

ANEJO Nº7
CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA

ANEJO
CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA

ÍNDICE:

1.- INTRODUCCIÓN	2	3.2.- APLICACIÓN DEL MODELO AL TRAMO DE ESTUDIO	13
2.- CLIMATOLOGÍA	2	3.2.1.- Introducción	13
2.1.- PRECIPITACIONES	2	3.2.2.- Datos geométricos	13
2.2.- TEMPERATURA.....	3	3.2.3.- Otros datos requeridos	13
2.3.- VIENTO	3	3.2.4.- Caudales de cálculo	13
2.4.- ÍNDICES BIOCLIMÁTICOS	3	3.3.- RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN	13
2.4.1.- Índice de pluviosidad de Lang.....	3	3.3.1.- Estado actual	14
2.4.2.- Índice de pluviosidad de Martone	4	3.3.2.- Salidas gráficas del programa de simulación HEC-RAS	29
2.4.3.- Índice de Datín – Revenga.....	4	3.4.- ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	31
2.4.4.- Índice de termicidad de Rivas Martínez	4		
2.4.5.- Índice de Vernet (1966).....	5		
2.4.6.- Climodiagrama de Walter-Lieth	5		
2.4.7.- Balance hídrico de Thornwaite.....	6		
2.5.- HIDROLOGÍA	7		
2.5.1.- Características de la cuenca	7		
2.5.2.- Estimación de caudales	7		
3.- APÉNDICE 1: SIMULACIÓN HIDRÁULICA.....	10		
3.1.- METODOLOGÍA. DESCRIPCIÓN GENERAL	10		
3.1.1.- Bases teóricas del modelo	10		
3.1.2.- Datos requeridos por el modelo	11		
3.1.3.- Opciones de cálculo.....	12		
3.1.4.- Puentes	12		
3.1.5.- Limitaciones del programa	12		

ANEJO
CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA

1.- INTRODUCCIÓN

Como introducción y antes de realizar un análisis más detallado de las principales variables climatológicas que permiten caracterizar el ámbito de la actuación, se presenta a modo de resumen y como elemento de referencia rápida en caso de consulta, los datos climatológicos más significativos obtenidos de la estación de consulta que se corresponde con 9434 - ZARAGOZA (AEROPUERTO):

- Altitud: 247 metros s/M.
- Coordenadas: Latitud: 41° 39´ 44" Longitud: 2° 40´ 45"
- Precipitación media anual: 319,6 mm.
- Temperatura media anual: 15 °C
- Duración media de la insolación: 2.636 horas/año
- Media de días de precipitación al año ≥ 1 mm.: 48,7
- Media anual de la humedad relativa: 63%
- Temperatura media de las máximas anuales: 38,7°C
- Temperatura media de las mínimas anuales: -5,5°C
- Temperatura máxima absoluta: 42,6°C (julio 1978)
- Temperatura mínima absoluta: -11,4°C (febrero 1963)
- Media de las rachas de viento máximas: 109,3 Km/hora
- Frecuencia de días de viento anuales: 86%
- Frecuencia de días de calma anuales: 14%
- Precipitación máxima en 24 horas: 67,3 mm (noviembre 1968)

2.- CLIMATOLOGÍA

En este apartado se obtienen y analizan en caso oportuno las principales variables climatológicas que afectan a la zona de actuación, tomando como partida los datos procedentes de la estación meteorológica ya referida.

La serie de datos empleada abarca desde 1971 hasta el año 2002, por lo que se considera suficientemente extensa para el objeto del presente estudio. Referir que la

estación se sitúa a una cota de 247 m, por lo que no se estima necesario realizar una corrección altitudinal para adaptar estos valores a los del ámbito del proyecto, puesto que las diferencias no resultarán significativas.

Para el proceso de las variables meteorológicas, se ha empleado el programa PROCLI V1.0 ¹.

2.1.- PRECIPITACIONES

El ámbito de actuación se encuentra en una zona con escasas precipitaciones, con una media anual de 320 mm y unas precipitaciones medias mensuales de 26,6 mm.

La distribución media mensual de las precipitaciones es la siguiente:

	Meses												Total
Prep.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
(mm)	22,9	19,2	20,6	33,5	44,4	30,6	18,2	18,4	29,6	30,1	29,3	22,8	319,6

Tabla 1: Precipitaciones registradas en la zona de estudio

La época más lluviosa se corresponde con la primavera, con un máximo anual en el mes de mayo de 44,4 mm. Durante el otoño y el invierno las precipitaciones se distribuyen de modo similar, si bien señalar que febrero presenta el tercer registro más bajo. Los mínimos anuales se presentan durante los meses de julio y agosto, con valores de 18,2 mm y 18,4 mm respectivamente.

Como información complementaria, se ha estimado la precipitación máxima en 24 horas, para distintos periodos de retorno a partir del mapa editado por la Dirección General de Carreteras del MOPU. Los datos obtenidos han sido los siguientes:

	Periodo de retorno (años)				
	10	25	50	100	500
Precipitación (mm)	63	78	90	102	133

Tabla 2: Precipitaciones máximas para cada periodo de retorno

¹ Programa elaborado por D. J. Lago Macías e I. Rapp Arrarás, del Departamento de Ciencias Agroforestales, Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Huelva.

2.2.- TEMPERATURA

El régimen de temperaturas se caracteriza por un valor medio anual de 15,0 °C y la siguiente distribución de temperaturas medias mensuales:

	Meses											
Temp.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
(°C)	6,5	8,5	11,1	13,1	17,2	21,4	24,5	24,4	20,7	15,6	10,1	7,0

Tabla 3: Régimen de temperaturas

Los meses más fríos son enero, con una media de seis grados centígrados y medio, y diciembre, con una temperatura media de siete grados centígrados. Los meses más cálidos resultan ser julio y agosto, con una temperatura del orden de veinticuatro grados centígrados y medio en ambos casos. Se comprueba una oscilación de dieciocho grados centígrados entre ambos extremos. La media de estas temperaturas es de 15,0 C.

A continuación se incluyen una serie de tablas en las que se recogen otra serie de datos que resultan de interés con valores de temperaturas máximas y mínimas (medias y absolutas).

	Meses											
Temp. medias	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
mínimas mensuales(°C)	2,5	3,6	5,4	7,5	11,2	14,9	17,6	17,9	14,7	10,3	5,8	3,4

Tabla 4: Régimen de temperaturas medias mínimas mensuales

	Meses											
Temperatura	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
mínima mensual(°C)	-10,4	-7,6	-5,8	-0,8	1,7	5,2	10,5	10,0	4,8	0,6	-5,6	-9,5

Tabla 5: Régimen de temperaturas mínimas mensuales

	Meses											
Temp. medias	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
máximas mensuales(°C)	10,4	13,4	16,7	18,8	23,3	27,9	31,5	31,0	26,7	20,8	14,4	10,7

Tabla 6: Régimen de temperaturas medias máximas mensuales

	Meses											
Temperatura	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
máxima mensual(°C)	19,8	22,5	28,0	30,6	36,5	40,5	42,6	41,2	38,0	30,7	28,4	21,8

Tabla 7: Régimen de temperaturas máximas mensuales

2.3.- VIENTO

Existe un viento local predominante en la zona, el cierzo proveniente del noroeste que supone un condicionante importante para la estabilidad del arbolado y las condiciones de humedad en el emplazamiento, al actuar como fuerte agente desecante.

2.4.- ÍNDICES BIOCLIMÁTICOS

Se incluyen a continuación una serie de factores bioclimáticos que ayudan a caracterizar la climatología del ámbito del proyecto.

2.4.1.- Índice de pluviosidad de Lang

Caracteriza una serie de regiones bioclimáticas en función de la pluviometría de la zona y la temperatura media del lugar, atendiendo a la expresión y clasificación siguientes.

I = Índice de pluviosidad de Lang

P = precipitación anual (mm)

T = temperatura media anual (°C)

Índice de Lang	Tipo de Zona
0-20	Desértica
20-40	Árida
40-60	Húmeda de estepa y sabana
60-100	Húmeda de bosques claros
100-160	Húmeda de bosques densos
>160	Súper húmeda

$I = P/T; I = 319,6/15,0 = 21,3$

Se trata entonces de una zona definida como árida.

2.4.2.- Índice de pluviosidad de Martone

Como en el caso anterior, la expresión que define este índice combina los factores temperatura y pluviometría, del modo que se señala a continuación.

$Im = P/(T+10)$

I = Índice de Martone

P = Precipitación anual (mm)

T = Temperatura media anual (°C)

Índice de Martone	Tipo de zona
$0 \leq Im < 5$	Desierto. Árido extremo
$5 \leq Im < 15$	Semidesierto. Árido
$15 \leq Im < 20$	Países secos mediterráneos. Semiárido
$20 \leq Im < 30$	Subhúmedos
$30 \leq Im < 60$	Húmedos
$Im \geq 60$	Perhúmedo

$Im = (319,6)/(15,0+10) = 12,8$

Atendiendo a esta clasificación, el clima del entorno del ámbito del Proyecto se incluye en la categoría de semidesértico – árido.

2.4.3.- Índice de Datín – Revenga

La expresión para este índice y su clasificación es la que sigue:

$Idr = 100T/P$

Idr = Índice de Datín –Revenga

P = Precipitación anual

T = Temperatura media anual

Idr	Tipo de zona
0-2	Húmeda
2-3	Semiárida
3-6	Árida
>6	Subdesértica

$Idr = (100 \times 15,0)/319,6 = 4,7$

El valor obtenido resulta coherente con los anteriores, clasificando el ámbito del Proyecto como zona árida.

2.4.4.- Índice de termicidad de Rivas Martínez

Se utiliza para caracterizar una zona en una serie de pisos bioclimáticos, según los siguientes criterios:

$It = (T+m+M) \times 10$

It = índice de termicidad

m = temperatura media de las mínimas del mes mas frío (°C)

M = temperatura media de las máximas del mes mas frío (°C)

It	Tipo de piso
<-30	Criomediterráneo
-30/60	Oromediterráneo
60/210	Supramediterráneo
210/350	Mesomediterráneo
350/470	Termomediterráneo
>470	Inframediterráneo

$It = (15,0+2,5+10,4) \times 10 = 279$

El área de actuación queda ubicada, según este índice, en el piso Mesomediterráneo.

2.4.5.- Índice de Vernet (1966)

Este índice pretende diferenciar el régimen hídrico a que se ven sometidas las comunidades vegetales en las distintas comarcas europeas. La expresión que permite obtener el índice de Vernet es la siguiente:

$$I = \pm 100 \times \frac{H - h}{PA} \times \frac{M_v}{P_v}; \text{ donde}$$

I : índice de Vernet

H : precipitación de la estación más lluviosa (mm)

h : precipitación de la estación más seca (mm)

PA : precipitación anual (mm)

P_v : precipitación estival - junio, julio y agosto - (mm)

M_v : media de las máximas estivales (mm)

El valor del índice se afecta del signo – cuando el verano es el primero o el segundo de los mínimos pluviométricos, y con el signo + en el caso contrario.

El valor del índice de Vernet para esta estación resulta ser igual a –4,71, con lo que el clima se clasifica de Mediterráneo.

2.4.6.- Climodiagrama de Walter-Lieth

En el año 1952, *H. Gaussen* propuso que un mes podía considerarse seco cuando la precipitación, expresada en mm, es inferior al doble de la temperatura expresada en °C. Basado en este criterio propugnó, para la definición del clima de una estación, la elaboración de un diagrama ombrotérmico en el que se representan en el eje de abscisas los tiempos medios medidos en meses y, en el de ordenadas, tanto las precipitaciones mensuales como las temperaturas medias, empleando para éstas una escala doble que para las primeras.

Posteriormente, *H. Walker* y *H. Lieth* se acogieron a este mismo criterio para estudiar el clima de una zona y propugnaron la construcción de un diagrama en el que además, se adjuntan una serie de datos complementarios (*GANDULLO, J.M., 1994*²).

² GANDULLO, GUTIERREZ, J.M., *Climatología y ciencia del suelo*, Ed. Fundación Conde Valle del Salazar, Madrid, 1994.

La parte del área húmeda, en que las precipitaciones son superiores a 100 mm, se representa azulada. A partir de esta cifra, la escala de precipitaciones se reduce en la proporción 1/10.

El climodiagrama que resulta para esta estación es el siguiente:

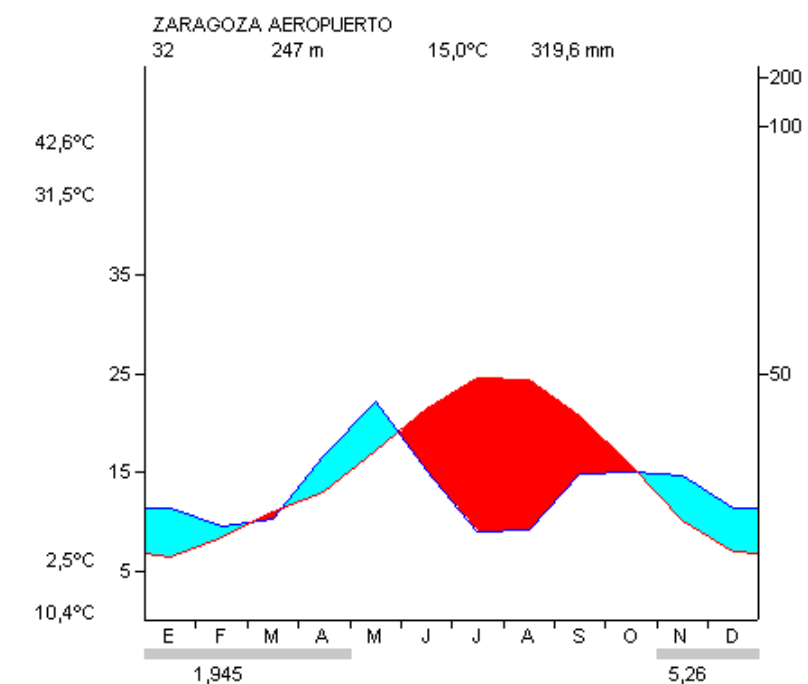


Figura 1: Climodiagrama Walter - Lieth

De este climodiagrama se pueden deducir los siguientes indicadores:

- Intervalo de sequía (parte inferior derecha de la figura): longitud expresada en meses, del intervalo del eje de abscisas en el que la línea de precipitaciones se sitúa por debajo de la de temperaturas. Para el caso que nos ocupa, el intervalo de sequía es de principios de junio hasta principios de noviembre, con un período de menor duración a mediados de marzo (5,26 meses).
- Intensidad de la sequedad (parte inferior izquierda de la figura): cociente que resulta de dividir el área seca entre el área húmeda. La intensidad de la sequedad es de 1,945.
- Intervalo de helada segura: número de meses en los que la media de las mínimas es inferior a 0°C. Resulta ser cero.
- Intervalo de helada probable (en gris): número de meses en los que la media de las mínimas es superior a 0°C, pero la mínima absoluta se mantiene inferior a 0°C. Como puede verse en la figura, la zona estudiada

presenta 6 meses en los que es probable la aparición de heladas, durante el período comprendido de noviembre hasta abril, ambos incluidos.

2.4.7.- Balance hídrico de Thornwaite

Conocidas las evapotranspiraciones potenciales mensuales, es posible comparar éstas con las precipitaciones mensuales a través de una ficha hídrica. Se trata de un método de clasificación del clima que tiene en cuenta, además de la precipitación y la temperatura, la evapotranspiración potencial (ETP) anual y estival.

A continuación se recogen dos figuras gráficas en la que se representa la ficha hídrica correspondiente a la estación meteorológica de ZARAGOZA AEROPUERTO. Se han considerado dos capacidades de campo de 100 y 200 mm respectivamente, sin que se aprecien diferencias significativas dado que existe un fuerte déficit de humedad de manera que nunca llegan a producirse superávit de agua en el terreno.

