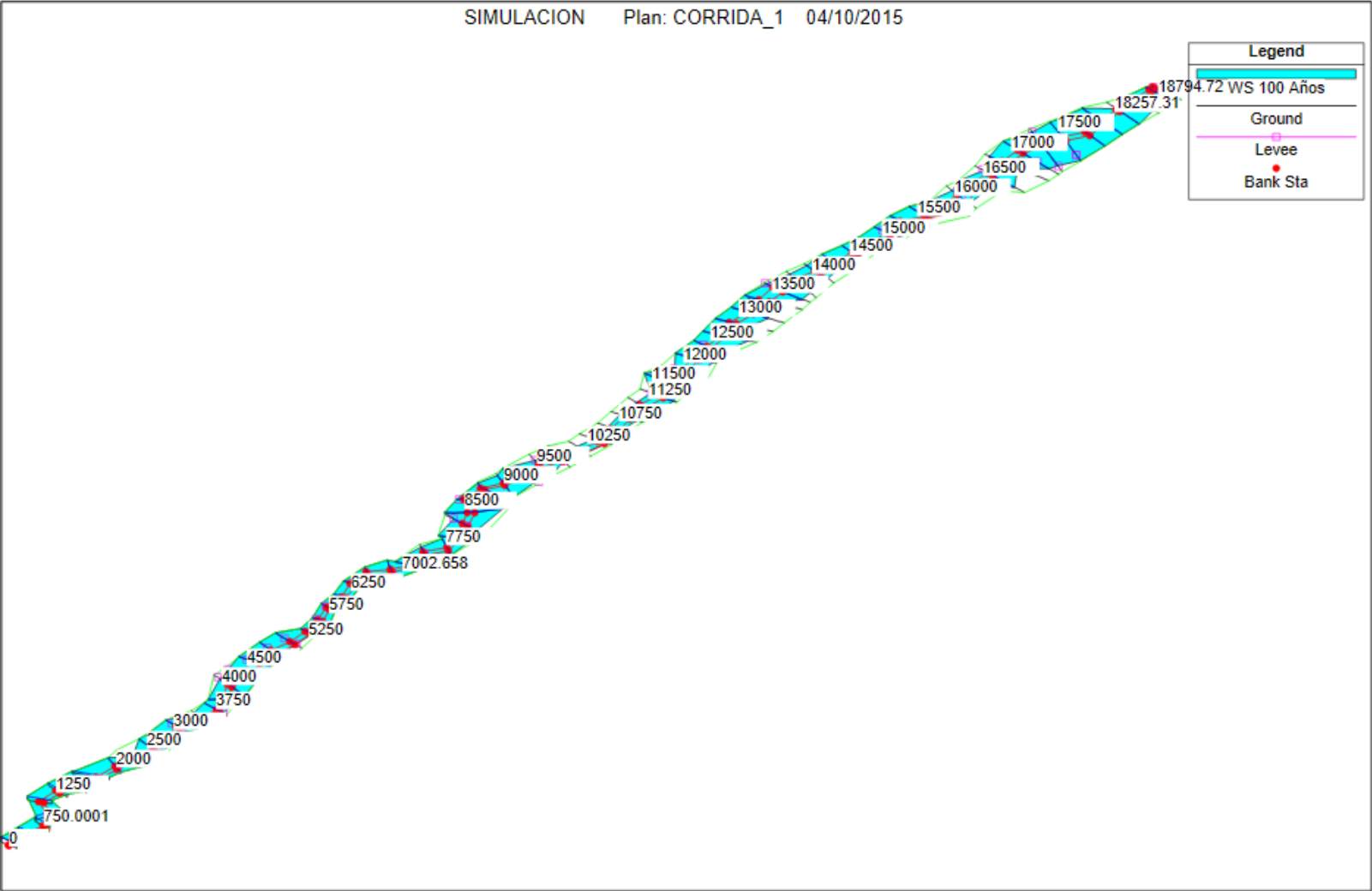
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS



PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS



PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS



III.5.5. TABLAS RESUMEN DE SALIDA DEL PERFIL

Finalmente obtenemos todo los resultados que vimos anteriormente en un cuadro resumen según el periodo de retorno como se ha ido trabajando al inicio del tramo Infiernillo – Pellejitos del rio Jequetepeque

PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS

Reach	River Sta	Profile	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	Max Chl Dpth (m)	Vel Total (m/s)
INFIERNILLO	18794.72	10 Años	297.00	125.87	126.40	126.25	126.53	0.006851	1.68	188.85	311.00	0.69	1.20	1.57
INFIERNILLO	18743.28	10 Años	297.00	125.38	125.97		126.11	0.009383	1.90	181.59	363.31	0.80	1.07	1.64
INFIERNILLO	18499.31	10 Años	297.00	124.01	124.78		124.83	0.003284	1.07	253.85	377.54	0.47	1.36	1.17
INFIERNILLO	18257.31	10 Años	297.00	122.20	123.51		123.89	0.007230	2.41	176.01	318.77	0.77	1.31	1.69
INFIERNILLO	18005.68	10 Años	297.00	121.21	121.82		121.91	0.006752	1.08	227.44	542.39	0.62	1.47	1.31
INFIERNILLO	17750.12	10 Años	297.00	119.52	120.22		120.32	0.005784	1.14	233.54	548.20	0.59	1.62	1.27
INFIERNILLO	17500	10 Años	297.00	118.88	118.88	118.54	118.80	0.006577		192.89	351.73	0.00	1.68	1.54
INFIERNILLO	17250	10 Años	297.00	117.04	116.96	116.80	117.06	0.007541		211.71	453.07	0.00	1.23	1.40
INFIERNILLO	17000	10 Años	297.00	115.06	115.53	115.33	115.60	0.004526	1.10	250.11	465.39	0.53	0.93	1.19
INFIERNILLO	16750	10 Años	297.00	113.80	113.79	113.66	113.99	0.009756		152.42	238.57	0.00	1.19	1.95
INFIERNILLO	16500	10 Años	297.00	111.00	112.54	112.17	112.89	0.003170	1.84	182.40	207.70	0.53	1.54	1.63
INFIERNILLO	16250	10 Años	297.00	109.80	111.35	111.29	111.57	0.006713	2.36	160.84	247.75	0.75	1.75	1.85
INFIERNILLO	16000	10 Años	297.00	107.80	109.39	109.39	109.83	0.008454	2.01	143.09	212.13	0.78	1.59	2.08
INFIERNILLO	15750	10 Años	297.00	106.21	108.28	107.85	108.37	0.002741	1.43	233.42	347.32	0.47	2.07	1.27
INFIERNILLO	15500	10 Años	297.00	104.27	106.94	106.94	107.36	0.005712	3.13	126.91	170.52	0.76	2.67	2.36
INFIERNILLO	15250	10 Años	297.00	104.00	105.70	105.30	105.92	0.003824	2.24	149.53	132.74	0.60	1.70	1.99
INFIERNILLO	15000	10 Años	297.00	101.80	104.42	103.99	104.80	0.005181	2.56	112.05	102.83	0.69	2.62	2.65
INFIERNILLO	14750	10 Años	297.00	101.55	103.30	102.97	103.56	0.004475	2.33	133.37	103.44	0.64	2.23	2.23
INFIERNILLO	14500	10 Años	297.00	100.30	101.79	101.74	102.09	0.008076	2.44	133.46	197.36	0.81	1.59	2.23
INFIERNILLO	14250	10 Años	297.00	99.42	100.57		100.71	0.003789	1.35	191.84	228.78	0.53	1.77	1.55
INFIERNILLO	14000	10 Años	297.00	97.40	98.96	98.96	99.25	0.009904	1.70	133.70	226.50	0.80	1.56	2.22
INFIERNILLO	13750	10 Años	297.00	96.11	97.73	97.47	97.81	0.002996	1.48	251.45	367.61	0.49	1.62	1.18
INFIERNILLO	13500	10 Años	297.00	95.00	96.17	96.17	96.37	0.014455	1.89	155.26	385.84	0.94	1.37	1.91
INFIERNILLO	13250	10 Años	297.00	93.38	94.33	93.94	94.43	0.003516	0.96	218.07	294.87	0.47	4.65	1.36
INFIERNILLO	13000	10 Años	297.00	92.20	93.13		93.26	0.006150	1.73	184.87	303.00	0.67	1.56	1.61
INFIERNILLO	12750	10 Años	297.00	90.00	91.54	91.48	91.75	0.008085	2.32	167.01	337.18	0.72	1.54	1.78
INFIERNILLO	12500	10 Años	297.00	89.40	90.19		90.27	0.005473	1.55	235.25	467.64	0.62	1.39	1.26
INFIERNILLO	12250	10 Años	297.00	87.65	88.99	88.59	89.14	0.003883	2.10	185.13	217.76	0.59	1.34	1.60
INFIERNILLO	12000	10 Años	297.00	85.53	87.70	87.67	87.93	0.006179	2.52	162.49	248.88	0.73	2.17	1.83
INFIERNILLO	11750	10 Años	297.00	85.08	86.42	86.23	86.58	0.004576	2.04	176.58	215.83	0.63	1.36	1.68
INFIERNILLO	11500	10 Años	297.00	83.83	85.00	84.82	85.22	0.006603	1.95	144.87	165.89	0.71	1.40	2.05
INFIERNILLO	11250	10 Años	297.00	82.40	83.83	83.61	83.97	0.005076	1.46	178.16	223.62	0.60	1.83	1.67
INFIERNILLO	11000	10 Años	297.00	81.88	82.46	82.29	82.84	0.005620	1.31	165.31	209.23	0.60	1.40	1.80
INFIERNILLO	10750	10 Años	297.00	79.38	80.36	80.36	80.66	0.011645	1.59	128.52	198.88	0.83	1.22	2.31
INFIERNILLO	10500	10 Años	297.00	78.80	78.51	78.19	78.70	0.004149	1.92	156.25	143.58	0.59	1.91	1.90
INFIERNILLO	10250	10 Años	297.00	75.60	77.33	77.10	77.53	0.005318	1.80	150.92	155.70	0.64	1.73	1.97
INFIERNILLO	10000	10 Años	297.00	73.46	76.10		76.37	0.004081	2.15	143.72	139.01	0.61	2.70	2.07
INFIERNILLO	9750	10 Años	297.00	72.20	75.04	74.55	75.35	0.004063	2.51	126.66	105.16	0.63	2.84	2.34
INFIERNILLO	9500	10 Años	297.00	72.04	74.05	73.78	74.25	0.004463	2.25	162.31	194.00	0.63	2.01	1.83
INFIERNILLO	9245.652	10 Años	297.00	70.80	72.09	72.09	72.49	0.011383	2.89	110.41	133.77	0.66	1.69	2.69
INFIERNILLO	9000	10 Años	297.00	70.20	70.96	70.66	71.03	0.003308	1.29	261.62	426.29	0.49	1.55	1.14
INFIERNILLO	8750	10 Años	297.00	68.57	70.01	69.81	70.17	0.003839	1.35	194.41	286.58	0.53	2.01	1.53
INFIERNILLO	8500	10 Años	297.00	68.20	68.80	68.59	68.97	0.005536	1.07	169.82	234.70	0.57	1.80	1.75

Reach	River Sta	Profile	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	Max Chl Dpth (m)	Vel Total (m/s)
INFIERNILLO	8250	10 Años	297.00	66.76	67.84		67.91	0.003418	1.12	254.10	393.01	0.48	1.64	1.17
INFIERNILLO	8000	10 Años	297.00	64.60	66.72	66.49	66.90	0.003994	2.20	167.85	173.50	0.60	2.12	1.77
INFIERNILLO	7750	10 Años	297.00	64.17	65.19	65.18	65.43	0.010733	2.62	147.55	266.08	0.92	1.02	2.01
INFIERNILLO	7500	10 Años	297.00	63.20	64.54		64.60	0.001432	1.12	292.08	317.48	0.35	2.34	1.02
INFIERNILLO	7250	10 Años	297.00	61.60	63.31	63.31	63.75	0.012831	3.15	102.64	114.47	1.03	1.91	2.89
INFIERNILLO	7002.658	10 Años	297.00	60.00	61.74	61.74	62.14	0.012246	3.01	110.29	141.54	1.00	1.74	2.69
INFIERNILLO	6750.388	10 Años	297.00	59.60	61.16	60.79	61.22	0.001294	1.36	290.42	297.98	0.35	1.96	1.02
INFIERNILLO	6500	10 Años	297.00	58.93	60.27	60.07	60.57	0.006819	2.48	122.41	111.95	0.76	1.47	2.43
INFIERNILLO	6250	10 Años	297.00	56.31	58.08	58.08	58.45	0.010628	2.98	117.17	151.98	0.94	1.93	2.53
INFIERNILLO	6000	10 Años	297.00	54.77	56.91	56.35	57.00	0.001556	1.62	237.64	200.00	0.39	2.31	1.25
INFIERNILLO	5750	10 Años	297.00	53.80	55.16	55.16	55.99	0.017967	4.34	81.11	100.32	1.26	1.36	3.66
INFIERNILLO	5500	10 Años	297.00	52.20	54.38	53.60	54.47	0.001468	1.50	224.12	159.94	0.38	2.18	1.33
INFIERNILLO	5250	10 Años	297.00	51.80	54.00		54.10	0.001539	1.58	216.19	152.47	0.39	2.20	1.37
INFIERNILLO	4996.074	10 Años	297.00	51.40	53.30	53.02	53.47	0.004413	2.01	163.77	166.55	0.61	1.90	1.81
INFIERNILLO	4750	10 Años	297.00	50.55	51.89	51.81	52.09	0.007377	2.29	165.58	279.55	0.77	1.34	1.79
INFIERNILLO	4500	10 Años	297.00	49.60	50.81	50.52	50.89	0.003185	1.39	240.22	341.58	0.50	2.01	1.24
INFIERNILLO	4250	10 Años	297.00	48.30	49.26	49.24	49.49	0.011757	2.43	155.21	338.01	0.93	1.06	1.91
INFIERNILLO	4000	10 Años	297.00	47.20	47.76	47.46	47.85	0.004022	0.73	225.48	370.22	0.46	1.57	1.32
INFIERNILLO	3750	10 Años	297.00	44.60	47.01	46.67	47.12	0.002002	1.83	246.79	314.32	0.45	2.41	1.20
INFIERNILLO	3500	10 Años	297.00	43.55	46.05	45.68	46.37	0.004838	2.76	136.04	155.78	0.69	2.49	2.18
INFIERNILLO	3250	10 Años	297.00	43.40	45.22	44.90	45.38	0.003033	2.00	180.29	178.24	0.53	1.82	1.66
INFIERNILLO	3000	10 Años	297.00	42.20	43.73	43.70	44.15	0.008572	3.14	110.22	112.53	0.88	1.53	2.69
INFIERNILLO	2750	10 Años	297.00	41.20	43.17	42.84	43.26	0.001646	1.73	276.10	343.67	0.41	1.97	1.08
INFIERNILLO	2500	10 Años	297.00	40.60	42.11	41.96	42.48	0.007129	2.77	112.78	101.14	0.80	1.51	2.63
INFIERNILLO	2250	10 Años	297.00	39.40	41.06	40.73	41.20	0.003449	1.91	183.54	191.62	0.55	2.06	1.62
INFIERNILLO	2000	10 Años	297.00	38.40	39.78	39.71	40.00	0.007158	2.51	153.72	217.81	0.78	1.95	1.93
INFIERNILLO	1750	10 Años	297.00	37.02	38.12		38.27	0.006593	2.09	185.30	315.13	0.72	1.82	1.60
INFIERNILLO	1500	10 Años	297.00	35.80	37.24	36.89	37.33	0.002535	1.56	242.99	374.61	0.47	2.04	1.22
INFIERNILLO	1250	10 Años	297.00	34.22	35.84	35.84	36.15	0.010297	2.95	130.54	187.96	0.91	1.62	2.28
INFIERNILLO	1000	10 Años	297.00	33.40	35.40	34.56	35.45	0.000879	1.15	296.85	218.26	0.29	2.20	1.00
INFIERNILLO	750.0001	10 Años	297.00	32.07	35.37	33.80	35.38	0.000106	0.60	620.89	284.67	0.11	3.30	0.48
INFIERNILLO	500	10 Años	297.00	31.40	35.35		35.36	0.000050	0.46	727.60	227.87	0.08	3.95	0.41
INFIERNILLO	250	10 Años	297.00	30.20	35.34		35.35	0.000039	0.50	699.82	167.36	0.07	5.14	0.42
INFIERNILLO	0	10 Años	297.00	29.20	34.40	33.08	35.23	0.005102	6.13	75.73	16.48	0.66	5.20	3.92

PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS

Reach	River Sta	Profile	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	Max Chl Dpth (m)	Vel Total (m/s)
INFIERNILLO	18794.72	25 Años	496.00	125.67	126.59	126.43	126.80	0.007735	2.02	248.61	313.94	0.76	1.39	2.00
INFIERNILLO	18743.28	25 Años	496.00	125.38	126.17		126.37	0.008786	2.24	252.77	363.89	0.82	1.27	1.96
INFIERNILLO	18499.31	25 Años	496.00	124.01	125.00		125.11	0.003274	1.38	346.18	377.88	0.50	1.60	1.43
INFIERNILLO	18257.31	25 Años	496.00	122.20	123.74	123.69	123.98	0.007187	2.77	258.00	365.05	0.80	1.54	1.92
INFIERNILLO	18006.68	25 Años	496.00	121.21	121.96		122.10	0.007535	1.47	307.44	555.41	0.69	1.61	1.61
INFIERNILLO	17750.12	25 Años	496.00	119.52	120.45		120.54	0.004988	1.25	375.51	661.62	0.57	1.85	1.32
INFIERNILLO	17500	25 Años	496.00	118.88	118.93	118.74	119.07	0.007556	0.22	309.40	551.13	0.43	1.93	1.60
INFIERNILLO	17250	25 Años	496.00	117.04	117.17	116.99	117.29	0.008874	0.35	315.76	525.81	0.47	1.44	1.57
INFIERNILLO	17000	25 Años	496.00	115.06	115.70	115.48	115.82	0.005024	1.46	334.74	482.79	0.60	1.10	1.48
INFIERNILLO	16750	25 Años	496.00	113.80	114.12	113.96	114.33	0.007095	0.96	251.43	328.56	0.61	1.52	1.97
INFIERNILLO	16500	25 Años	496.00	111.00	112.83	112.50	113.04	0.003893	2.34	255.33	289.19	0.61	1.83	1.94
INFIERNILLO	16250	25 Años	496.00	109.60	111.88	111.52	111.92	0.005298	2.53	252.58	318.17	0.70	2.08	1.96
INFIERNILLO	16000	25 Años	496.00	107.80	109.58	109.58	109.96	0.011248	2.56	188.91	237.60	0.93	1.78	2.63
INFIERNILLO	15750	25 Años	496.00	106.21	108.61	108.13	108.72	0.002339	1.82	350.37	356.75	0.46	2.40	1.42
INFIERNILLO	15500	25 Años	496.00	104.27	107.36	107.36	107.80	0.005275	3.48	216.80	252.83	0.75	3.09	2.29
INFIERNILLO	15250	25 Años	496.00	104.00	106.21	105.57	106.50	0.003454	2.61	241.26	223.68	0.60	2.21	2.06
INFIERNILLO	15000	25 Años	496.00	101.80	104.96	104.70	105.45	0.004953	3.11	168.25	105.13	0.72	3.16	2.95
INFIERNILLO	14750	25 Años	496.00	101.55	103.67	103.36	104.11	0.005689	3.09	172.79	110.11	0.75	2.60	2.87
INFIERNILLO	14500	25 Años	496.00	100.30	102.13	102.06	102.49	0.007249	2.84	209.64	260.67	0.81	1.93	2.37
INFIERNILLO	14250	25 Años	496.00	99.42	100.91		101.10	0.004124	1.85	278.66	295.28	0.59	2.11	1.78
INFIERNILLO	14000	25 Años	496.00	97.40	99.22	99.22	99.58	0.009600	2.25	201.77	282.18	0.65	1.82	2.46
INFIERNILLO	13750	25 Años	496.00	96.11	97.97	97.64	98.09	0.003200	1.78	341.82	379.41	0.53	1.86	1.45
INFIERNILLO	13500	25 Años	496.00	95.00	96.34	96.34	96.59	0.014138	2.17	225.27	434.31	0.97	1.54	2.20
INFIERNILLO	13250	25 Años	496.00	93.38	94.57	94.30	94.73	0.004089	1.35	290.45	311.87	0.54	4.89	1.71
INFIERNILLO	13000	25 Años	496.00	92.20	93.42		93.59	0.004857	1.96	285.47	366.36	0.63	1.85	1.74
INFIERNILLO	12750	25 Años	496.00	90.00	91.74	91.58	92.05	0.008083	2.98	235.33	358.04	0.85	1.74	2.11
INFIERNILLO	12500	25 Años	496.00	89.40	90.42		90.53	0.004433	1.72	344.33	473.59	0.59	1.62	1.44
INFIERNILLO	12250	25 Años	496.00	87.65	89.17	89.03	89.38	0.004829	2.56	281.34	347.90	0.68	1.52	1.76
INFIERNILLO	12000	25 Años	496.00	85.53	88.16	87.89	88.34	0.003584	2.23	279.76	256.92	0.58	2.63	1.77
INFIERNILLO	11750	25 Años	496.00	85.08	86.47	86.47	86.87	0.010832	3.23	185.99	216.03	0.97	1.41	2.67
INFIERNILLO	11500	25 Años	496.00	83.83	85.25	85.00	85.34	0.003234	1.64	375.42	479.39	0.52	1.65	1.32
INFIERNILLO	11250	25 Años	496.00	82.40	84.12	83.83	84.33	0.005056	1.90	245.45	227.83	0.64	2.12	2.02
INFIERNILLO	11000	25 Años	496.00	81.88	82.77	82.53	83.02	0.005551	1.81	229.37	210.68	0.65	1.71	2.16
INFIERNILLO	10750	25 Años	496.00	79.38	80.60	80.60	81.02	0.011920	2.26	177.26	200.03	0.92	1.46	2.80
INFIERNILLO	10500	25 Años	496.00	78.80	78.90	78.50	79.19	0.004294	2.40	212.26	145.22	0.64	2.30	2.34
INFIERNILLO	10250	25 Años	496.00	75.60	77.68		77.98	0.005441	2.32	205.29	156.56	0.69	2.08	2.42
INFIERNILLO	10000	25 Años	496.00	73.46	76.68		76.96	0.003127	2.41	224.98	142.65	0.56	3.28	2.20
INFIERNILLO	9750	25 Años	496.00	72.20	75.36	75.21	75.89	0.005794	3.38	164.97	128.89	0.77	3.16	3.01
INFIERNILLO	9500	25 Años	496.00	72.04	74.41	74.22	74.63	0.003871	2.47	278.57	339.19	0.62	2.37	1.78
INFIERNILLO	9245.652	25 Años	496.00	70.80	72.40	72.40	72.97	0.011754	3.56	152.20	145.42	1.02	2.00	3.26
INFIERNILLO	9000	25 Años	496.00	70.20	71.21	70.89	71.31	0.003088	1.52	367.99	428.10	0.50	1.80	1.35
INFIERNILLO	8750	25 Años	496.00	68.57	70.39	70.10	70.55	0.003147	1.65	307.80	309.72	0.51	2.39	1.61
INFIERNILLO	8500	25 Años	496.00	68.20	69.03	68.95	69.28	0.008308	1.81	226.37	270.78	0.76	2.03	2.19