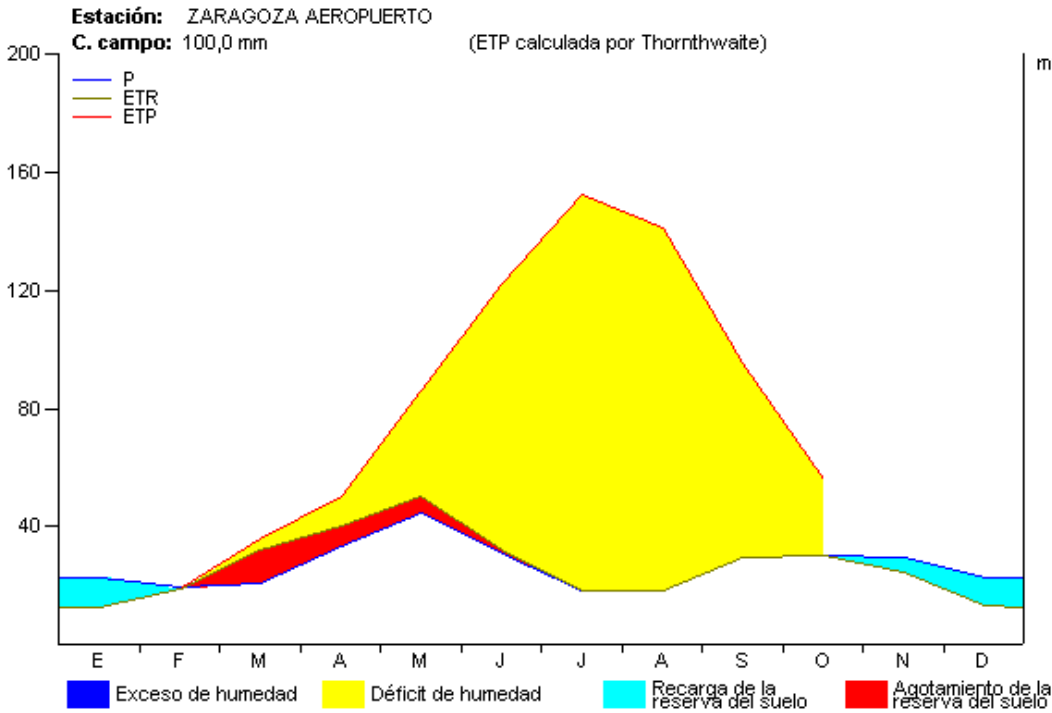


Figura 2: Ficha hídrica considerando una capacidad de campo de 100 mm

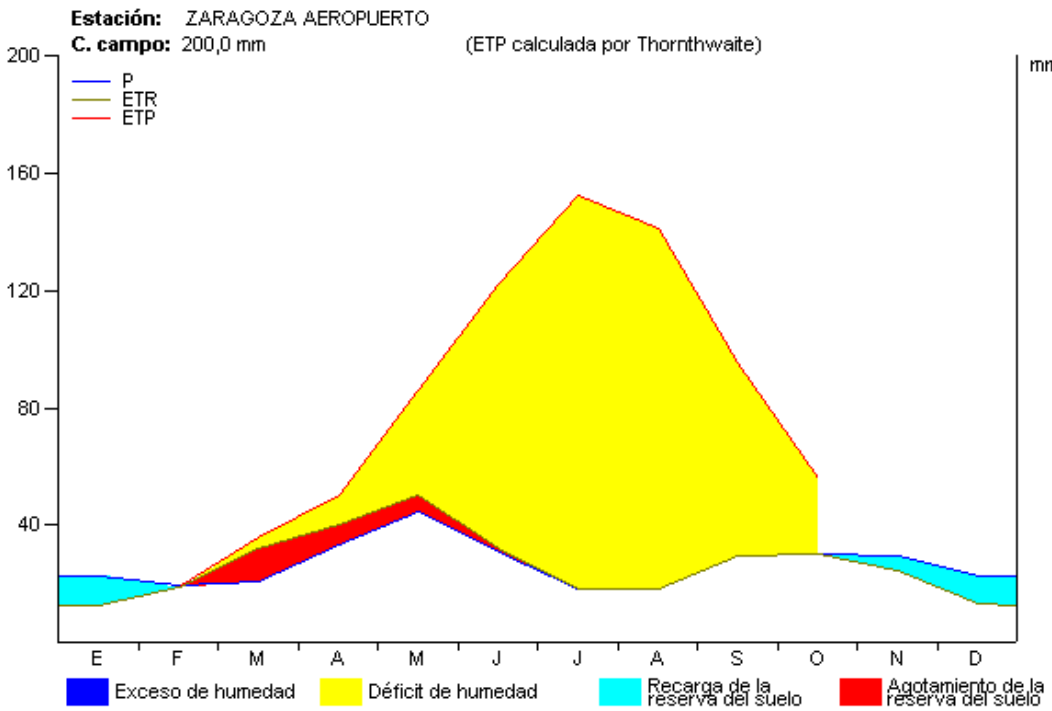


Figura 3: Ficha hídrica considerando una capacidad de campo de 200 mm

Como comparación de los resultados anteriores se presenta el siguiente balance hídrico que se recoge en las *Directrices Parciales de Ordenación Territorial del Río Huerva y Programa de Recuperación y Defensa de Riberas*, en los *Términos Municipales de Zaragoza, Cuarte de Huerva, Cadrete y María de Huerva*.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
TEMPERATURA MEDIA (°C)	6,5	8,5	11,1	13,1	17,2	21,4	24,5	24,4	20,7	15,6	10,1	7,0	15,0
PRECIPITAC. MEDIA (mm)	22,9	19,2	20,6	33,5	44,4	30,6	18,2	18,4	29,6	30,1	29,3	22,8	319,6
EVAPOTR. POTENCIAL (mm)	11,0	17,0	36,0	54,0	87,0	121,0	146,0	132,0	93,0	53,0	25,0	13,0	788,0
VARIACION RESERVA SUELO (mm)	11,9	2,2	-15,4	-20,5	0	0	0	0	0	0	4,3	9,8	
RESERVA (mm)	26,0	28,2	12,8	0	0	0	0	0	0	0	4,3	14,1	
EVAPOTR. REAL (mm)	11,0	17,0	36,0	54,0	38,6	31,4	15,3	16,6	26,3	29,8	25,0	13,0	314,0

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
DEFICIT DE AGUA (mm)	0	0	0	20,5	42,6	90,4	127,8	113,6	63,4	22,9	0	0	481,2
EXCESO DE AGUA (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DESAGÜE (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 8: Balance hídrico según Directrices río Huerva

2.5.- **HIDROLOGÍA**

Este análisis se realiza tomando como punto de partida la información disponible en las *Directrices Parciales de Ordenación Territorial del Río Huerva y Programa de Recuperación y Defensa de Riberas, en los Términos Municipales de Zaragoza, Cuarte de Huerva, Cadrete y María de Huerva*. Señalar que éstas directrices no alcanzan hasta el ámbito del presente proyecto, abarcando aproximadamente hasta el entorno de la urbanización de la Fuente de la Junquera, aguas arriba de la zona de actuación. No obstante, puesto que la distancia es relativamente pequeña, se opta por incluir en este anejo parte la información que se incluye en esas directrices.

2.5.1.- **Características de la cuenca**

El río Huerva se caracteriza por presentar una cuenca estrecha y alargada de 1.062 km² de extensión. Circula de sur a norte desde los montes de la Sierra de Cucalón, atravesando los municipios de Lagueruela, Ferreruela de Huerva, Villa Hermosa del Campo, Badules, Villareal de Huerva, Cerveruela, Vistabella, Tosos, Villanueva de Huerva, Mezalocha, Mozota, Botorrita, María de Huerva, Cadrete, Cuarte de Huerva y Zaragoza. Atraviesa por tanto el límite provincial de Zaragoza con Teruel.

La red hidrológica consiste en un curso principal que sigue un recorrido sur-norte como se ha indicado, de unos 104 Km, y que desemboca en el río Ebro por su margen derecha ya en la ciudad de Zaragoza, sin presentar afluentes de importancia.

En general se trata de una red con fuertes pendientes en su parte alta y suaves en la baja, lo que hace que en conjunto, el curso principal presente una pendiente media entre el 1 y el 2%. Los afluentes principales tienen pendientes del 6,5%.

El recurso hídrico generado en la cuenca en régimen no afectado según el PHE es 1,5 m³/s (46,8 Hm³/año). La demanda a servir en toda la cuenca es 24,8 Hm³/año que se

destina a abastecimiento de 5.621 habitantes (0,5 Hm³/año), riego de 2.832 ha (23,72 Hm³/año) y 0,53 Hm³/año para demanda industrial.

Como se desprende de los datos anteriores, los principales usos de agua son de origen agrícola. Las principales infraestructuras de transporte son las acequias de Miralbueno, Cadrete, Alta de Botorrita ,etc. Existe además algún campo de pozos en el tramo medio y bajo del Huerva.

La cuenca está regulada por los embalses de Las Torcas y Mezalocha. El primero, construido en 1946 tiene un volumen total de 9 Hm³ y un volumen útil de 7 Hm³, una superficie de embalse de 77 ha y una capacidad de aliviadero de 240 m³/s. El segundo, construido en 1906, presenta un volumen total de 4 Hm³, superficie de embalse de 180 ha y capacidad de aliviadero de 400 m³/s.

Entre otros usos de agua destaca el caudal mínimo del embalse de Las Torcas, establecido en 50 l/s. No existen aprovechamientos hidroeléctricos. En las proximidades de Zaragoza el río sufre un importante aporte de agua por parte del Canal Imperial de Aragón.

2.5.2.- **Estimación de caudales**

Para la estimación de los caudales, se recoge a continuación la metodología seguida en las referidas *Directrices*, así como los datos manejados y los resultados obtenidos.

La estimación a partir de datos foronómicos toma como datos de partida los valores aportados por las estaciones de aforo del río Huerva en Cerveruela (E.A. nº 215), río Huerva en Las Torcas (E.A. nº 124), río Huerva en Mezalocha (E.A. nº 105) y río Huerva en Zaragoza (E.A. nº 216).

Aplicando un ajuste GUMBEL a los datos obtenidos de las estaciones de aforos, se obtienen valores de caudal asociados a diferentes periodos de retorno en la situación actual, es decir, con el efecto de laminación que suponen los embalses de la cuenca.

Los resultados obtenidos para la avenida de 100 años de periodo de retorno son los siguientes:

- Río Huerva en Cerveruela: 36,54 m³/s.
- Río Huerva en Las Torcas: 128,98 m³/s.
- Río Huerva en Mezalocha: 105,78 m³/s.
- Río Huerva en Zaragoza: 172,18 m³/s.

Para la avenida de 500 años de periodo de retorno, los resultados son los siguientes:

- Río Huerva en Cerveruela: 46,03 m³/s.
- Río Huerva en Las Torcas: 164,37 m³/s.
- Río Huerva en Mezalocha: 134,61 m³/s.
- Río Huerva en Zaragoza: 219,80 m³/s.

Asimismo se han estudiado las aportaciones considerando el cauce en régimen natural, es decir, sin el efecto que sobre las puntas de caudal tiene los embalses de la cuenca. Los resultados, según las citadas *Directrices*, son los siguientes:

Avenida de 100 años de periodo de retorno en régimen natural:

- Río Huerva en Cerveruela: 46,50 m³/s.
- Río Huerva en Las Torcas: 134,81 m³/s.
- Río Huerva en Mezalocha: 108,35 m³/s.
- Río Huerva en Zaragoza: 182,20 m³/s.

Avenida de 500 años de periodo de retorno:

- Río Huerva en Cerveruela: 56,00 m³/s.
- Río Huerva en Las Torcas: 166,54 m³/s.
- Río Huerva en Mezalocha: 135,14 m³/s.
- Río Huerva en Zaragoza: 219,80 m³/s.

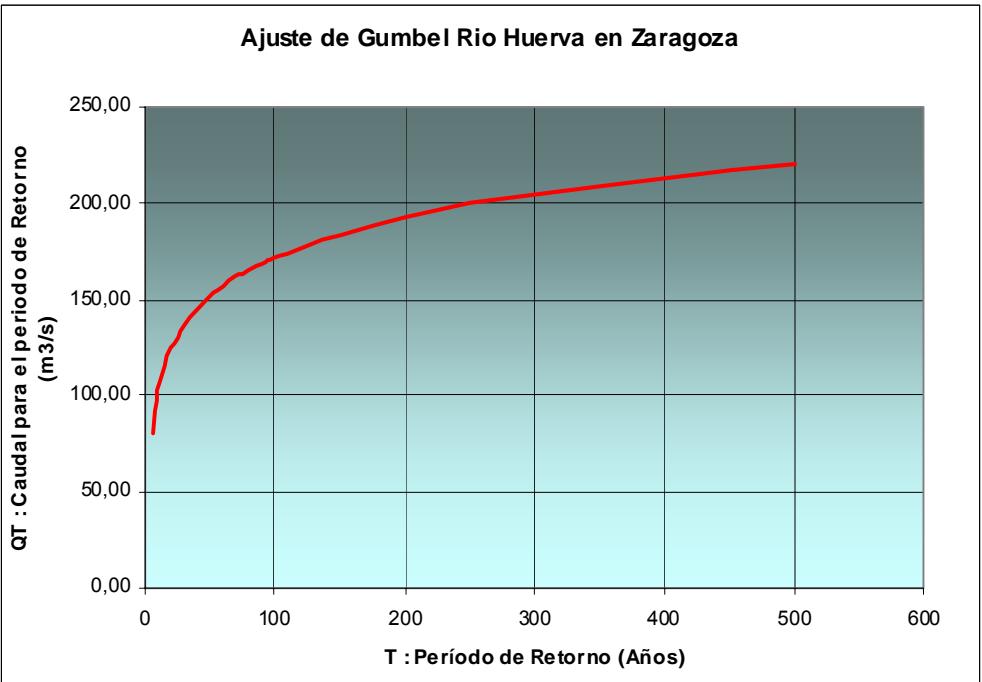


Figura 5: Ajuste estadístico de la estación de aforos del río Huerva

El río Huerva presenta su periodo de aguas altas entre enero y junio con dos máximos, uno invernal en enero y otro primaveral en abril o mayo. Este hidrograma se presenta desde la cabecera del río Huerva hasta aguas abajo del embalse de Mezalocha. El aporte de aguas del Canal Imperial en el tramo final del río supone una alteración del hidrograma mensual así como un caudal medio notablemente mayor que el que se esperaría en condiciones naturales.

La figura siguiente, obtenida del estudio titulado “*Los aprovechamientos en la cuenca del Ebro: afección en el Régimen hidrológico fluvial*” promovido por la oficina de Planificación Hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Ebro, muestra los hidrogramas de las estaciones de aforo del río Huerva en Cerveruela y en Zaragoza.

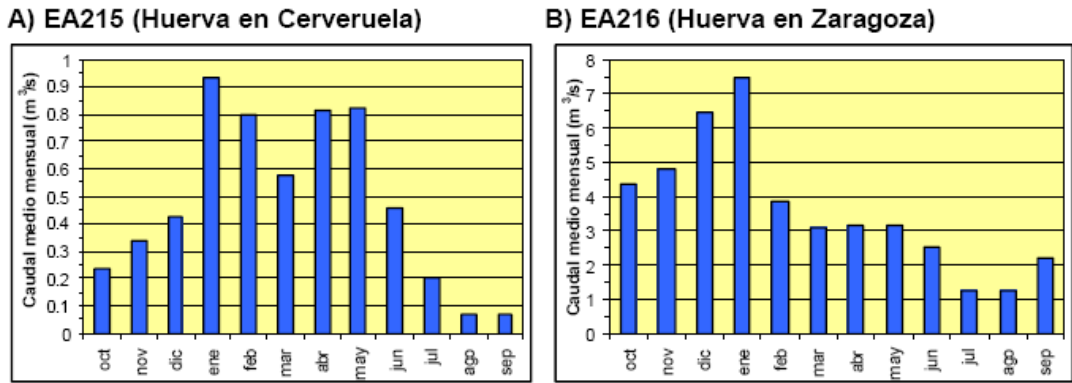


Figura 6: Variaciones mensuales del caudal medio del río Huerva

Como caudales de cálculo de proyecto se adoptarán los valores en régimen natural que se desprenden del tratamiento estadístico de la estación de aforos del río Huerva en Zaragoza, es decir, 182,20 m³/s para la avenida de 100 años de periodo de retorno y 219,80 m³/s para la avenida de 500 años de periodo de retorno.

Señalar que en los 9.485 registros totalizados por la estación de aforos nº 216 del río Huerva entre el 1 de octubre de 1976 y el 30 de septiembre de 2002, el caudal medio circulante por el río Huerva en este tramo ha sido de 3,3 m³/s y de 105 Hm³/año.

Estos caudales se considera que se encuentran del lado de la seguridad, puesto que esta estación de aforos recibe importantes aportes de caudal procedentes de las transferencias del Canal Imperial de Aragón.

Esta circunstancia, así como la fiabilidad y bondad de los datos procedentes de las estaciones de aforos del río Huerva ha sido objeto de análisis en el estudio ya citado *"Los aprovechamientos en la cuenca del Ebro: afección en el Régimen hidrológico fluvial"*.

Además desde la Confederación Hidrográfica del Ebro se recogen las alteraciones que sufren las diferentes estaciones de aforos distribuidas a lo largo de la cuenca. En concreto, para la estación nº 216 del río Huerva en Zaragoza, las alteraciones se califican de muy altas como consecuencia de los vertidos del Canal Imperial de Aragón y de retornos hidroeléctricos. Esta alteración se presenta tanto en valores diarios como en mensuales y se cuantifica por aplicación de la expresión siguiente:

$$R = \frac{Q_{medio}^{natural} - Q_{medio}^{real}}{Q_{medio}} > 0,4$$

Así se cita en el estudio que el régimen hidrológico diario del río Huerva se encuentra afectado desde el embalse de las Torcas hasta Zaragoza. La regulación de los embalses y las detracciones hacia acequias laterales modifican el hidrograma manteniendo caudales muy reducidos y constantes durante el año exceptuando los periodos de desembalse.

En la entrada del río en Zaragoza, el Canal Imperial de Aragón vierte aguas al río con el doble objetivo de eliminar sobrantes del Canal y sanear el cauce. El régimen hidrológico queda de nuevo alterado. El caudal medio en este tramo es mucho mayor que aguas arriba y la modulación mensual es función de la propia explotación del Canal.

Como resumen a los comentarios anteriores se muestra el hidrograma diario del año hidrológico 1995/1996 en las estaciones de aforos del cauce del río Huerva: a) estación 215 (Huerva en Cerveruela); b) estación 124 (Huerva en Las Torcas) afectada por el embalse de las Torcas; c) estación 105 (Huerva en Mezalocha) afectada por el embalse de Mezalocha; y) estación 216 (Huerva en Zaragoza) afectada por el vertido del Canal Imperial de Aragón. Estos hidrogramas provienen también del estudio de afección en el régimen.

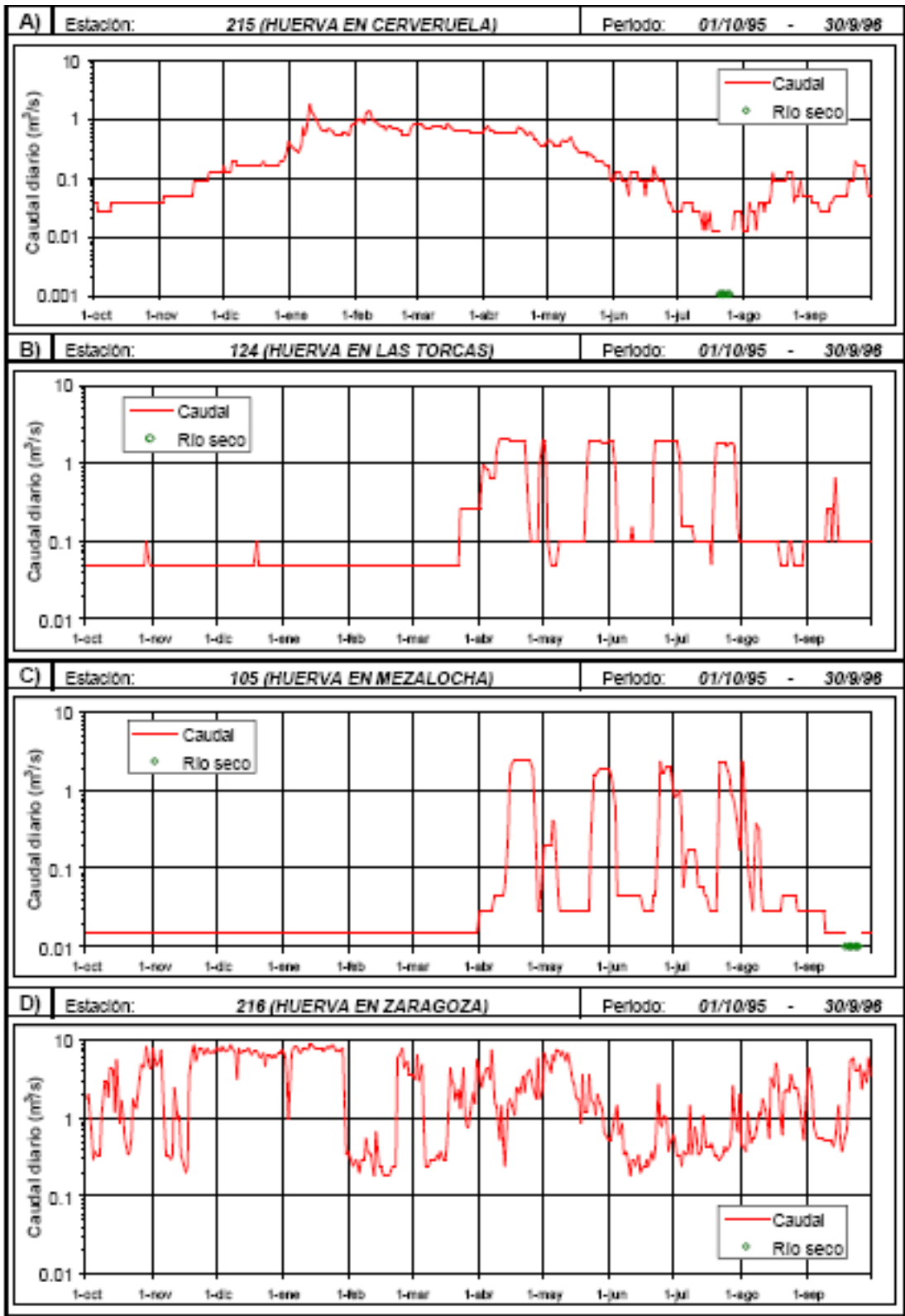


Figura 7: Hidrogramas unitarios en el río Huerva

3.- APÉNDICE 1: SIMULACIÓN HIDRÁULICA

Se realiza la simulación hidráulica del río Huerva en el ámbito de la actuación, comparando la situación actual con la prevista tras las actuaciones con el doble objetivo de analizar posibles nuevas afecciones a terceros consecuencia de las obras en cauce y márgenes que se proponen, así como determinar las cotas de avenida y su relación con las cotas de los viarios planteados.

Para la simulación del funcionamiento hidráulico del río Huerva con el empleo del modelo matemático HEC-RAS³.

3.1.- METODOLOGÍA. DESCRIPCIÓN GENERAL

El modelo HEC-RAS permite el cálculo de perfiles de lámina de agua con movimiento estacionario unidimensional, es decir, con régimen hidráulico permanente (estacionario) gradualmente variado.

Este modelo matemático fue desarrollado en 1995 por el Hydrologic Engineering Center (HEC), organismo dependiente del US Army Corps of Engineering de los Estados Unidos de Norteamérica y en la actualidad está sustituyendo al HEC-2, hasta ahora el modelo más ampliamente utilizado para calcular perfiles de lámina de agua en régimen estacionario, tanto en cauces naturales como artificiales.

Las principales características del modelo son:

- Calcula perfiles en lámina libre en flujo gradualmente variado: no hay cambios bruscos ni fuertes curvaturas de manera que puede suponerse una distribución hidrostática de la presión en la sección transversal.
- Realiza un análisis unidimensional del flujo.
- Considera la variabilidad de la velocidad a lo largo de una sección transversal, obteniendo la distribución de velocidades.
- Analiza el flujo para todo tipo de regímenes: régimen lento, régimen rápido y régimen mixto.
- Trata flujo dividido y uniones.
- Analiza estructuras inmersas en el cauce de un río como obstrucciones y puentes.

3.1.1.- Bases teóricas del modelo

Los cálculos realizados por el programa están basados en la solución de la ecuación de conservación de la energía, expresada en términos unidimensionales, con la pérdida de carga valorada según la ecuación de Manning. Cuando esta ecuación no se puede aplicar, por encontrarnos ante un movimiento rápidamente variado, el programa utiliza la ecuación de variación de la cantidad de movimiento.

A continuación se detalla la ecuación unidimensional de conservación de la energía entre dos secciones (1 y 2), incluyendo de forma explícita las pérdidas de carga:

$$y_2 + \frac{\alpha_2 \cdot v_2^2}{2g} = y_1 + \frac{\alpha_1 \cdot v_1^2}{2g} + \Delta H_{1,2}$$

Donde (y) representa el calado, (v) la velocidad media, (α) es el coeficiente de velocidad de Coriolis, y en el término de pérdida de carga (ΔH) se incluye tanto la pendiente motriz (pérdidas continuas) como las pérdidas locales.

La pendiente motriz se evalúa a partir de la expresión de Manning:

$$\Delta H = I \cdot L = \frac{n^2 \cdot Q^2}{A^2 \cdot R_h^{4/3}} \cdot L = \frac{Q^2}{K^2} \cdot L$$

Donde (n) es el coeficiente de Manning, representativo de la fricción, y (R_h) es el radio hidráulico de la sección, relación entre el área de flujo y el perímetro mojado. Los parámetros que caracterizan la sección se agrupan en el parámetro (K). La longitud del tramo 1-2 es (L), que en canales de recorrido sinuoso, se calcula como un promedio de las longitudes, según la margen izquierda, derecha y el eje, ponderando según el caudal que circula por cada una de las zonas:

$$L = \frac{Q_1 \cdot L_1 + Q_R \cdot L_R + Q_D \cdot L_D}{Q}$$

El programa hace un tratamiento de la sección en que se considera por separado el flujo en las llanuras de inundación izquierda y derecha del flujo en el cauce principal. Esto hace que todos los parámetros se calculen como un promedio entre las tres subsecciones.

³ HEC-RAS River Analysis System, versión 3.1.3, desarrollado por el U.S. Army Corps of Engineers del Hydrologic Engineering Center.

Se consideran las pérdidas de carga por fricción (ecuación de Manning) y por contracción-expansión (coeficiente de pérdidas multiplicado por la variación de la carga de la energía cinética).

La pérdida de energía entre las secciones consideradas tiene dos componentes: las pérdidas por fricción con el cauce (pérdidas de carga continuas) y las pérdidas de variación de la geometría de la sección (variación que implica contracción o expansión del flujo).

La ecuación de conservación de la energía parte de las siguientes hipótesis:

- Movimiento estacionario unidimensional:

$$\frac{\partial v}{\partial t} = 0; \quad v = v_x \quad \text{siendo} \quad v_y = v_z = 0$$

- Líquido incompresible.
- No hay aportaciones ni pérdidas laterales.
- Movimiento lentamente variado:

$$\frac{\partial v}{\partial x} \neq 0$$

- Pendiente del lecho pequeña ($\leq 10\%$).

No obstante, aún contando con que la velocidad es unidimensional, la distribución de v_x en la sección, es compleja y presenta variaciones significativas, cambiando con la profundidad y la distancia al contorno que define el cauce. Esto conduce a que a la hora de estimar la energía cinética transferida a través de una sección, se hace necesario englobar el efecto que tiene la variación de velocidad, en un coeficiente; el coeficiente de Coriolis (α).

El programa permite observar los efectos de puentes, alcantarillas, azudes y diversas estructuras en la llanura de inundación. También permite estudiar los cambios en el perfil de la lámina de agua inducidos por motas y mejoras en el canal.

En nuestro caso, se utiliza la ecuación de conservación de la energía para calcular el nivel del agua en una sección a partir de un nivel conocido de otra.

La exactitud de los resultados obtenidos por el modelo está condicionada por la proximidad de las hipótesis establecidas con la realidad del fenómeno físico y por la caracterización geométrica del cauce entre otras.

Para realizar estimaciones fiables del número de Manning es necesario analizar fotografías aéreas y reconocimientos de campo junto con las tablas estimativas existentes, incluidas en "Hydraulic Referenc Manual" de HEC-RAS.

3.1.2.- Datos requeridos por el modelo

Los datos requeridos por el modelo se refieren a las características geométricas e hidráulicas del tramo del río sometido a estudio. Estos datos incluyen:

Tipo de régimen: El efecto de la gravedad sobre el movimiento se recoge mediante un número adimensional, el número de Froude (F), definido como la relación entre las fuerzas inerciales y las gravitatorias:

$$F = \frac{v}{\sqrt{gD}}; \quad \text{siendo } D \text{ el calado hidráulico}$$

De partida, se debe indicar el tipo de régimen. Esto impondrá el sentido del cálculo (hacia aguas arriba en el caso de que el flujo sea lento o hacia aguas abajo en caso contrario). Hay que tener en cuenta que el programa necesita un cierto número de secciones transversales para ajustar la simulación. Si el régimen es lento, la simulación empezará aguas abajo, por lo que los resultados de las primeras secciones estarán distorsionados.

Calado inicial: La condición de contorno debe ser indicada al modelo. Se puede optar entre el calado crítico, un calado conocido o indicar que se obtenga una curva de gasto para la sección, que deberá suministrarse. Hay condiciones que el programa asume de modo interno, como por ejemplo las que se desprenden de confluencias.

Caudal: El programa admite la variación de caudal en cada sección de cálculo, bien indicando un caudal para cada sección, bien indicando factores por los que se debe multiplicar el caudal inicial. Es posible también indicar una relación de caudales y ejecutar el modelo para cada uno de ellos.

Coeficiente de fricción: El método habitual de evaluar el coeficiente de fricción es el de Manning. En general, se impondrá un coeficiente para cada una de las llanuras de inundación y uno para el cauce principal, aunque se puede cambiar punto a punto en cada sección, dentro de unos límites.

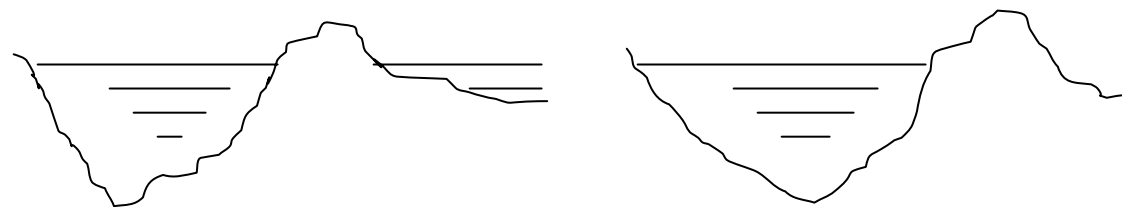
Coefficientes de contracción – expansión. La pérdida de energía en una contracción es inferior a la que se presenta en una expansión del mismo valor. Como orden de magnitud, una contracción tiene coeficientes de 0,1 a 0,6, y una expansión de 0,3 a 1. El programa propone parámetros por defecto que pueden ser variados.

Geometría de las secciones. Se define por puntos desde la margen izquierda hacia la margen derecha (vistas desde aguas arriba, de izquierda a derecha). La distancia entre las secciones dependerá de la irregularidad del cauce. Las secciones se tomarán perpendicularmente al flujo de la corriente del cauce y de la llanura de inundación.

3.1.3.- Opciones de cálculo

El modelo calcula por defecto sobre una sección, con un caudal y una condición de contorno, pero existe la opción de cálculo multiperfil, en que, dada una geometría, se calculan hasta quince (valor por defecto) perfiles distintos variando las caudales, rugosidades o condiciones de contorno. Esta opción tiene gran utilidad para detectar la sensibilidad de los parámetros (sobre todo la condición de contorno y la fricción).

Las secciones no tienen necesariamente que tener una forma determinada, se admiten secciones con varios puntos bajos. En general se considera como área útil la que está por debajo de una cierta cota, independientemente de que pertenezca al cauce natural o a la llanura de inundación. Se puede imponer, no obstante, que no se ocupen las llanuras de inundación hasta que no rebose el cauce natural, mediante la definición de motas (levees).

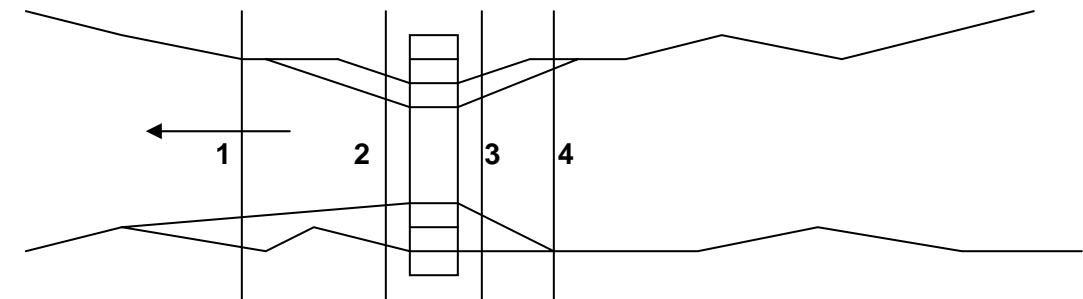


El programa HEC-RAS está pensado para la hidráulica fluvial y contempla tres bloques de acciones singulares sobre ríos: encauzamientos, puentes y obras de drenaje transversal (culverts).

3.1.4.- Puentes

El programa resuelve para cada sección y caudal, el área neta de flujo. El manual propone disponer cuatro secciones en las cercanías de cada puente, con la siguiente disposición:

- La primera se toma aguas abajo del puente en una zona no afectada por éste.
- La segunda inmediatamente después del puente.
- La tercera inmediatamente antes del puente.
- La cuarta en una zona aguas arriba no afectada por el puente.



La forma del puente y las alturas superior e inferior del tablero se definen aparte.

3.1.5.- Limitaciones del programa

El modelo HEC-RAS presenta las siguientes limitaciones:

- Flujo unidimensional: sólo calcula el flujo en una dirección. En un río se pueden dar dos o más direcciones de flujo con mucha facilidad, sobre todo cuando se produce un desbordamiento.
- Cálculo únicamente en régimen estacionario variado.
- Supone que el río tiene contornos fijos, cuando lógicamente, en cualquier cauce, se produce transporte de sedimentos.

3.2.- APLICACIÓN DEL MODELO AL TRAMO DE ESTUDIO

3.2.1.- Introducción

Para aplicar el modelo matemático al tramo de estudio es necesario partir de los siguientes datos:

1.- Datos geométricos

- Topografía del terreno.
- Definición de puntos singulares en perfiles transversales.
- Geometría de estructuras existentes.
- Coeficientes estimados: de rugosidad o de Manning, de contracción, de expansión, etc.

2.- Datos de flujo

- Caudales.
- Condición inicial de contorno.
- Tipo de régimen.

3.2.2.- Datos geométricos

La base cartográfica utilizada para la redacción de presente proyecto y del anejo que nos ocupa ha sido facilitada por el Servicio de Proyectos del Área de Grandes Proyectos e Infraestructuras del Ayuntamiento de Zaragoza.

Además la citada unidad facilitó en formato digital los servicios municipales existentes. Esta cartografía, junto con una serie de fotografías aéreas se han utilizado tanto en los trabajos de campo como en el desarrollo del proyecto.

La citada Dirección Técnica ha suministrado en papel y en formato digital un levantamiento topográfico llevado a cabo en diciembre de 2003. Dicha topografía se ha realizado a escala 1:500 con curvas de nivel de equidistancia 1 m. Los perfiles transversales han sido elaborados a escala 1:250.

Estos perfiles han servido de base para la introducción de los datos geométricos en el programa HEC-RAS, previo tratamiento de los mismos sobre AUTOCAD, de manera que se generan listados en formato texto que pueden ser importados por el software hidráulico. Para el estado futuro, se ha trasladado sobre la plataforma AUTOCAD la nueva configuración geométrica del cauce y márgenes del río Huerva, resultados que son importados por HEC-RAS previo tratamiento informático de los mismos.

En los planos que se incluyen en el presente anejo se muestra la ubicación de los perfiles transversales así como las características geométricas de los mismos. También pueden localizarse en los **Planos: 07 Perfiles longitudinales** y en los **Planos 08: Perfiles transversales**.

3.2.3.- Otros datos requeridos

Es necesario, además, estimar el coeficiente de rugosidad o número de Manning. Los valores considerados tanto para la situación actual como futura se muestran a continuación:

- En la margen izquierda o *LOB*: 0,015.
- En la margen derecha o *ROB*: 0,05.
- En el cauce o *Channel*: 0,045.

En lo que se refiere a los coeficientes de contracción y expansión, son asignados por defecto por el programa HEC-RAS, aplicando los valores de 0,1 y 0,3 respectivamente.