Reach	River Sta	Profile	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	Max Chl Dpth (m)	Vel Total (m/s)
INFIERNILLO	8250	25 Años	496.00	66.76	68.25		68.32	0.002111	1.27	426.19	509.38	0.42	2.05	1.16
INFIERNILLO	8000	25 Años	496.00	64.60	66.77	66.77	67.23	0.009543	3.47	176.52	173.91	0.94	2.17	2.81
INFIERNILLO	7750	25 Años	496.00	64.17	65.63	65.41	65.81	0.004439	2.24	288.54	354.57	0.63	1.46	1.72
INFIERNILLO	7500	25 Años	496.00	63.20	64.51		64.68	0.004441	1.93	282.08	317.31	0.61	2.31	1.76
INFIERNILLO	7250	25 Años	496.00	61.60	63.71	63.60	63.82	0.002619	1.51	333.08	293.62	0.47	2.31	1.49
INFIERNILLO	7002.658	25 Años	496.00	60.00	62.16	62.16	62.64	0.009518	3.40	181.58	212.47	0.93	2.16	2.73
INFIERNILLO	6750.388	25 Años	496.00	59.60	61.51	60.82	61.61	0.001414	1.63	400.19	323.56	0.38	2.31	1.24
INFIERNILLO	6500	25 Años	496.00	58.93	60.61	60.40	60.93	0.006132	2.83	208.49	188.61	0.76	1.81	2.38
INFIERNILLO	6250	25 Años	496.00	56.31	58.39	58.39	58.90	0.010431	3.53	165.76	163.52	0.98	2.24	2.99
INFIERNILLO	6000	25 Años	496.00	54.77	57.04	56.65	57.24	0.003095	2.40	264.48	200.00	0.56	2.44	1.88
INFIERNILLO	5750	25 Años	496.00	53.80	55.55	55.55	56.00	0.008995	3.63	185.42	190.81	0.92	1.75	2.67
INFIERNILLO	5500	25 Años	496.00	52.20	54.80	53.93	54.93	0.001566	1.81	323.01	200.00	0.41	2.60	1.54
INFIERNILLO	5250	25 Años	496.00	51.80	54.18		54.40	0.002924	2.33	243.90	153.62	0.55	2.38	2.03
INFIERNILLO	4996.074	25 Años	496.00	51.40	53.61	53.30	53.71	0.002259	1.70	348.63	302.21	0.46	2.21	1.42
INFIERNILLO	4750	25 Años	496.00	50.55	52.14	52.04	52.40	0.007122	2.65	240.61	311.19	0.79	1.59	2.08
INFIERNILLO	4500	25 Años	496.00	49.60	51.06	50.71	51.18	0.003286	1.70	329.80	355.69	0.53	2.26	1.50
INFIERNILLO	4250	25 Años	496.00	48.30	49.45	49.45	49.75	0.011744	2.85	219.61	349.11	0.97	1.25	2.26
INFIERNILLO	4000	25 Años	496.00	47.20	48.04	47.72	48.15	0.003575	1.13	332.87	389.33	0.49	1.85	1.49
INFIERNILLO	3750	25 Años	496.00	44.60	47.42	46.97	47.53	0.001681	1.94	385.60	349.28	0.42	2.82	1.29
INFIERNILLO	3500	25 Años	496.00	43.55	46.46	45.86	46.85	0.004784	3.19	212.26	201.71	0.71	2.91	2.34
INFIERNILLO	3250	25 Años	496.00	43.40	45.71	45.20	45.91	0.002763	2.32	282.06	247.06	0.53	2.31	1.76
INFIERNILLO	3000	25 Años	496.00	42.20	44.07	44.07	44.70	0.009387	3.84	149.09	114.21	0.96	1.87	3.33
INFIERNILLO	2750	25 Años	496.00	41.20	43.63	43.08	43.72	0.001171	1.70	436.53	343.67	0.36	2.43	1.14
INFIERNILLO	2500	25 Años	496.00	40.60	42.51	42.37	43.07	0.007505	3.43	153.70	103.65	0.86	1.91	3.23
INFIERNILLO	2250	25 Años	496.00	39.40	41.38	41.01	41.60	0.004074	2.43	247.33	208.53	0.63	2.38	2.01
INFIERNILLO	2000	25 Años	496.00	38.40	40.10	39.94	40.38	0.006077	2.76	224.28	219.02	0.75	2.27	2.21
INFIERNILLO	1750	25 Años	496.00	37.02	38.27		38.52	0.009310	2.73	232.40	329.47	0.87	1.97	2.13
INFIERNILLO	1500	25 Años	496.00	35.80	37.86		37.92	0.000991	1.30	484.81	393.10	0.31	2.66	1.02
INFIERNILLO	1250	25 Años	496.00	34.22	37.74		37.78	0.000330	0.98	603.37	280.31	0.19	3.52	0.82
INFIERNILLO	1000	25 Años	496.00	33.40	37.71		37.73	0.000096	0.69	802.08	218.28	0.11	4.51	0.62
INFIERNILLO	750.0001	25 Años	496.00	32.07	37.71	34.60	37.71	0.000028	0.46	1287.46	284.98	0.06	5.64	0.39
INFIERNILLO	500	25 Años	496.00	31.40	37.70		37.71	0.000023	0.44	1262.89	227.92	0.06	6.30	0.39
INFIERNILLO	250	25 Años	496.00	30.20	37.69		37.70	0.000025	0.53	1093.62	167.59	0.06	7.49	0.45
INFIERNILLO	0	25 Años	496.00	29.20	36.43	34.38	37.57	0.005102	7.63	109.10	16.49	0.91	7.23	4.55

PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /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 (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl	Max Chl Dpth (m)	Vel Total (m/s)
INFIERNILLO	18784.72	50 Años	868.00	125.67	126.73	126.58	127.00	0.008195	2.25	293.00	316.49	0.80	1.53	2.28
INFIERNILLO	18743.28	50 Años	868.00	125.38	126.32		126.66	0.008385	2.46	306.92	364.27	0.82	1.42	2.18
INFIERNILLO	18499.31	50 Años	868.00	124.01	125.18		125.31	0.003318	1.59	412.52	378.13	0.52	1.78	1.62
INFIERNILLO	18257.31	50 Años	868.00	122.20	123.89		124.17	0.007295	3.01	310.73	365.25	0.82	1.69	2.15
INFIERNILLO	18005.68	50 Años	868.00	121.21	122.08		122.25	0.007771	1.73	370.19	569.70	0.73	1.73	1.80
INFIERNILLO	17750.12	50 Años	868.00	119.52	120.57		120.89	0.004888	1.44	458.96	681.07	0.59	1.97	1.46
INFIERNILLO	17500	50 Años	868.00	118.88	119.05	118.88	119.22	0.007724	0.39	378.78	648.77	0.50	2.05	1.76
INFIERNILLO	17250	50 Años	868.00	117.04	117.31	117.11	117.45	0.008604	0.43	398.91	631.53	0.49	1.58	1.88
INFIERNILLO	17000	50 Años	868.00	115.06	115.84	115.59	115.98	0.005153	1.89	401.44	496.40	0.62	1.24	1.86
INFIERNILLO	16750	50 Años	868.00	113.80	114.32	114.12	114.56	0.008300	1.19	320.88	353.04	0.82	1.72	2.08
INFIERNILLO	16500	50 Años	868.00	111.00	113.05	112.75	113.30	0.004078	2.63	331.34	376.47	0.84	2.05	2.02
INFIERNILLO	16250	50 Años	868.00	109.80	111.87	111.70	112.15	0.005253	2.75	317.70	350.16	0.71	2.27	2.10
INFIERNILLO	16000	50 Años	868.00	107.80	109.76	109.76	110.21	0.011023	2.89	231.48	254.39	0.95	1.96	2.89
INFIERNILLO	15750	50 Años	868.00	106.21	108.82	108.38	108.96	0.002306	1.78	426.76	357.31	0.47	2.61	1.57
INFIERNILLO	15500	50 Años	868.00	104.27	107.61	107.61	108.05	0.004942	3.63	285.87	274.14	0.74	3.34	2.34
INFIERNILLO	15250	50 Años	868.00	104.00	106.65	106.11	106.90	0.002408	2.50	340.15	224.52	0.52	2.65	1.96
INFIERNILLO	15000	50 Años	868.00	101.80	105.07	105.00	105.87	0.007533	3.99	180.31	113.86	0.89	3.27	3.70
INFIERNILLO	14750	50 Años	868.00	101.55	103.86	103.87	104.23	0.004945	3.09	278.63	231.24	0.71	2.79	2.40
INFIERNILLO	14500	50 Años	868.00	100.30	102.31	102.29	102.73	0.007285	3.13	259.20	263.02	0.83	2.11	2.58
INFIERNILLO	14250	50 Años	868.00	99.42	101.12	100.75	101.34	0.004075	2.08	342.44	306.22	0.80	2.32	1.95
INFIERNILLO	14000	50 Años	868.00	97.40	99.38	99.38	99.81	0.009926	2.82	247.61	289.09	0.89	1.98	2.70
INFIERNILLO	13750	50 Años	868.00	96.11	98.15	97.77	98.29	0.003336	2.00	408.22	388.19	0.55	2.04	1.64
INFIERNILLO	13500	50 Años	868.00	95.00	96.45	96.45	96.76	0.014027	2.41	275.95	446.40	0.99	1.65	2.42
INFIERNILLO	13250	50 Años	868.00	93.38	94.74	94.43	94.94	0.004454	1.83	345.84	326.51	0.58	5.06	1.93
INFIERNILLO	13000	50 Años	868.00	92.20	93.64		93.83	0.004236	2.10	371.69	426.65	0.61	2.07	1.80
INFIERNILLO	12750	50 Años	868.00	90.00	91.83	91.58	92.26	0.010252	3.52	267.51	364.28	0.97	1.83	2.50
INFIERNILLO	12500	50 Años	868.00	89.40	90.62		90.74	0.003605	1.78	441.25	480.21	0.55	1.82	1.51
INFIERNILLO	12250	50 Años	868.00	87.65	89.26	89.19	89.55	0.008550	3.10	310.68	351.09	0.79	1.61	2.15
INFIERNILLO	12000	50 Años	868.00	85.53	88.30	88.04	88.45	0.002984	2.15	414.67	384.98	0.54	2.77	1.61
INFIERNILLO	11750	50 Años	868.00	85.08	86.66	86.66	87.14	0.010583	3.54	227.71	226.64	0.98	1.60	2.93
INFIERNILLO	11500	50 Años	868.00	83.83	85.44	85.08	85.55	0.002876	1.74	467.47	479.83	0.50	1.84	1.43
INFIERNILLO	11250	50 Años	868.00	82.40	84.34	84.01	84.80	0.004957	2.18	296.00	237.87	0.65	2.34	2.26
INFIERNILLO	11000	50 Años	868.00	81.88	82.99	82.71	83.29	0.005803	2.14	275.14	211.75	0.68	1.93	2.43
INFIERNILLO	10750	50 Años	868.00	79.38	80.79	80.79	81.30	0.011738	2.67	214.62	200.90	0.95	1.65	3.11
INFIERNILLO	10500	50 Años	868.00	78.80	79.17		79.53	0.004530	2.75	250.87	146.31	0.67	2.57	2.66
INFIERNILLO	10250	50 Años	868.00	75.80	77.98		78.34	0.005045	2.80	252.01	157.30	0.69	2.38	2.65
INFIERNILLO	10000	50 Años	868.00	73.46	77.07		77.38	0.002879	2.63	280.96	144.36	0.56	3.67	2.38
INFIERNILLO	9750	50 Años	868.00	72.20	75.59	75.57	76.29	0.006733	3.92	196.66	148.73	0.85	3.39	3.40
INFIERNILLO	9500	50 Años	868.00	72.04	74.57	74.42	74.84	0.004269	2.76	334.71	339.50	0.66	2.53	2.00
INFIERNILLO	9245.652	50 Años	868.00	70.80	72.62	72.62	73.08	0.012209	4.04	261.18	382.08	1.07	2.22	2.66
INFIERNILLO	9000	50 Años	868.00	70.20	71.32	70.99	71.45	0.003819	1.83	413.07	428.76	0.57	1.91	1.62
INFIERNILLO	8750	50 Años	868.00	68.57	70.52	70.28	70.64	0.002945	1.72	448.38	448.62	0.51	2.52	1.49
INFIERNILLO	8500	50 Años	868.00	68.20	69.35	69.05	69.52	0.006532	2.16	380.70	546.22	0.72	2.35	1.75