3.2.4.- Caudales de cálculo

Como se ha comentado en los puntos anteriores, los caudales de proyecto se han obtenido de las *Directrices Parciales de Ordenación Territorial del Río Huerva y Programa de Recuperación y Defensa de Riberas, en los Términos Municipales de Zaragoza, Cuarte de Huerva, Cadrete y María de Huerva*. Así resulta un caudal para la avenida de 100 años de periodo de retorno de 182,20 m³/s y de 219,80 m³/s para la avenida de 500 años de periodo de retorno.

Como caudal para la definición del dominio público hidráulico, teniendo en cuenta que los caudales de la estación de aforos del Huerva en Zaragoza se encuentran bastante desvirtuados por las transferencias que se producen desde el Canal Imperial de Aragón, se opta por emplear el caudal que en las citadas Directrices se adopta como consecuencia del tratamiento estadístico de los datos de aforos del Huerva en Mezalocha, resultando un caudal de 20,57 m³/s.

3.3.- RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

Se incluyen a continuación los resultados de la simulación, teniendo en cuenta las hipótesis de partida que se recogen en los puntos anteriores, tanto para la situación actual como la prevista tras las actuaciones.

3.3.1.- Estado actual

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
1	72	T = 500	219.80	221.66	224.53	224.53	225.56	0.011607	4.54	50.71	26.17	0.89
1	72	T = 100	182.20	221.66	224.29	224.29	225.20	0.011851	4.31	44.51	24.83	0.89
1	72	Ordinaria	20.57	221.66	222.61		222.78	0.009982	1.78	11.55	16.24	0.67
1	71	T = 500	219.80	221.58	224.55		225.24	0.006262	3.42	63.38	30.52	0.65
1	71	T = 100	182.20	221.58	224.20		224.86	0.007540	3.44	53.02	28.53	0.70
1	71	Ordinaria	20.57	221.58	222.46		222.59	0.007636	1.58	13.05	17.46	0.58
1	70	T = 500	219.80	221.37	224.35		225.12	0.005183	3.17	66.62	32.57	0.60
1	70	T = 100	182.20	221.37	223.85	223.67	224.67	0.008577	3.57	50.51	30.48	0.75
1	70	Ordinaria	20.57	221.37	222.23		222.40	0.011743	1.85	11.24	17.96	0.72
1	69	T = 500	219.80	221.02	224.67		224.93	0.000912	1.43	125.53	47.44	0.26
1	69	T = 100	182.20	221.02	224.19		224.45	0.001189	1.46	103.11	46.56	0.29
1	69	Ordinaria	20.57	221.02	221.80	221.80	222.05	0.025422	2.24	9.19	18.16	1.00
1	68	T = 500	219.80	220.47	224.66		224.91	0.000559	1.25	129.78	38.58	0.20
1	68	T = 100	182.20	220.47	224.20		224.42	0.000622	1.21	111.99	37.94	0.21
1	68	Ordinaria	20.57	220.47	221.79		221.82	0.001281	0.82	25.32	29.74	0.25
1	67	T = 500	219.80	220.13	224.63		224.89	0.001325	1.94	109.57	34.40	0.31
1	67	T = 100	182.20	220.13	224.16		224.40	0.001464	1.89	93.86	33.30	0.32
1	67	Ordinaria	20.57	220.13	221.77		221.80	0.000961	0.79	26.03	19.73	0.22

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
1	66	T = 500	219.80	220.02	224.62		224.87	0.000830	1.65	126.69	46.81	0.26
1	66	T = 100	182.20	220.02	224.14		224.38	0.000967	1.64	104.74	45.01	0.27
1	66	Ordinaria	20.57	220.02	221.75		221.78	0.000854	0.77	26.88	23.28	0.21
1	65	T = 500	219.80	220.01	224.45		224.83	0.001448	2.11	101.58	38.23	0.33
1	65	T = 100	182.20	220.01	223.97		224.34	0.001716	2.11	84.02	35.72	0.36
1	65	Ordinaria	20.57	220.01	221.71		221.76	0.001474	1.01	20.64	17.95	0.28
1	64	T = 500	219.80	220.00	224.42		224.79	0.001976	2.46	91.07	28.88	0.39
1	64	T = 100	182.20	220.00	223.95		224.29	0.002176	2.38	77.68	27.61	0.40
1	64	Ordinaria	20.57	220.00	221.68		221.73	0.001294	0.93	22.39	20.76	0.26
1	63	T = 500	219.80	220.80	224.06		224.70	0.005932	3.59	63.79	23.52	0.65
1	63	T = 100	182.20	220.80	223.51		224.18	0.008023	3.67	51.07	22.36	0.73
1	63	Ordinaria	20.57	220.80	221.37	221.37	221.64	0.025500	2.30	8.93	16.67	1.01
1	62	T = 500	219.80	219.67	224.24		224.54	0.001771	2.51	96.47	26.62	0.38
1	62	T = 100	182.20	219.67	223.72		223.99	0.001916	2.41	82.74	25.57	0.38
1	62	Ordinaria	20.57	219.67	220.93		220.98	0.001597	1.00	20.95	18.41	0.29
1	61	T = 500	219.80	219.58	224.13		224.49	0.002327	2.76	86.92	25.25	0.42
1	61	T = 100	182.20	219.58	223.60		223.94	0.002560	2.65	73.97	23.91	0.43
1	61	Ordinaria	20.57	219.58	220.87		220.94	0.002625	1.16	17.76	16.51	0.36

CONEXIÓN CIUDAD CONFLUENCIA ENTRE EL RÍO HUERVA Y CANAL IMPERIAL DE ARAGÓN. (OJO DEL CANAL)

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
1	60	T = 500	219.80	219.70	223.83		224.41	0.004329	3.50	68.91	22.03	0.57
1	60	T = 100	182.20	219.70	223.28		223.85	0.005146	3.45	57.13	20.72	0.60
1	60	Ordinaria	20.57	219.70	220.48	220.48	220.80	0.024261	2.49	8.27	13.27	1.01
1	59	T = 500	219.80	219.34	223.62		224.31	0.004646	3.76	62.90	18.67	0.58
1	59	T = 100	182.20	219.34	223.09		223.74	0.005222	3.64	53.16	17.63	0.60
1	59	Ordinaria	20.57	219.34	220.27		220.44	0.008850	1.84	11.16	12.57	0.62
1	58	T = 500	219.80	219.20	223.84		224.14	0.001527	2.30	94.33	25.14	0.35
1	58	T = 100	182.20	219.20	223.29		223.57	0.001724	2.23	80.76	24.11	0.36
1	58	Ordinaria	20.57	219.20	220.19		220.29	0.005127	1.37	15.07	18.26	0.48
1	57	T = 500	219.80	219.10	223.94		224.07	0.000669	1.54	139.73	32.50	0.23
1	57	T = 100	182.20	219.10	223.38		223.50	0.000725	1.47	121.54	32.37	0.23
1	57	Ordinaria	20.57	219.10	220.17		220.21	0.001849	0.89	23.20	25.12	0.29
1	56	T = 500	219.80	218.63	223.87		224.06	0.000549	1.46	130.93	30.07	0.21
1	56	T = 100	182.20	218.63	223.31		223.48	0.000589	1.40	114.34	29.92	0.22
1	56	Ordinaria	20.57	218.63	220.14		220.18	0.001309	0.86	24.01	22.09	0.26
1	55	T = 500	219.80	218.88	222.97		223.95	0.003574	3.12	59.28	16.95	0.50
1	55	T = 100	182.20	218.88	222.46		223.38	0.004021	3.02	50.64	16.69	0.52
1	55	Ordinaria	20.57	218.88	219.89		220.10	0.010678	2.07	9.96	10.61	0.68

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
1	54	T = 500	219.80	218.78	223.23		223.75	0.002719	2.94	74.30	22.02	0.45
1	54	T = 100	182.20	218.78	222.69		223.18	0.003159	2.89	62.67	20.90	0.48
1	54	Ordinaria	20.57	218.78	219.67		219.88	0.011898	2.02	10.20	12.89	0.72
1	53	T = 500	219.80	218.26	223.24		223.69	0.001393	2.27	87.62	24.22	0.34
1	53	T = 100	182.20	218.26	222.69		223.11	0.001548	2.20	74.58	23.22	0.35
1	53	Ordinaria	20.57	218.26	219.55		219.69	0.006208	1.66	12.32	14.39	0.54
1	52	T = 500	219.80	218.13	223.23		223.66	0.001159	2.03	93.55	23.44	0.30
1	52	T = 100	182.20	218.13	222.68		223.08	0.001225	1.93	80.84	22.74	0.30
1	52	Ordinaria	20.57	218.13	219.50		219.59	0.002916	1.21	16.32	17.13	0.37
1	51	T = 500	219.80	218.04	223.26		223.62	0.001218	2.11	96.67	23.70	0.30
1	51	T = 100	182.20	218.04	222.70		223.03	0.001282	2.00	83.76	23.00	0.31
1	51	Ordinaria	20.57	218.04	219.46		219.53	0.002586	1.16	17.47	16.78	0.35
1	50	T = 500	219.80	217.88	223.22		223.59	0.001201	2.11	95.96	23.72	0.30
1	50	T = 100	182.20	217.88	222.67		223.01	0.001273	2.01	83.10	23.06	0.30
1	50	Ordinaria	20.57	217.88	219.41		219.48	0.002433	1.14	17.47	16.25	0.34
1	49	T = 500	219.80	218.10	223.20		223.56	0.001467	2.21	93.12	23.60	0.32
1	49	T = 100	182.20	218.10	222.65		222.98	0.001595	2.13	80.33	22.92	0.33
1	49	Ordinaria	20.57	218.10	219.35		219.43	0.002973	1.25	16.44	14.00	0.37

CONEXIÓN CIUDAD CONFLUENCIA ENTRE EL RÍO HUERVA Y CANAL IMPERIAL DE ARAGÓN. (OJO DEL CANAL)

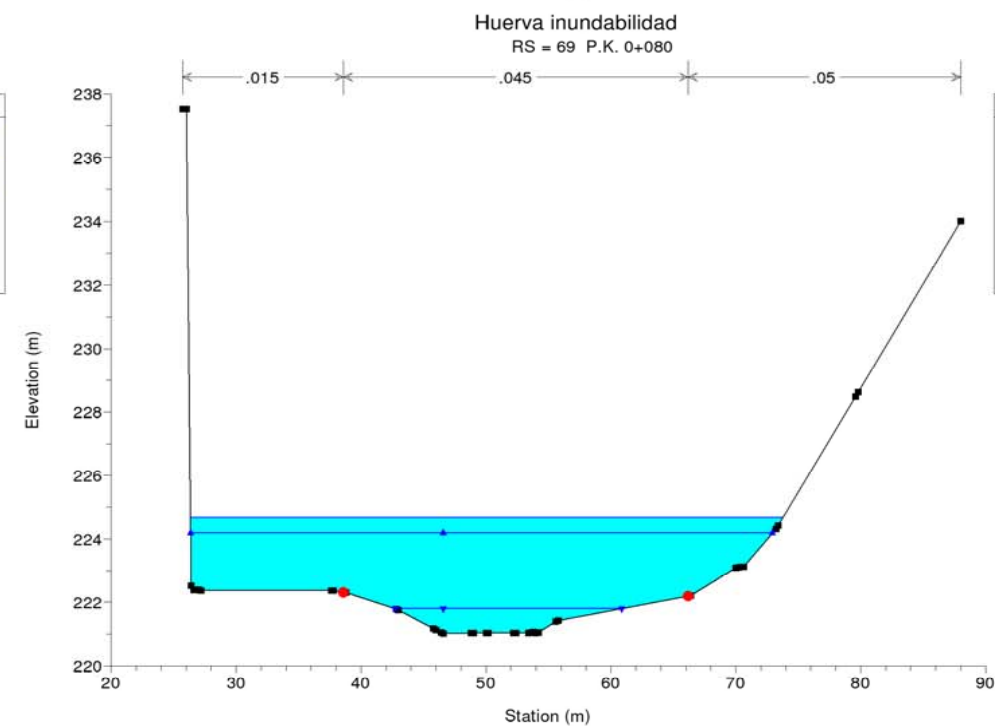
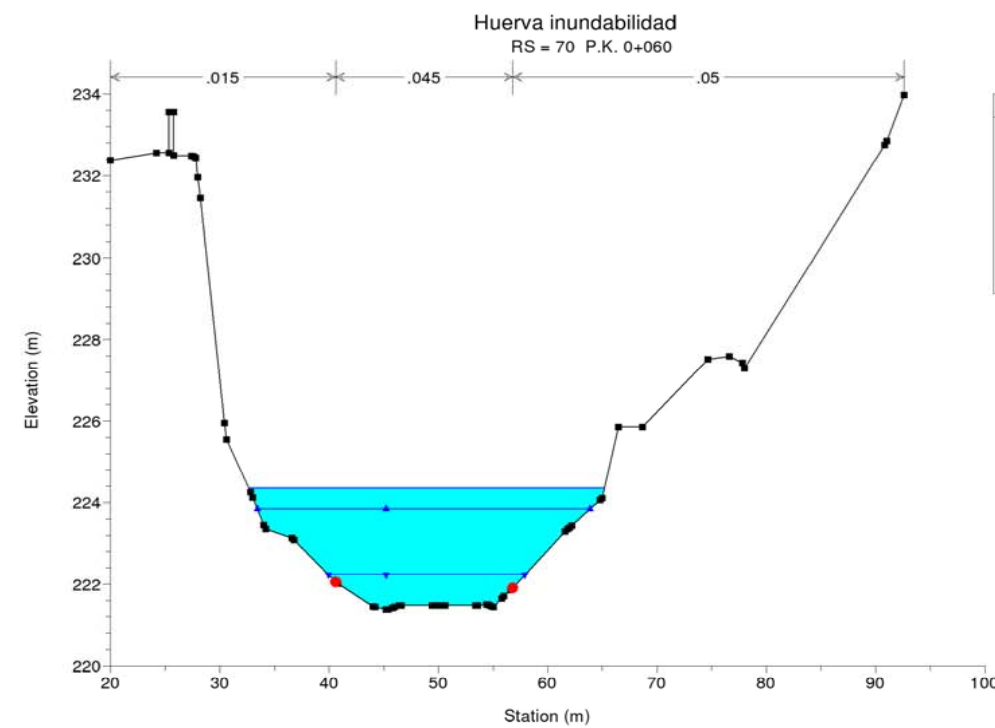
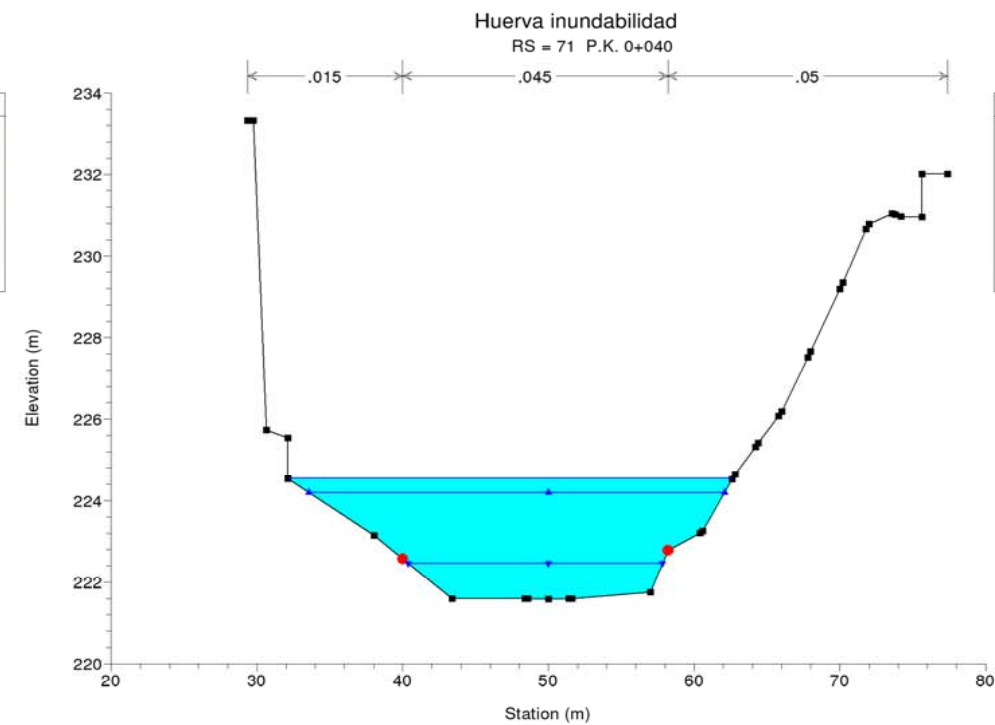
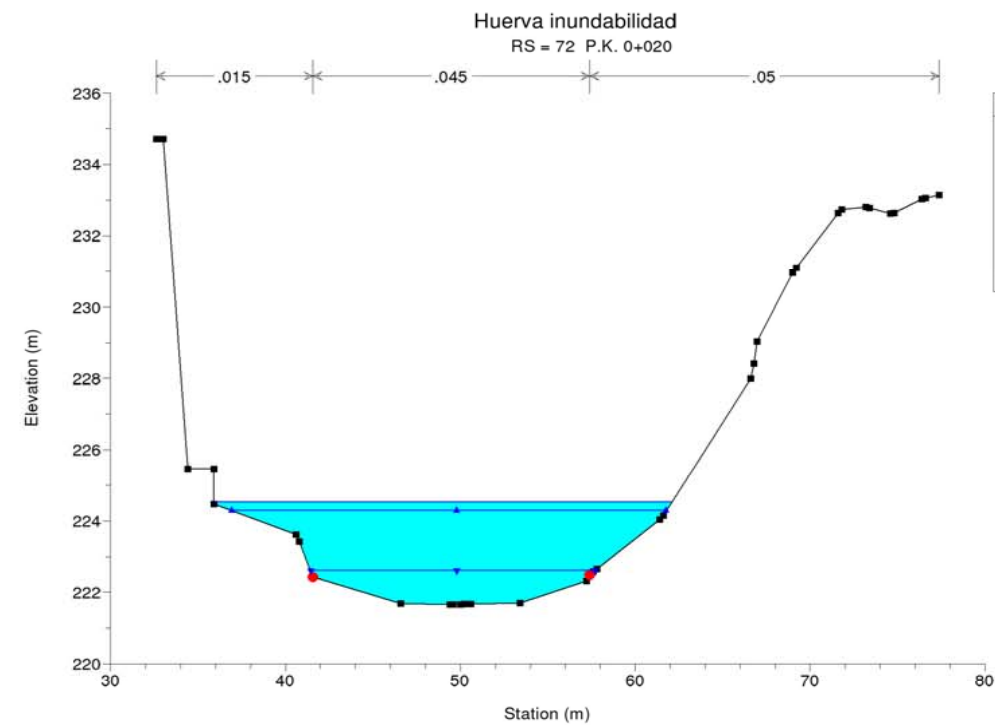
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	48	T = 500	219.80	218.24	223.26		223.50	0.001037	2.01	109.73	29.49	0.29
1	48	T = 100	182.20	218.24	222.70		222.92	0.001173	1.98	93.54	28.05	0.30
1	48	Ordinaria	20.57	218.24	219.29		219.36	0.003329	1.23	16.75	17.33	0.39
1	47	T = 500	219.80	217.84	223.25		223.48	0.001144	2.17	108.15	25.39	0.31
1	47	T = 100	182.20	217.84	222.68		222.89	0.001192	2.04	94.23	24.28	0.31
1	47	Ordinaria	20.57	217.84	219.25		219.30	0.002220	1.05	19.60	19.04	0.33
1	46	T = 500	219.80	217.84	222.70		223.39	0.004205	3.74	63.51	17.13	0.55
1	46	T = 100	182.20	217.84	222.16		222.80	0.004422	3.55	54.60	16.30	0.55
1	46	Ordinaria	20.57	217.84	219.05		219.22	0.007023	1.82	11.31	11.51	0.56
1	45	T = 500	219.80	217.74	222.89		223.23	0.001890	2.63	89.36	21.22	0.37
1	45	T = 100	182.20	217.74	222.34		222.65	0.001949	2.47	77.97	20.41	0.37
1	45	Ordinaria	20.57	217.74	219.06		219.12	0.002141	1.09	18.82	15.55	0.32
1	44	T = 500	219.80	217.62	222.53		223.15	0.004022	3.87	69.94	21.27	0.56
1	44	T = 100	182.20	217.62	221.95		222.56	0.004572	3.79	58.09	19.61	0.58
1	44	Ordinaria	20.57	217.62	218.84		219.03	0.006897	1.96	10.93	10.75	0.58
1	43	T = 500	219.80	217.52	222.38		223.06	0.004888	3.87	64.99	19.42	0.57
1	43	T = 100	182.20	217.52	221.76		222.45	0.005834	3.85	53.36	18.37	0.61
1	43	Ordinaria	20.57	217.52	218.62		218.85	0.011768	2.16	9.54	10.01	0.70

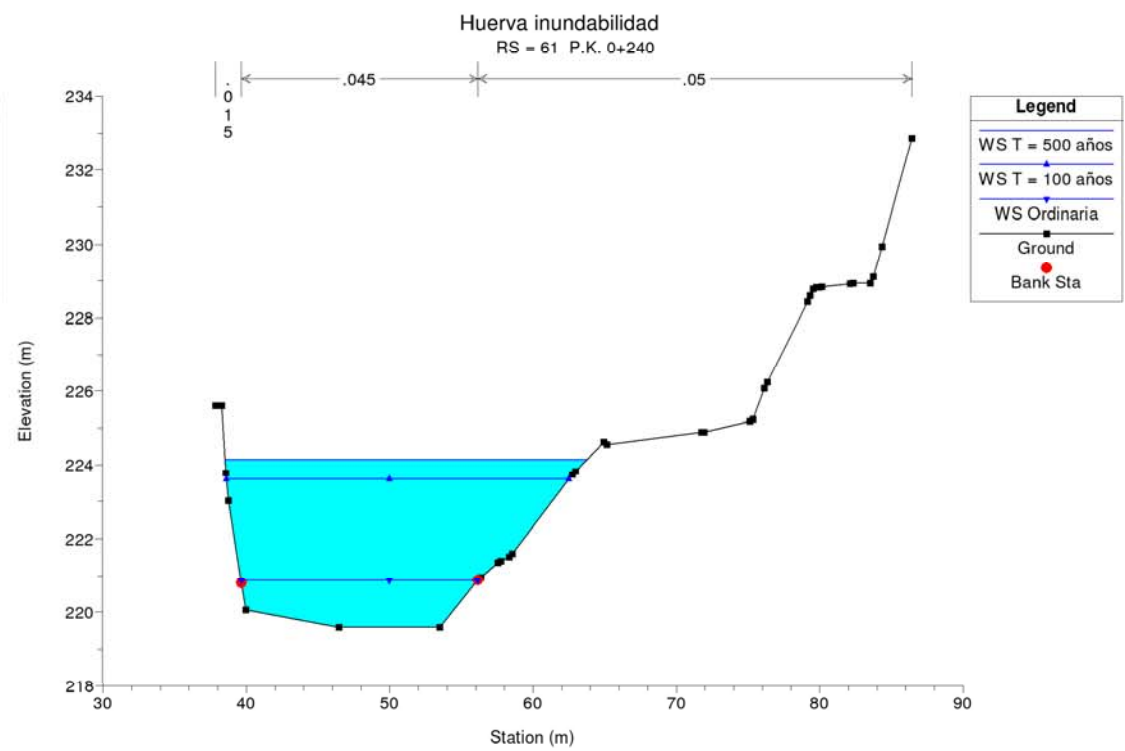
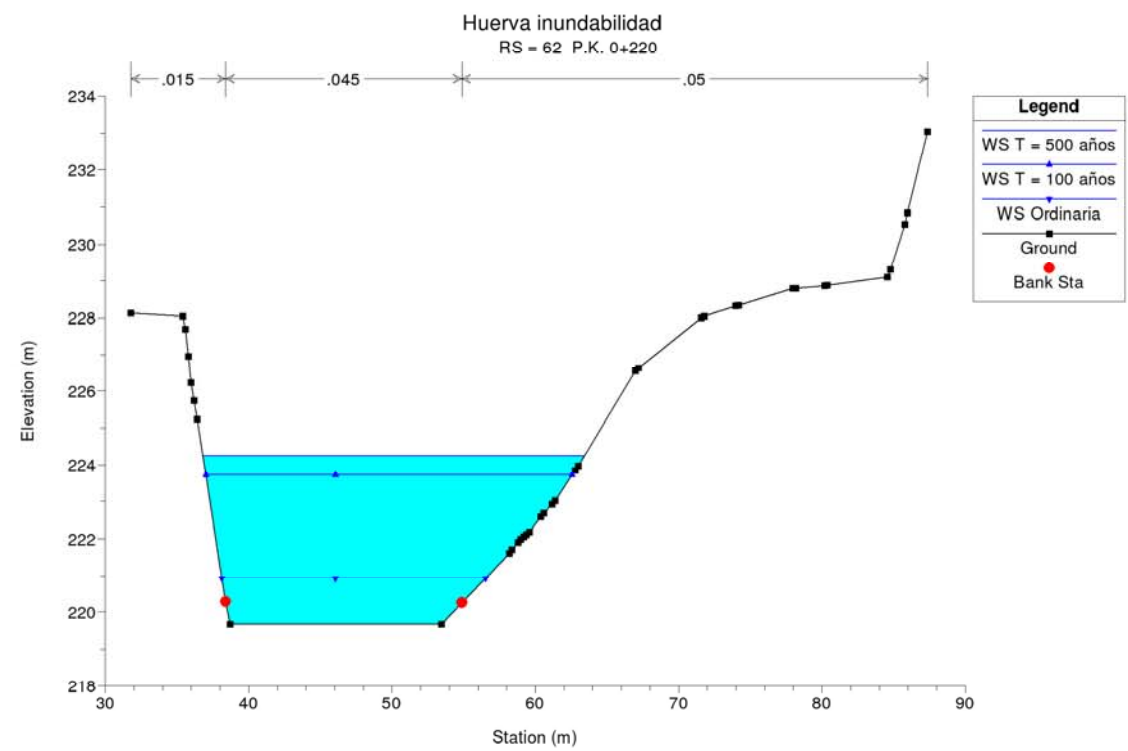
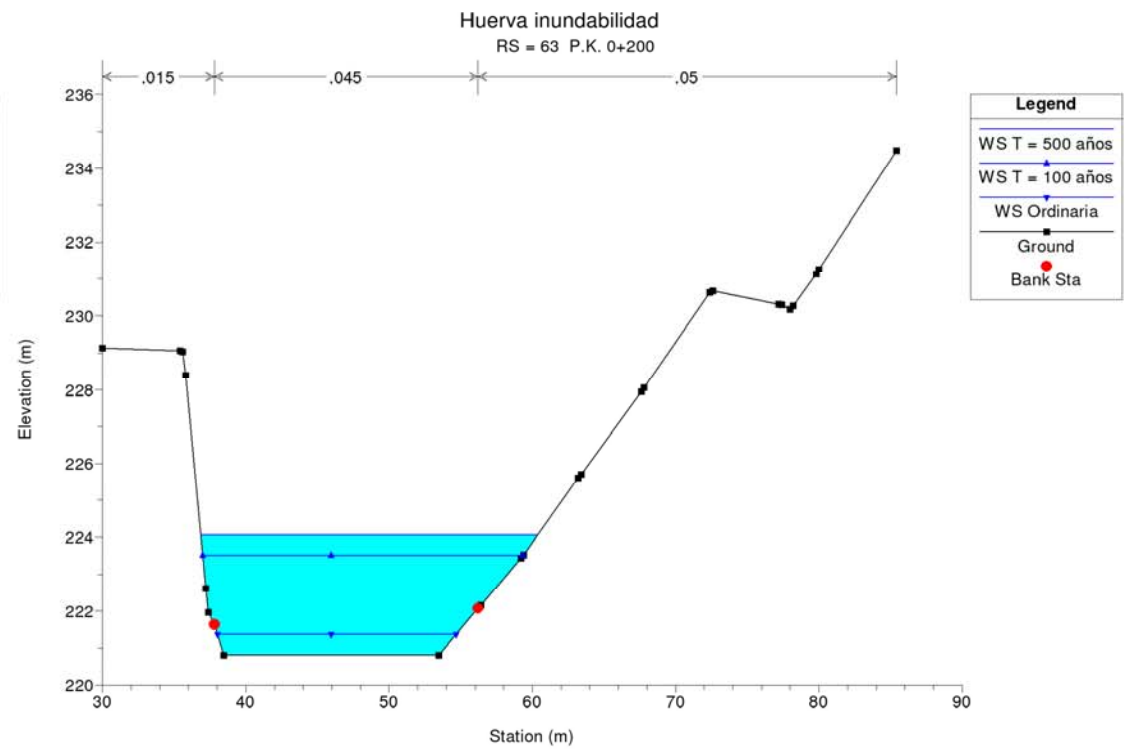
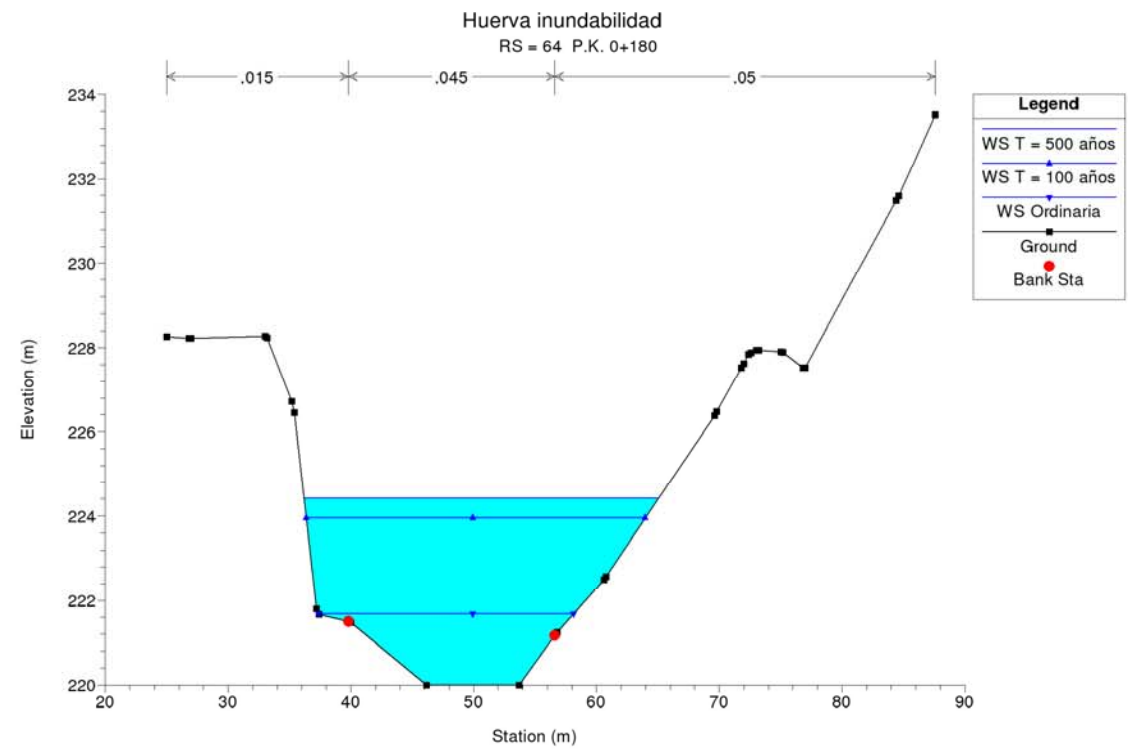
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	42	T = 500	219.80	217.14	222.17		222.95	0.005121	4.06	60.14	15.87	0.59
1	42	T = 100	182.20	217.14	221.62		222.33	0.005433	3.86	51.65	15.01	0.59
1	42	Ordinaria	20.57	217.14	218.55		218.68	0.004518	1.61	12.84	10.29	0.45
1	41	T = 500	219.80	217.13	221.76		222.81	0.006103	4.67	51.66	13.42	0.70
1	41	T = 100	182.20	217.13	221.25		222.19	0.006258	4.37	44.98	12.87	0.69
1	41	Ordinaria	20.57	217.13	218.42		218.59	0.004620	1.70	11.93	10.83	0.49
1	40	T = 500	219.80	217.12	222.03		222.56	0.003400	3.58	77.58	25.94	0.52
1	40	T = 100	182.20	217.12	221.41		221.97	0.004221	3.63	61.97	23.82	0.57
1	40	Ordinaria	20.57	217.12	218.13		218.42	0.014548	2.41	8.57	9.98	0.81
1	39	T = 500	219.80	216.89	222.31		222.41	0.000463	1.44	170.89	40.39	0.20
1	39	T = 100	182.20	216.89	221.71		221.81	0.000501	1.38	147.02	39.83	0.20
1	39	Ordinaria	20.57	216.89	218.24		218.28	0.001398	0.93	22.96	22.83	0.27
1	38	T = 500	219.80	216.67	222.11		222.38	0.001498	2.40	101.67	27.15	0.35
1	38	T = 100	182.20	216.67	221.52		221.78	0.001643	2.31	86.27	25.57	0.36
1	38	Ordinaria	20.57	216.67	218.16		218.24	0.003168	1.28	16.03	14.87	0.39
1	37	T = 500	219.80	216.40	221.68		222.30	0.003454	3.44	67.64	19.10	0.50
1	37	T = 100	182.20	216.40	221.12		221.70	0.003846	3.33	57.09	18.01	0.52
1	37	Ordinaria	20.57	216.40	218.03		218.16	0.004483	1.59	12.91	10.41	0.46