Reach	River Sta	Profile	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	Max Chl Dpth (m)	Vel Total (m/s)
INFIERNILLO	8250	50 Años	888.00	86.76	88.29		88.41	0.003336	1.65	446.02	511.11	0.53	2.09	1.50
INFIERNILLO	8000	50 Años	888.00	84.60	87.01	86.84	87.26	0.005674	2.56	317.61	317.66	0.71	2.41	2.10
INFIERNILLO	7750	50 Años	888.00	84.17	85.80		86.01	0.004672	2.49	346.23	357.75	0.66	1.63	1.93
INFIERNILLO	7500	50 Años	888.00	83.20	84.78		84.95	0.003709	2.04	362.43	318.64	0.58	2.56	1.84
INFIERNILLO	7250	50 Años	888.00	81.60	83.73	83.60	83.93	0.004448	2.00	339.79	293.77	0.62	2.33	1.97
INFIERNILLO	7002.658	50 Años	888.00	80.00	82.30	82.21	82.60	0.006390	2.97	308.01	351.42	0.78	2.30	2.17
INFIERNILLO	6750.388	50 Años	888.00	59.60	61.80	61.00	61.90	0.001372	1.76	493.78	335.83	0.38	2.60	1.35
INFIERNILLO	6500	50 Años	888.00	58.93	60.84	60.56	61.24	0.006262	3.16	253.46	200.00	0.78	2.04	2.64
INFIERNILLO	6250	50 Años	888.00	56.31	58.63	58.63	59.23	0.009851	3.83	207.00	175.85	0.98	2.48	3.23
INFIERNILLO	6000	50 Años	888.00	54.77	57.29	56.85	57.55	0.003207	2.66	315.22	200.00	0.58	2.69	2.12
INFIERNILLO	5750	50 Años	888.00	53.80	55.78	55.78	56.29	0.008325	3.89	231.00	200.00	0.92	1.98	2.89
INFIERNILLO	5500	50 Años	888.00	52.20	55.13	54.18	55.29	0.001566	2.00	389.85	200.00	0.42	2.93	1.71
INFIERNILLO	5250	50 Años	888.00	51.80	54.44		54.74	0.003237	2.68	284.78	155.30	0.59	2.64	2.35
INFIERNILLO	4996.074	50 Años	888.00	51.40	53.65	53.51	53.83	0.003620	2.19	362.07	302.23	0.58	2.25	1.84
INFIERNILLO	4750	50 Años	888.00	50.55	52.31	52.21	52.61	0.006933	2.87	294.83	316.80	0.80	1.76	2.27
INFIERNILLO	4500	50 Años	888.00	49.60	51.24	50.85	51.40	0.003342	1.91	394.56	357.03	0.55	2.44	1.69
INFIERNILLO	4250	50 Años	888.00	48.30	49.58	49.58	49.94	0.011809	3.13	265.92	354.52	0.99	1.38	2.51
INFIERNILLO	4000	50 Años	888.00	47.20	48.26	47.86	48.39	0.003204	1.35	421.06	398.11	0.49	2.07	1.59
INFIERNILLO	3750	50 Años	888.00	44.60	47.70	47.16	47.82	0.001542	2.02	487.41	359.53	0.41	3.10	1.37
INFIERNILLO	3500	50 Años	888.00	43.55	46.85	46.60	47.23	0.003946	3.25	300.97	262.34	0.66	3.30	2.22
INFIERNILLO	3250	50 Años	888.00	43.40	45.64	45.46	46.04	0.005774	3.28	266.01	229.58	0.77	2.24	2.51
INFIERNILLO	3000	50 Años	888.00	42.20	44.42	44.22	44.72	0.004551	3.04	322.03	313.58	0.69	2.22	2.07
INFIERNILLO	2750	50 Años	888.00	41.20	43.41	43.25	43.65	0.003828	2.87	359.94	343.67	0.64	2.21	1.86
INFIERNILLO	2500	50 Años	888.00	40.60	42.60	42.60	42.77	0.002949	2.23	389.98	327.33	0.54	2.00	1.71
INFIERNILLO	2250	50 Años	888.00	39.40	41.73	41.21	41.97	0.003263	2.49	320.87	213.34	0.58	2.73	2.08
INFIERNILLO	2000	50 Años	888.00	38.40	40.11	40.11	40.80	0.010526	3.66	227.54	219.08	0.99	2.28	2.94
INFIERNILLO	1750	50 Años	888.00	37.02	39.63	38.34	39.67	0.000483	1.09	729.58	371.66	0.23	3.33	0.92
INFIERNILLO	1500	50 Años	888.00	35.80	39.60		39.62	0.000107	0.88	1169.03	393.10	0.12	4.40	0.57
INFIERNILLO	1250	50 Años	888.00	34.22	39.57		39.59	0.000081	0.69	1117.34	280.31	0.10	5.35	0.60
INFIERNILLO	1000	50 Años	888.00	33.40	39.56		39.58	0.000046	0.62	1205.86	218.29	0.08	6.36	0.55
INFIERNILLO	750.0001	50 Años	888.00	32.07	39.56	34.60	39.57	0.000017	0.43	1815.75	285.23	0.05	7.49	0.37
INFIERNILLO	500	50 Años	888.00	31.40	39.55		39.56	0.000016	0.44	1685.54	227.96	0.05	8.15	0.40
INFIERNILLO	250	50 Años	888.00	30.20	39.55		39.56	0.000021	0.56	1404.61	187.77	0.06	9.35	0.48
INFIERNILLO	0	50 Años	888.00	29.20	38.04	35.39	39.40	0.005105	8.73	135.67	16.51	0.94	8.84	4.92

PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /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 (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl	Max Chl Dpth (m)	Vel Total (m/s)
INFIERNILLO	18794.72	100 Años	865.00	125.67	126.89	126.72	127.17	0.007232	2.11	373.11	359.18	0.75	1.69	2.32
INFIERNILLO	18743.28	100 Años	865.00	125.38	126.46		126.76	0.008361	2.71	359.09	364.63	0.84	1.56	2.41
INFIERNILLO	18499.31	100 Años	865.00	124.01	125.39		125.54	0.003137	1.76	490.23	378.44	0.52	1.99	1.76
INFIERNILLO	18257.31	100 Años	865.00	122.20	123.98	123.94	124.35	0.008700	3.44	346.03	365.39	0.91	1.78	2.50
INFIERNILLO	18005.68	100 Años	865.00	121.21	122.24		122.42	0.006518	1.87	466.94	599.77	0.70	1.89	1.85
INFIERNILLO	17750.12	100 Años	865.00	119.52	120.63		120.79	0.006239	1.73	499.08	682.67	0.67	2.03	1.73
INFIERNILLO	17500	100 Años	865.00	118.88	119.13	119.04	119.28	0.006318	0.61	512.00	765.61	0.52	2.13	1.69
INFIERNILLO	17250	100 Años	865.00	117.04	117.41	117.22	117.59	0.007367	0.79	462.84	663.68	0.59	1.68	1.87
INFIERNILLO	17000	100 Años	865.00	115.06	115.94	115.70	116.08	0.004833	1.78	535.29	669.34	0.62	1.34	1.62
INFIERNILLO	16750	100 Años	865.00	113.80	114.54	114.29	114.79	0.005423	1.50	399.07	358.76	0.62	1.94	2.17
INFIERNILLO	16500	100 Años	865.00	111.00	113.27	112.99	113.57	0.004424	2.96	419.72	432.63	0.68	2.27	2.06
INFIERNILLO	16250	100 Años	865.00	109.00	112.05	111.90	112.37	0.005223	2.65	381.05	352.50	0.72	2.45	2.27
INFIERNILLO	16000	100 Años	865.00	107.80	109.94	109.94	110.47	0.010510	3.18	281.72	290.52	0.95	2.14	3.07
INFIERNILLO	15750	100 Años	865.00	106.21	109.06	108.51	109.22	0.002164	1.91	512.98	357.88	0.46	2.85	1.69
INFIERNILLO	15500	100 Años	865.00	104.27	107.78	107.78	108.29	0.005510	4.00	331.95	274.59	0.79	3.51	2.61
INFIERNILLO	15250	100 Años	865.00	104.00	106.68	106.42	107.08	0.003817	3.17	346.74	224.58	0.65	2.68	2.49
INFIERNILLO	15000	100 Años	865.00	101.80	105.32	105.32	105.90	0.005749	3.76	297.37	227.90	0.79	3.52	2.91
INFIERNILLO	14750	100 Años	865.00	101.55	104.08	103.91	104.50	0.005071	3.36	329.30	231.72	0.74	3.01	2.63
INFIERNILLO	14500	100 Años	865.00	100.30	102.50	102.45	102.98	0.007349	3.40	308.08	263.38	0.85	2.30	2.81
INFIERNILLO	14250	100 Años	865.00	99.42	101.32	101.01	101.58	0.004047	2.30	404.59	306.58	0.62	2.52	2.14
INFIERNILLO	14000	100 Años	865.00	97.40	99.55	99.55	100.04	0.009996	2.96	298.98	315.14	0.92	2.15	2.89
INFIERNILLO	13750	100 Años	865.00	96.11	98.31	97.91	98.49	0.003561	2.23	471.87	396.08	0.58	2.20	1.83
INFIERNILLO	13500	100 Años	865.00	95.00	96.58	96.57	96.93	0.013060	2.64	333.26	452.08	0.99	1.78	2.60
INFIERNILLO	13250	100 Años	865.00	93.38	94.94	94.59	95.18	0.004375	1.87	410.81	331.82	0.60	5.26	2.11
INFIERNILLO	13000	100 Años	865.00	92.20	93.77		94.01	0.004822	2.39	424.95	427.73	0.66	2.20	2.04
INFIERNILLO	12750	100 Años	865.00	90.00	92.03	92.03	92.44	0.008452	3.51	343.03	377.94	0.90	2.03	2.52
INFIERNILLO	12500	100 Años	865.00	89.40	90.80	90.40	90.94	0.003480	1.94	527.98	496.04	0.56	2.00	1.64
INFIERNILLO	12250	100 Años	865.00	87.65	89.41	89.33	89.76	0.006740	3.35	365.89	356.44	0.82	1.76	2.36
INFIERNILLO	12000	100 Años	865.00	85.53	88.57	88.20	88.73	0.002550	2.20	523.78	419.42	0.51	3.04	1.65
INFIERNILLO	11750	100 Años	865.00	85.08	86.74	86.74	87.42	0.013862	4.22	246.93	236.98	1.14	1.68	3.50
INFIERNILLO	11500	100 Años	865.00	83.83	85.66	85.19	85.78	0.002445	1.80	575.37	480.41	0.48	2.06	1.50
INFIERNILLO	11250	100 Años	865.00	82.40	84.60	84.19	84.90	0.005280	2.57	360.30	266.95	0.70	2.60	2.40
INFIERNILLO	11000	100 Años	865.00	81.88	83.21	82.90	83.52	0.005840	2.50	357.41	282.07	0.72	2.15	2.42
INFIERNILLO	10750	100 Años	865.00	79.38	81.03	80.97	81.59	0.010156	2.96	263.46	202.00	0.93	1.89	3.28
INFIERNILLO	10500	100 Años	865.00	78.80	79.44		79.90	0.004702	3.10	290.90	147.45	0.70	2.84	2.97
INFIERNILLO	10250	100 Años	865.00	75.60	78.30		78.71	0.004672	2.86	302.14	158.08	0.69	2.70	2.66
INFIERNILLO	10000	100 Años	865.00	73.46	77.38		77.77	0.003028	2.94	326.64	145.78	0.59	3.98	2.65
INFIERNILLO	9750	100 Años	865.00	72.20	75.92	75.92	76.68	0.006248	4.16	252.05	178.06	0.84	3.72	3.43
INFIERNILLO	9500	100 Años	865.00	72.04	74.77	74.58	75.06	0.004252	2.95	401.30	339.80	0.67	2.73	2.16
INFIERNILLO	9245.652	100 Años	865.00	70.80	72.75	72.62	73.28	0.012836	4.40	315.94	416.70	1.12	2.35	2.74
INFIERNILLO	9000	100 Años	865.00	70.20	71.50		71.66	0.003688	1.99	491.33	436.89	0.57	2.09	1.76
INFIERNILLO	8750	100 Años	865.00	68.57	70.69	70.40	70.83	0.003127	1.94	526.79	462.05	0.53	2.69	1.64
INFIERNILLO	8500	100 Años	865.00	68.20	69.50	69.28	69.69	0.006222	2.33	462.90	560.56	0.73	2.50	1.87

Reach	River Sta	Profile	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	Max Chl Dpth (m)	Vel Total (m/s)
INFIERNILLO	8250	100 Años	885.00	66.76	68.47		68.62	0.003242	1.82	547.34	596.69	0.53	2.27	1.58
INFIERNILLO	8000	100 Años	885.00	64.60	67.19	66.97	67.48	0.006723	2.80	373.35	321.22	0.73	2.59	2.32
INFIERNILLO	7750	100 Años	885.00	64.17	66.98		66.23	0.004621	2.88	411.73	361.85	0.67	1.81	2.10
INFIERNILLO	7500	100 Años	885.00	63.20	64.99		65.20	0.003468	2.20	436.01	319.88	0.57	2.79	1.98
INFIERNILLO	7250	100 Años	885.00	61.60	63.86	63.60	64.13	0.005371	2.36	377.07	297.79	0.69	2.46	2.29
INFIERNILLO	7002.658	100 Años	885.00	60.00	62.55	62.38	62.84	0.004949	2.91	396.77	351.42	0.70	2.55	2.18
INFIERNILLO	6750.388	100 Años	885.00	59.60	62.08	61.00	62.20	0.001355	1.90	594.24	359.36	0.39	2.88	1.46
INFIERNILLO	6500	100 Años	885.00	58.93	61.06	60.88	61.53	0.006350	3.46	297.08	200.00	0.81	2.26	2.91
INFIERNILLO	6250	100 Años	885.00	56.31	58.88	58.88	59.57	0.009338	4.11	252.04	188.56	0.97	2.73	3.43
INFIERNILLO	6000	100 Años	885.00	54.77	57.56	57.04	57.87	0.003240	2.90	368.98	200.00	0.60	2.96	2.34
INFIERNILLO	5750	100 Años	885.00	53.80	55.97	55.97	56.58	0.008623	4.23	270.00	200.00	0.95	2.17	3.20
INFIERNILLO	5500	100 Años	885.00	52.20	55.46	54.45	55.66	0.001585	2.20	456.36	200.00	0.43	3.26	1.90
INFIERNILLO	5250	100 Años	885.00	51.80	54.68		55.06	0.003698	3.08	321.26	156.78	0.64	2.88	2.69
INFIERNILLO	4998.074	100 Años	885.00	51.40	53.84	53.60	54.06	0.003781	2.43	418.24	302.31	0.61	2.44	2.07
INFIERNILLO	4750	100 Años	885.00	50.55	52.50	52.35	52.84	0.006588	3.05	354.30	322.84	0.79	1.95	2.44
INFIERNILLO	4500	100 Años	885.00	49.60	51.43	51.00	51.62	0.003463	2.13	463.14	375.70	0.57	2.63	1.87
INFIERNILLO	4250	100 Años	885.00	48.30	49.72	49.72	50.14	0.011581	3.38	315.51	358.51	1.00	1.52	2.74
INFIERNILLO	4000	100 Años	885.00	47.20	48.49	47.99	48.63	0.002856	1.51	510.82	398.27	0.49	2.30	1.69
INFIERNILLO	3750	100 Años	885.00	44.60	47.96	47.31	48.09	0.001548	2.16	579.42	368.54	0.42	3.36	1.49
INFIERNILLO	3500	100 Años	885.00	43.55	47.13	46.93	47.51	0.003886	3.38	374.17	268.88	0.65	3.58	2.31
INFIERNILLO	3250	100 Años	885.00	43.40	45.85	45.60	46.33	0.006132	3.62	318.36	271.19	0.80	2.45	2.72
INFIERNILLO	3000	100 Años	885.00	42.20	44.61	44.46	44.94	0.004609	3.25	382.00	313.58	0.70	2.41	2.26
INFIERNILLO	2750	100 Años	885.00	41.20	43.61	43.38	43.87	0.003785	3.04	427.98	343.67	0.64	2.41	2.02
INFIERNILLO	2500	100 Años	885.00	40.60	42.89	42.60	43.07	0.002458	2.26	486.40	328.55	0.51	2.29	1.78
INFIERNILLO	2250	100 Años	885.00	39.40	41.64	41.46	42.09	0.006676	3.45	301.37	212.08	0.82	2.64	2.87
INFIERNILLO	2000	100 Años	885.00	38.40	41.60	40.30	41.67	0.000502	1.30	770.38	296.92	0.24	3.77	1.12
INFIERNILLO	1750	100 Años	885.00	37.02	41.60		41.61	0.000082	0.68	1460.84	371.66	0.10	5.30	0.59
INFIERNILLO	1500	100 Años	885.00	35.80	41.59		41.60	0.000033	0.51	1951.53	393.10	0.07	6.39	0.44
INFIERNILLO	1250	100 Años	885.00	34.22	41.58		41.59	0.000036	0.58	1678.77	280.31	0.07	7.36	0.52
INFIERNILLO	1000	100 Años	885.00	33.40	41.57		41.58	0.000028	0.59	1644.07	218.30	0.07	8.37	0.53
INFIERNILLO	750.0001	100 Años	885.00	32.07	41.57	34.60	41.58	0.000011	0.42	2388.97	285.49	0.04	9.50	0.36
INFIERNILLO	500	100 Años	885.00	31.40	41.56		41.57	0.000012	0.45	2143.62	228.00	0.05	10.16	0.40
INFIERNILLO	250	100 Años	885.00	30.20	41.56		41.57	0.000017	0.58	1741.90	167.96	0.06	11.36	0.50
INFIERNILLO	0	100 Años	885.00	29.20	39.79	36.44	41.39	0.005100	9.84	164.70	16.52	0.97	10.59	5.25

IV. CONCLUSIONES

- El río Jequetepeque presenta un suelo gravoso, con un diámetro medio aproximado de 4.5 mm ($D_{50}=4.5\text{mm}$) y fuerte transporte de acarreo, por lo cual el coeficiente de Mannig es de 0.035 ($n=0.035$) y desde el punto de vista Morfológico, el río Jequetepeque, aguas abajo, se clasificaría como un río maduro, puesto que su pendiente es relativamente baja con un 0.51%.
- Los caudales máximos de diseño del río Jequetepeque aguas arriba de la Represa Gallito Ciego, varían entre 841.09 m^3/s a 1,451.00 m^3/s para periodos de retorno de 10 a 100 años, a diferencia de los caudales de diseño aguas abajo, de la Represa Gallito Ciego, que varían de 296.87 m^3/s , a 865.13 m^3/s , para los mismos periodos de retorno, dichas variaciones se dan por la presencia de la Represa mencionada, el cual lamina el flujo, y así es posible controlar los caudales aguas abajo, pero en caso de avenidas extraordinarias, se debe tener en cuenta que dicha represa almacenará mayores volúmenes de agua, los mismos que deberán ser expulsados, aumentando los caudales aguas abajo, mayores a 1,200.00 m^3/s , con los que está diseñado el actual vertedero.
- Los anchos estables del río y tramo en estudio, varían entre 80m a 130m, tirantes de 1.45 a 2.06 metros, profundidad de socavación entre 0.66m a 1.20m, y con velocidad media de flujo de 2.54 m/s y 3.22 m/s, para periodos de retorno de 10 a 100 años, respectivamente, siendo un río con inestabilidad dinámica, ya que la erosión de las márgenes son muy intensas, capaz de transportar la carga de sedimentos en todo el recorrido.
- Los resultados obtenidos en el modelamiento y simulación del cauce del río Jequetepeque aguas abajo de la represa Gallito

Ciego, nos muestra que para un periodo de retorno de 10 años, podría existir inundación en las progresivas 2+000, 6+500; para un periodo de retorno de 25 años, podría existir inundación en las progresivas 2+000, 6+500, 13+000; para un periodo de retorno de 50 años, podría existir inundación en las progresivas 3+000, 7+500, 18+000; y para un periodo de retorno de 100 años, podría existir inundación en las progresivas 18+257.31 hasta 17+500, también en la progresiva 15+500 hasta la 14+500.0, de igual manera en la 13+500 hasta 12+000 y finalmente desde la progresiva 8+750 hasta progresiva 0.

V. RECOMENDACIONES

- En caso de avenidas extraordinarias, como las que se tienen previstas para este fenómeno del niño 2015-2016, y para evitar sobre almacenamiento de volúmenes en la represa Gallito Ciego, se recomienda descargar constantemente dicha represa, mediante las 2 válvulas de 70m³/s, con las que cuenta la represa Gallito Ciego, para evitar futuros desbordes, inundaciones y pérdidas económicas y peor aún, pérdidas humanas.
- De igual manera se recomienda realizar futuros estudios de simulación de hidráulica fluvial y modelamientos en 3D, para el caso de rompimientos de represas, tales como el software IBER, entre otros; y estudios de diseños de obras ingenieriles, capaces de proteger los sectores indicados por el modelamiento y simulación en 3d, en el presente trabajo de investigación, como defensas rivereñas a base de enrocados, gaviones, etc.
- Finalmente se recomienda que las autoridades del Colegio de Ingenieros del Perú, sede La Libertad, cree un comité de Prevención ante Desastres y Riesgos Naturales, y que la Universidad Privada Antenor Orrego, forme parte importante de este comité, conjuntamente con el Proyecto Especial Jequetepeque Zaña (PEJEZA).

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Chow, V. T. (1994). *Hidraulica de Canales Abiertos*. California: Mc Graw-Hill Interamericanas S.A.
- Chow, V. T. (1994). *Hidrologia Aplicada*. Bogota Colombia: Mc Graw-Hill Interamericana, S.A.
- Duque Escobar, G., & Escobar Potes, C. (2002). *Mecanica de Suelos*. Universidad Nacional de Colombia Sede Menizales.
- Lopez Cualla, R. A. (1998). *Diseño de Acueductos y Alcantarillados*. Colombia: Alfaomega.
- Mataix, C. (1998). *Mecanica de Fluidos y Maquinas Hidráulicas*. Mexico: Harla.
- Mendoza Dueñas, J. (2010). *TOPOGRAFIA Tecnicas Modernas*. LIMA-PERU.
- Rocha Felices, A. (Noviembre 1998). *Introduccion a la Hidraulica Fluvial*. Lima-Perú: Universidad Nacional de Ingenieria.
- Saldarriaga, J. (2007). *Hidráulica de Tuberías, Abastecimiento de Agua, Redes, Riegos*. Bogota- Colombia: Alfaomega.
- Secretaria de Agricultura, G. D. (2014). *Hidrologia Aplicada a las Pequeñas Obras Hidráulicas*. Mexico: Colegio de Postgrados.
- UNESCO, P. H. (2010). *Procesos de Erosión-Sedimentación en causas de cuencas volumen 1*. Talca-Chile: Facultad de Ciencias Forestales- Universidad de Talca.
- Ven. (s.f.).
- Ven. (s.f.).
- Villon Bejar, M. (2003). *Diseño de Estructuras Hidráulicas*. Costa Rica: Editorial Villon.

VII. ANEXOS