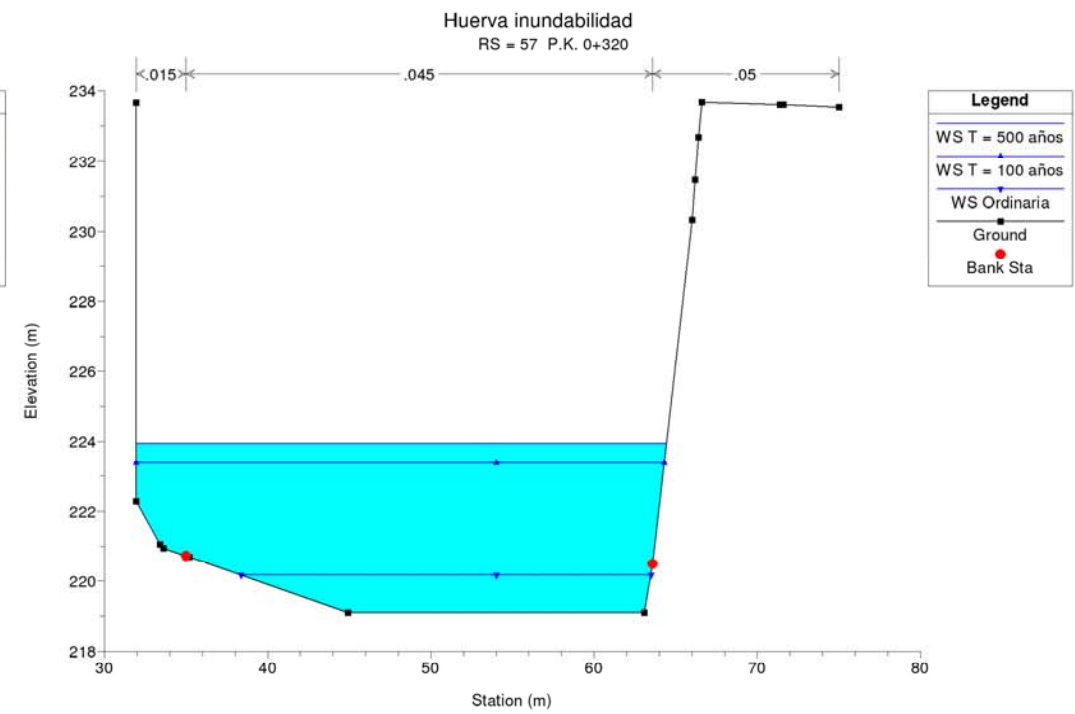
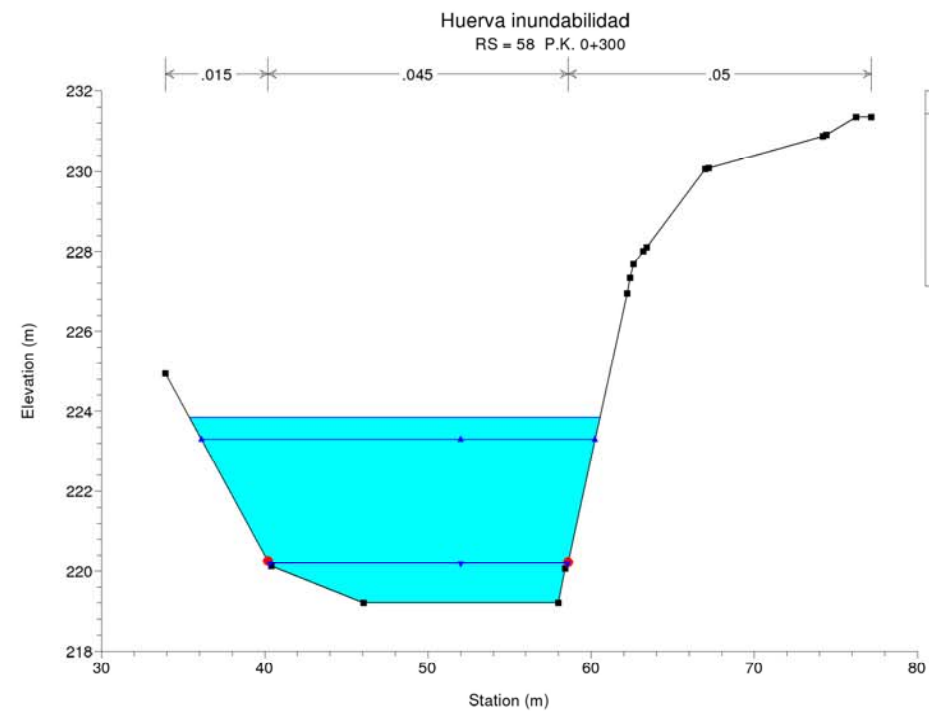
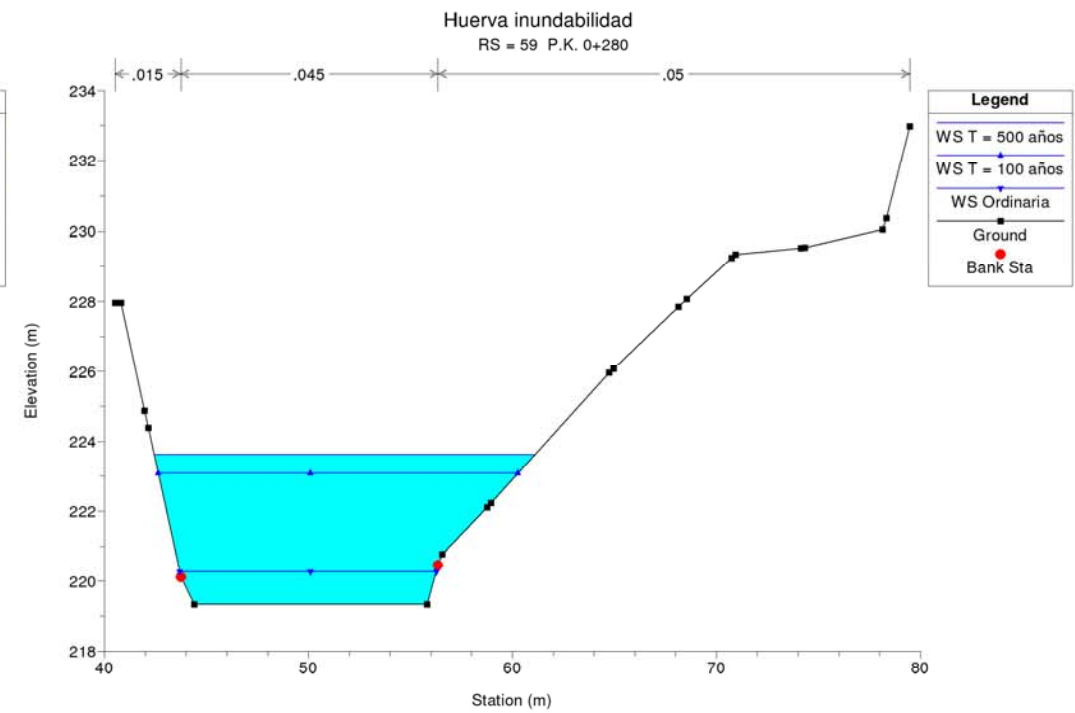
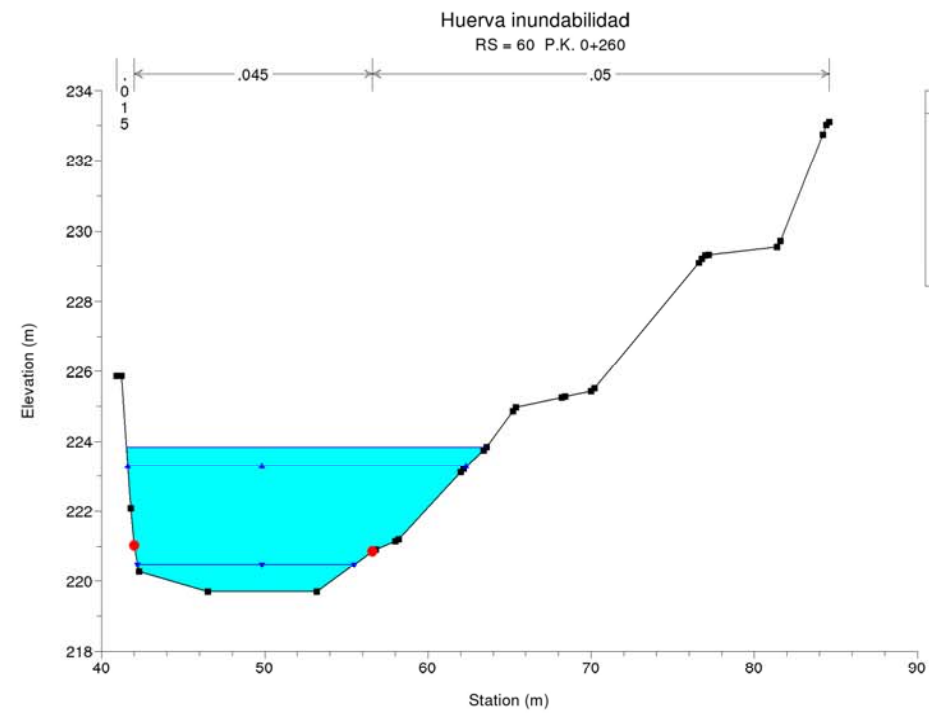
CONEXIÓN CIUDAD CONFLUENCIA ENTRE EL RÍO HUERVA Y CANAL IMPERIAL DE ARAGÓN. (OJO DEL CANAL)

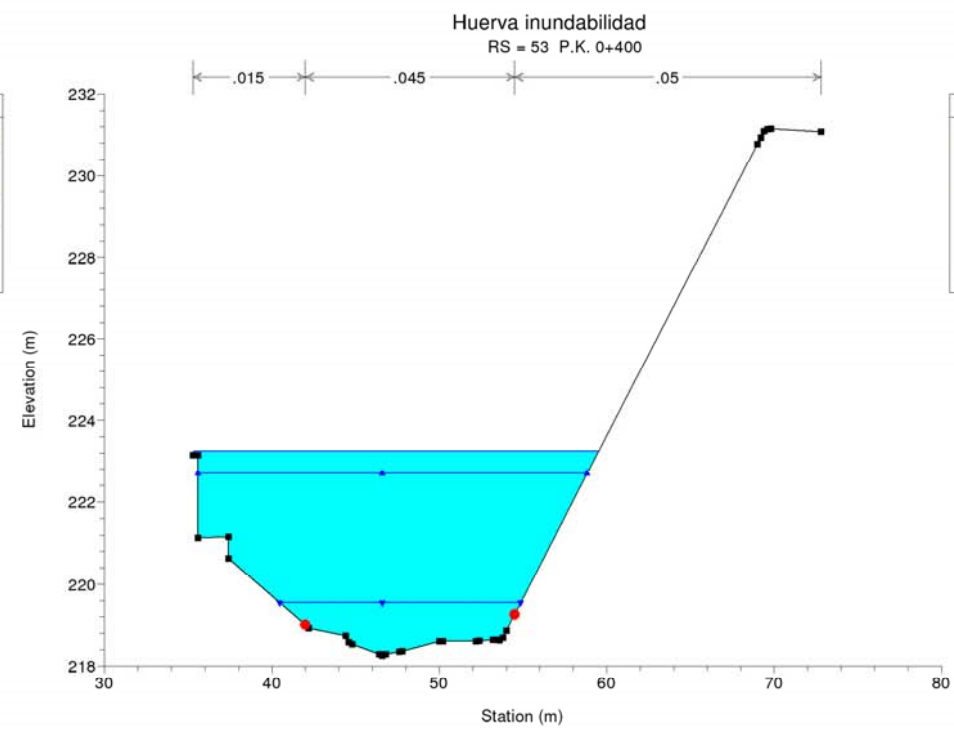
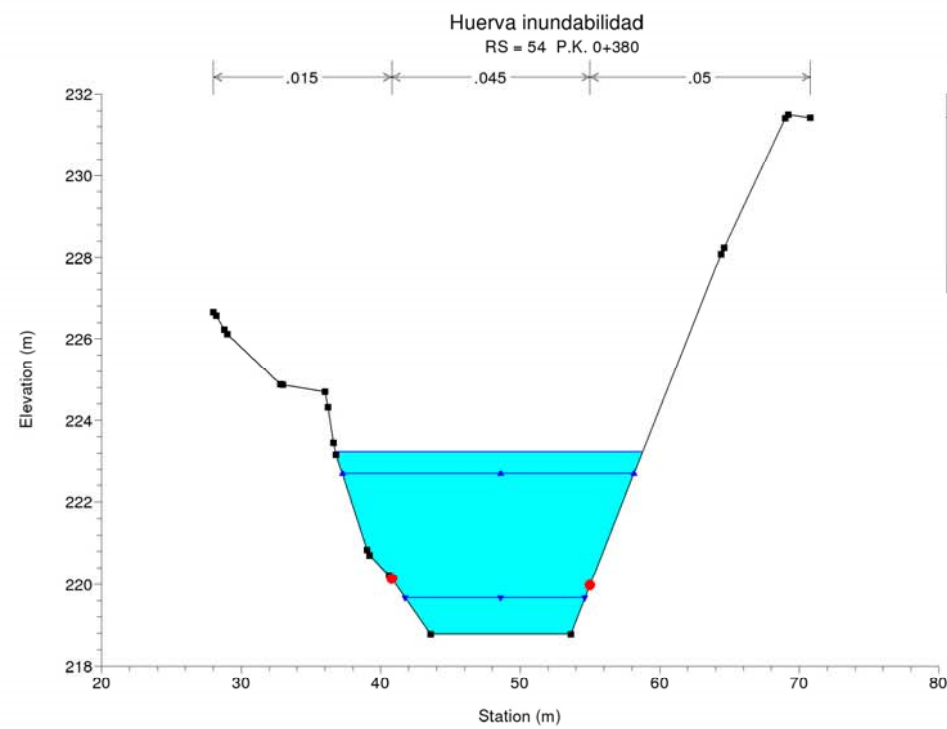
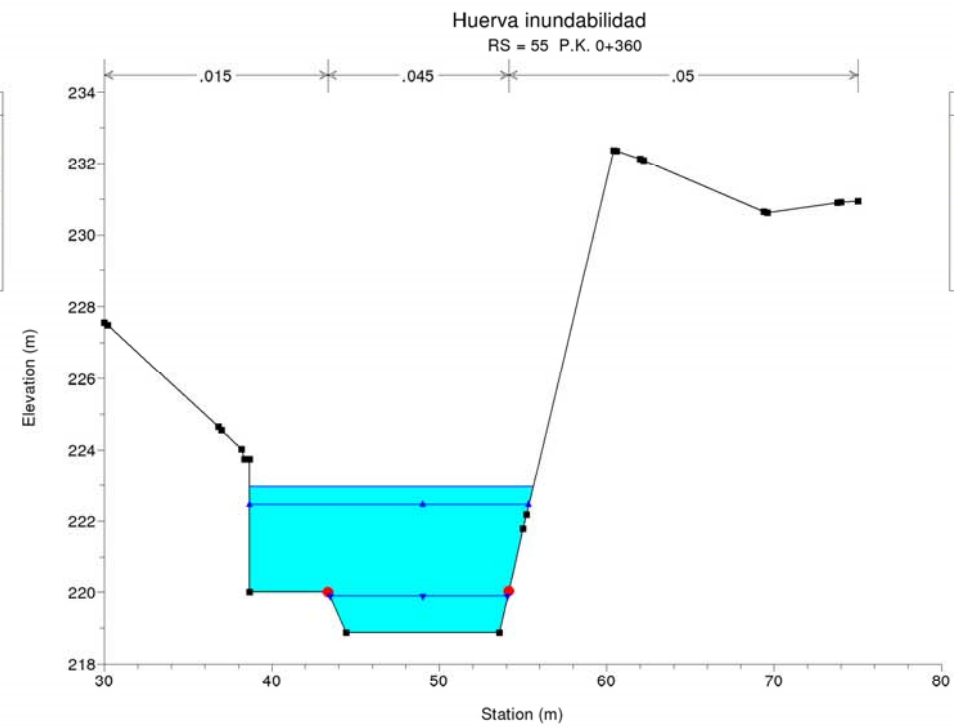
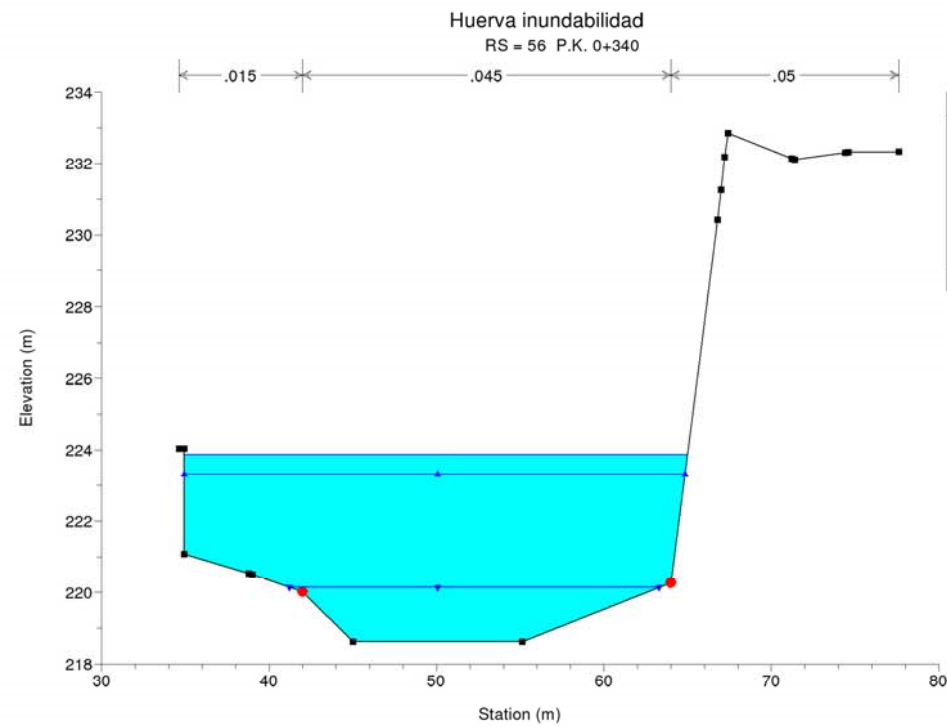
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	36	T = 500	219.80	216.16	221.85		222.19	0.000677	1.71	108.26	25.62	0.23
1	36	T = 100	182.20	216.16	221.28		221.58	0.000750	1.67	93.67	25.53	0.24
1	36	Ordinaria	20.57	216.16	218.02		218.09	0.001677	1.21	18.24	15.81	0.30
1	35	T = 500	219.80	216.14	221.39		222.13	0.001690	2.08	73.29	22.97	0.31
1	35	T = 100	182.20	216.14	220.78		221.52	0.002281	2.19	59.51	22.10	0.35
1	35	Ordinaria	20.57	216.14	217.76		218.01	0.008894	2.21	9.30	6.52	0.59
1	34	T = 500	219.80	216.03	221.49		222.05	0.001142	1.82	87.35	25.59	0.26
1	34	T = 100	182.20	216.03	220.88		221.43	0.001458	1.89	71.92	24.78	0.29
1	34	Ordinaria	20.57	216.03	217.28	217.23	217.72	0.023850	2.93	7.02	7.00	0.93
1	33	T = 500	219.80	215.79	221.70		221.94	0.000575	1.53	127.08	33.97	0.20
1	33	T = 100	182.20	215.79	221.09		221.31	0.000702	1.56	106.48	33.23	0.22
1	33	Ordinaria	20.57	215.79	217.35		217.46	0.003800	1.50	13.73	10.55	0.42
1	32	T = 500	219.80	215.70	221.76		221.90	0.000212	1.00	174.99	43.42	0.13
1	32	T = 100	182.20	215.70	221.14		221.27	0.000248	1.00	148.27	42.71	0.14
1	32	Ordinaria	20.57	215.70	217.30		217.40	0.002726	1.37	15.02	13.38	0.37
1	31	T = 500	219.80	215.60	221.61		221.88	0.000788	1.88	117.13	29.22	0.25
1	31	T = 100	182.20	215.60	221.00		221.25	0.000884	1.85	99.58	28.44	0.26
1	31	Ordinaria	20.57	215.60	217.25		217.34	0.002691	1.35	15.27	11.23	0.37

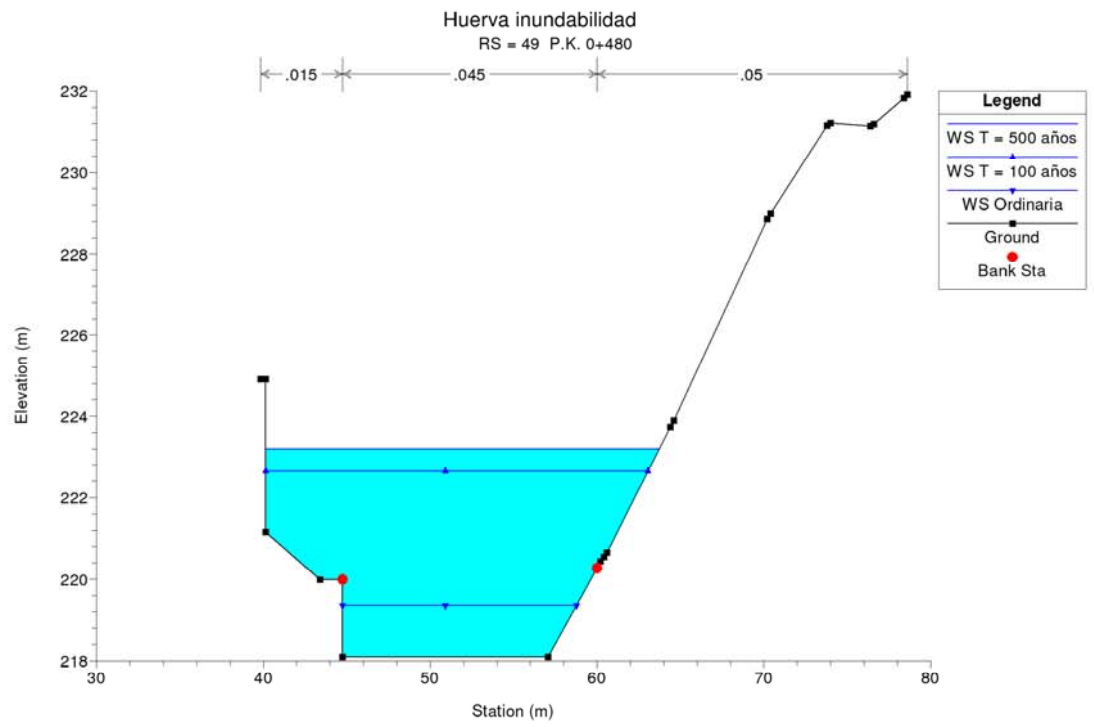
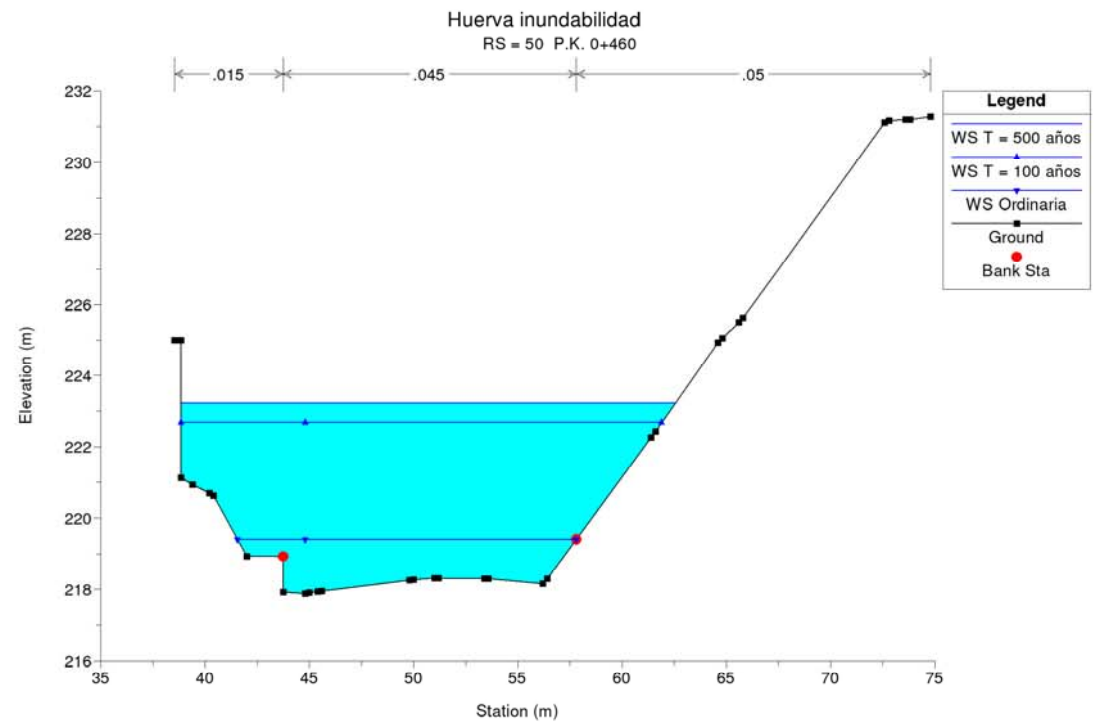
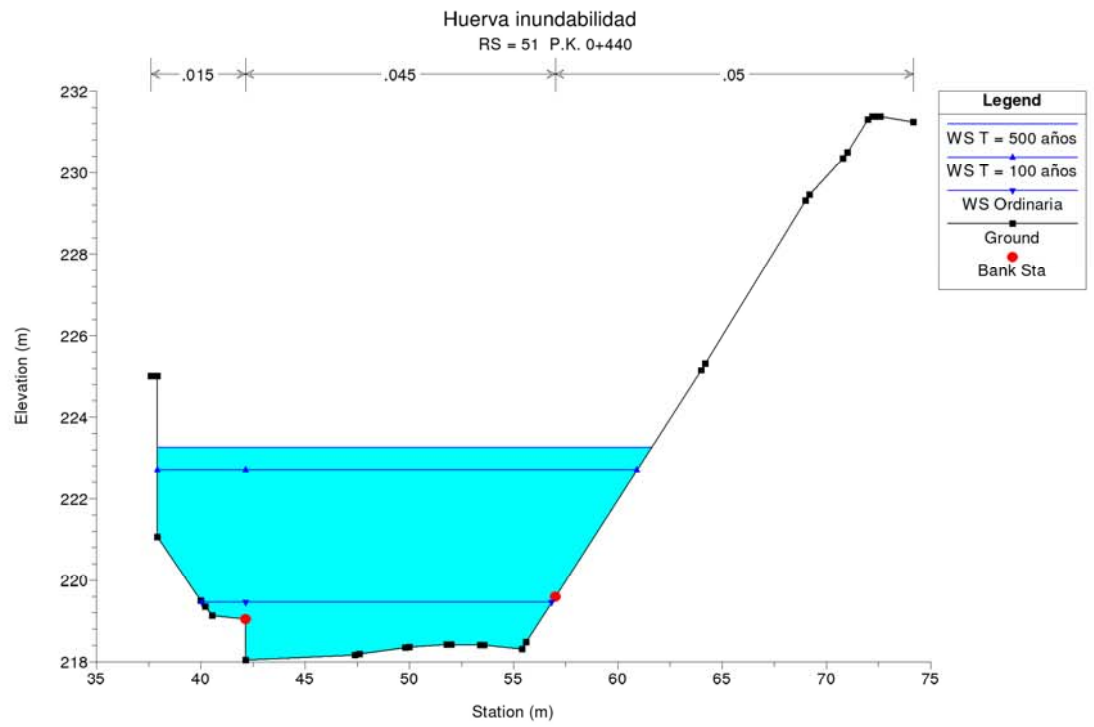
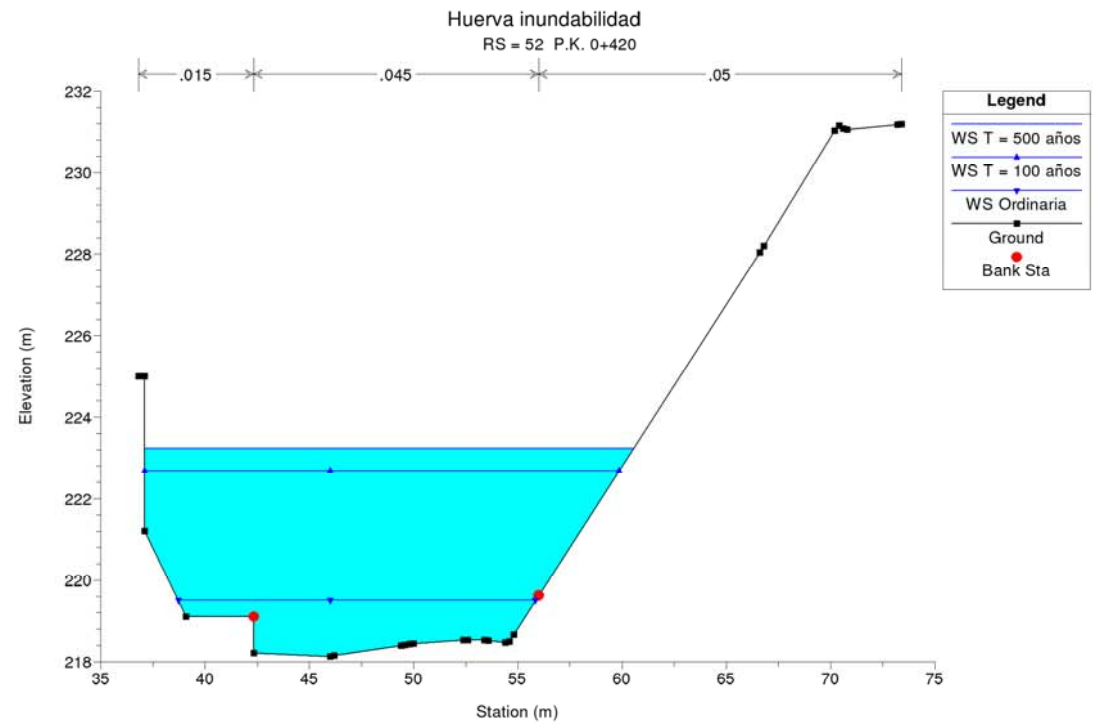
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	30	T = 500	219.80	215.53	221.48		221.85	0.001144	2.14	97.04	23.06	0.29
1	30	T = 100	182.20	215.53	220.87		221.22	0.001209	2.04	83.28	22.26	0.29
1	30	Ordinaria	20.57	215.53	217.17		217.28	0.003500	1.47	14.04	10.32	0.40
1	29	T = 500	219.80	215.39	219.92	219.92	221.66	0.014199	5.49	41.00	13.92	0.83
1	29	T = 100	182.20	215.39	219.48	219.48	221.04	0.015640	5.37	34.96	13.20	0.86
1	29	Ordinaria	20.57	215.39	216.99		217.17	0.006676	1.92	10.69	7.03	0.50
1	28	T = 500	219.80	215.35	220.22		221.07	0.005489	3.99	58.21	16.73	0.59
1	28	T = 100	182.20	215.35	219.73		220.51	0.005822	3.81	50.00	16.20	0.60
1	28	Ordinaria	20.57	215.35	216.90		217.05	0.004983	1.71	12.04	8.83	0.47
1	27	T = 500	219.80	215.27	219.96		220.98	0.002931	2.76	59.52	17.83	0.41
1	27	T = 100	182.20	215.27	219.53		220.42	0.003227	2.71	51.92	17.73	0.43
1	27	Ordinaria	20.57	215.27	216.75		216.93	0.006354	1.88	10.94	7.92	0.51
1	26	T = 500	219.80	215.15	220.00		220.85	0.005264	3.87	55.27	16.04	0.59
1	26	T = 100	182.20	215.15	219.54		220.30	0.005651	3.73	48.13	15.16	0.60
1	26	Ordinaria	20.57	215.15	216.67		216.81	0.004692	1.64	12.51	9.80	0.46
1	25	T = 500	219.80	215.08	220.32		220.66	0.001027	1.90	95.96	30.14	0.28
1	25	T = 100	182.20	215.08	219.81		220.11	0.001305	1.99	80.67	29.90	0.31
1	25	Ordinaria	20.57	215.08	216.59		216.71	0.004563	1.56	13.22	11.82	0.47

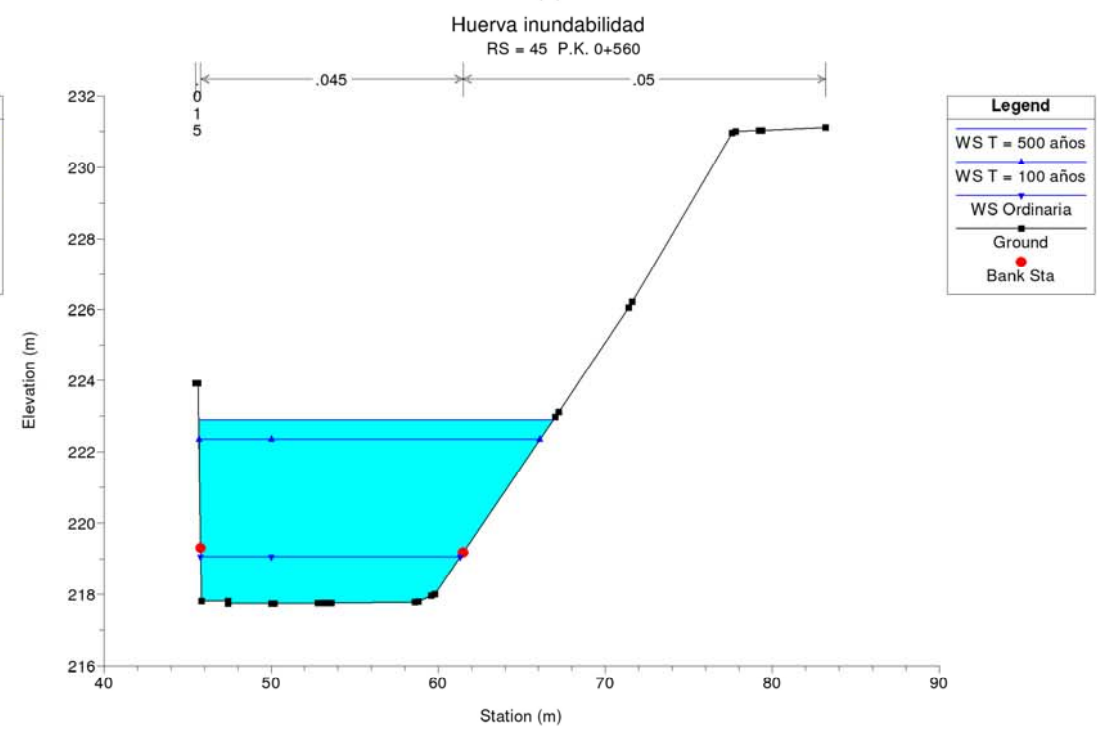
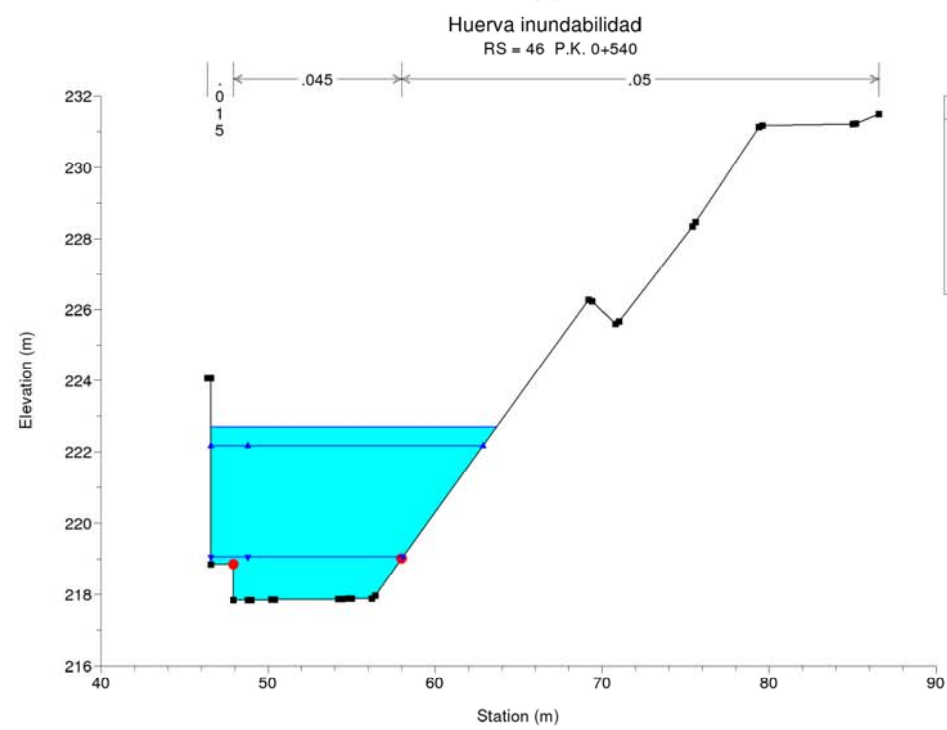
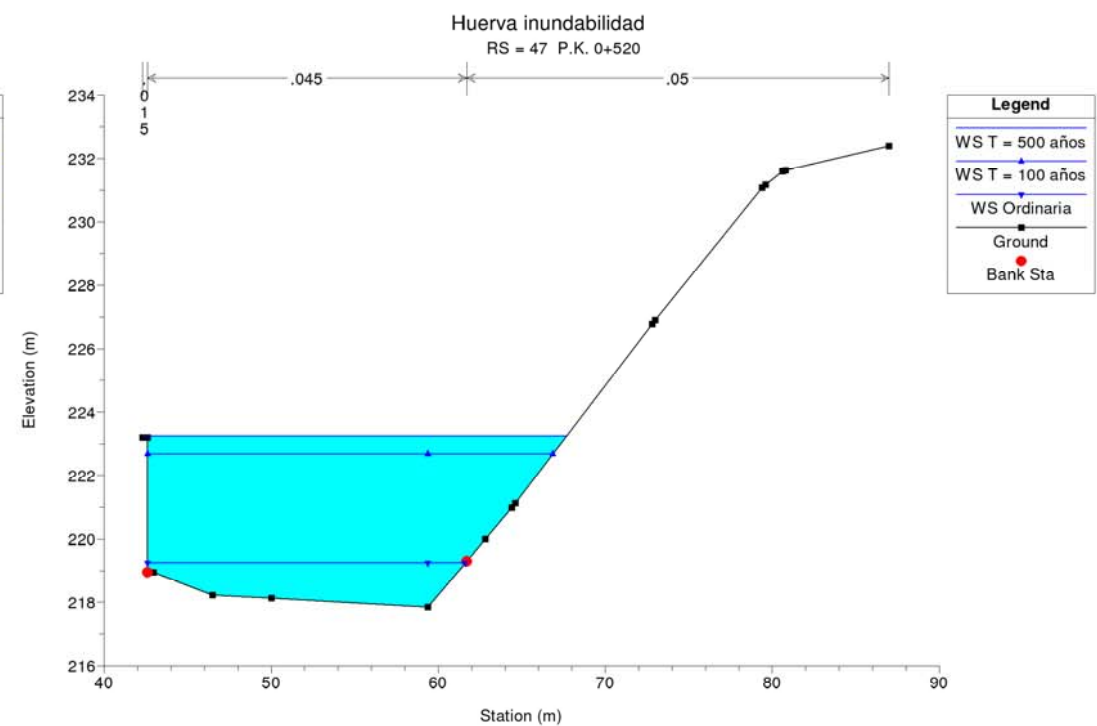
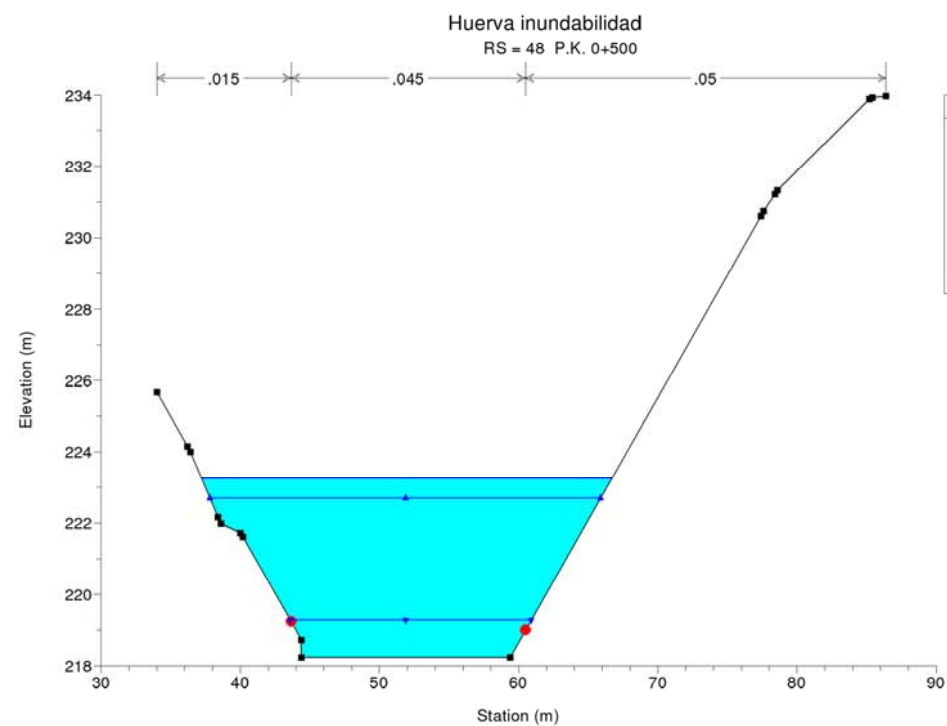


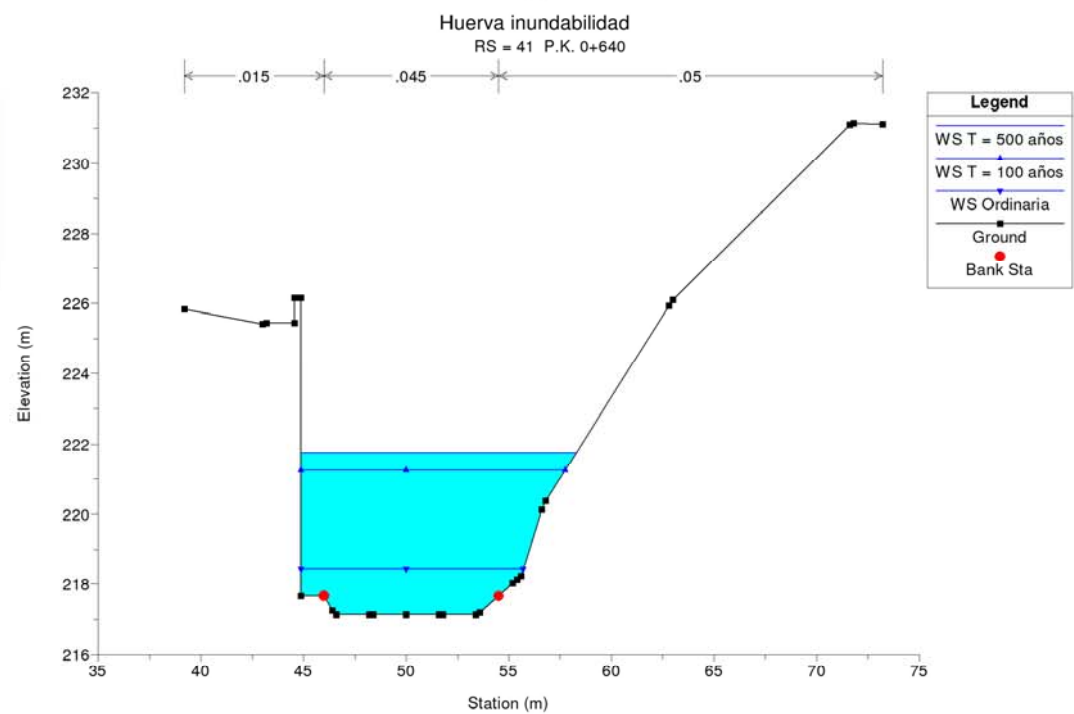
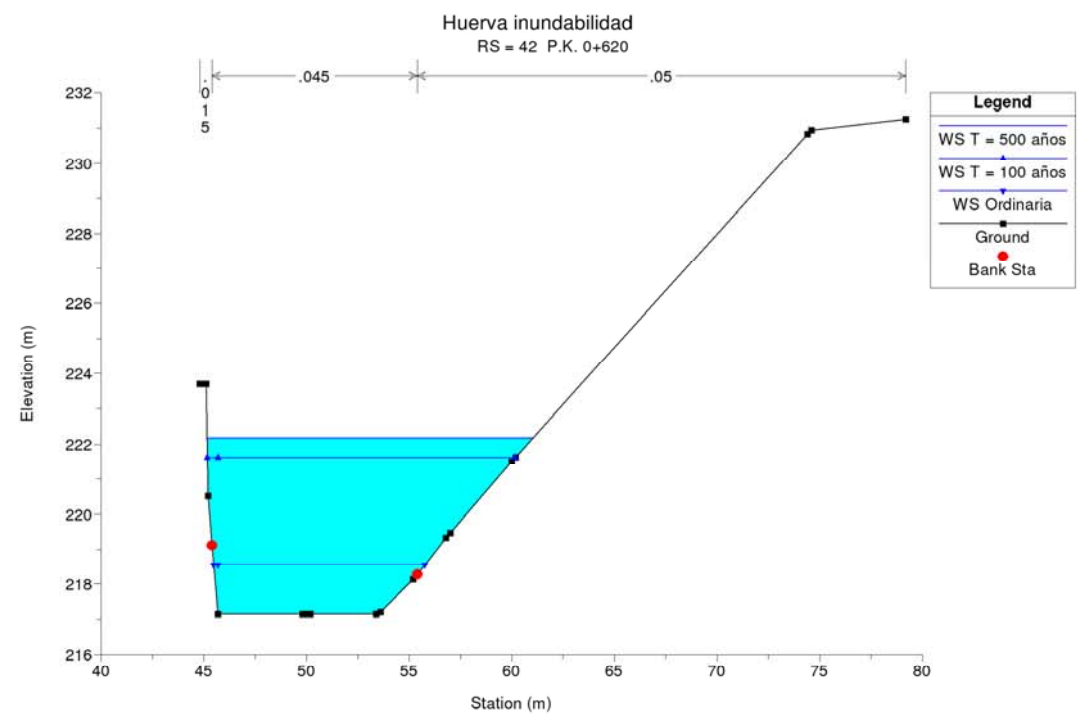
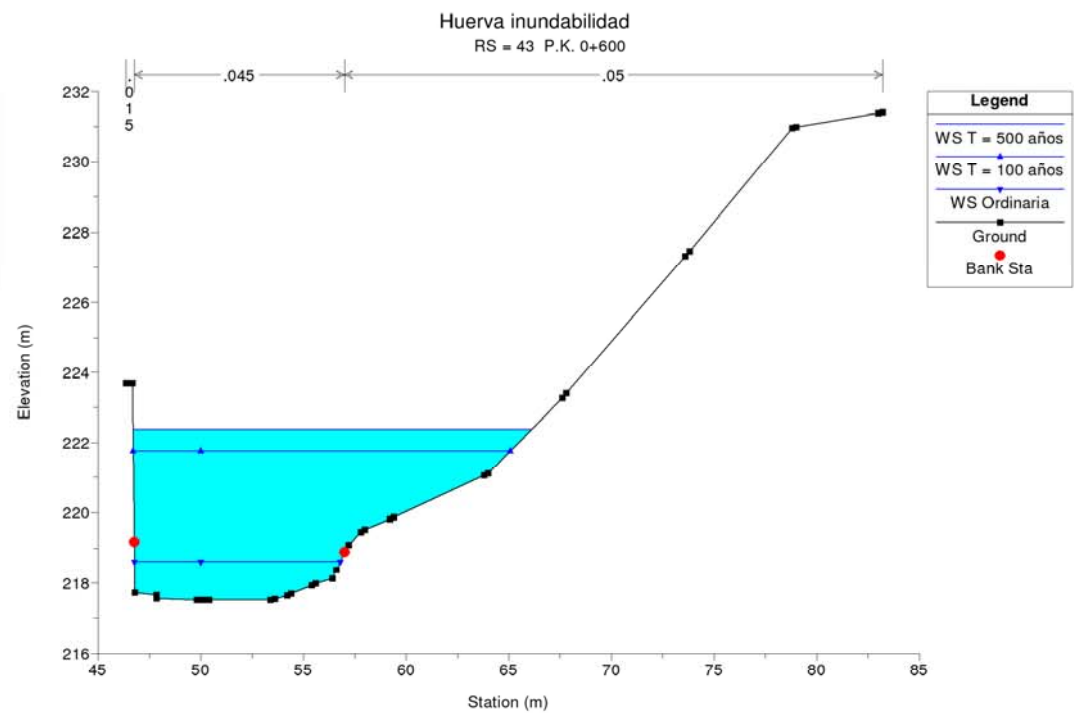
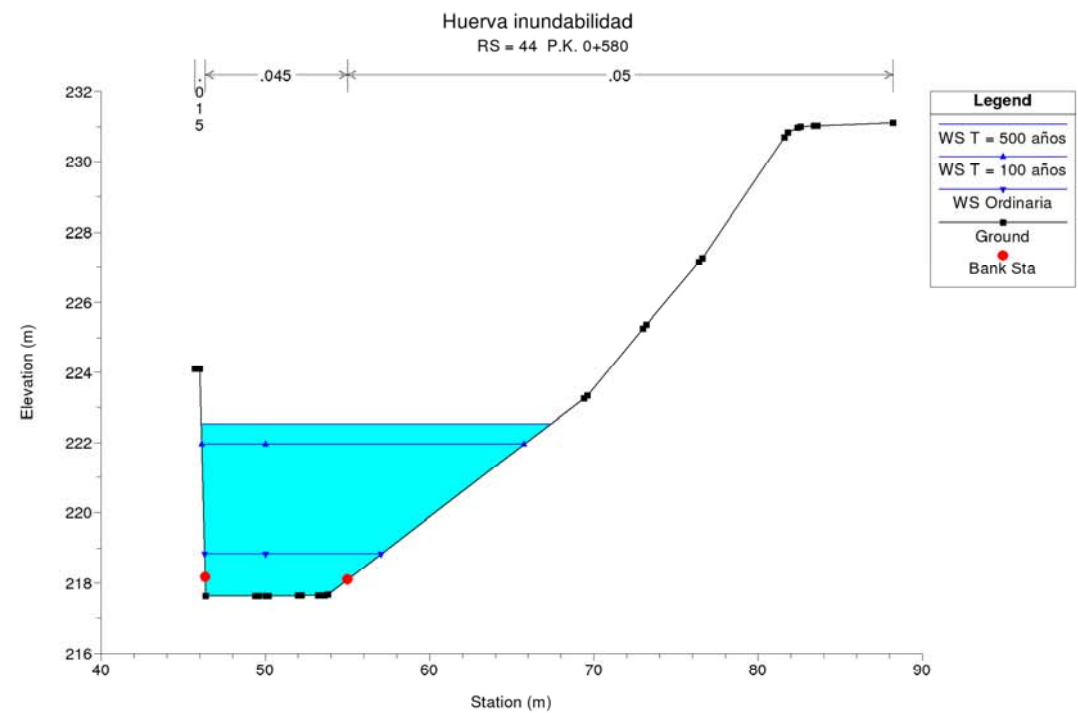


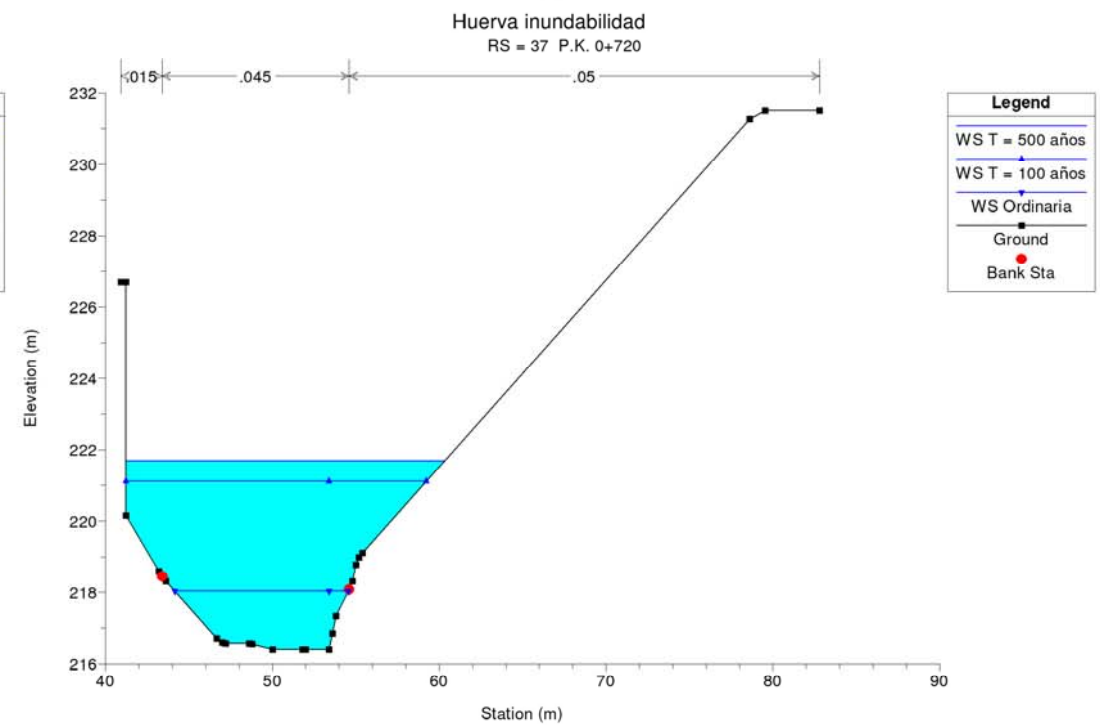
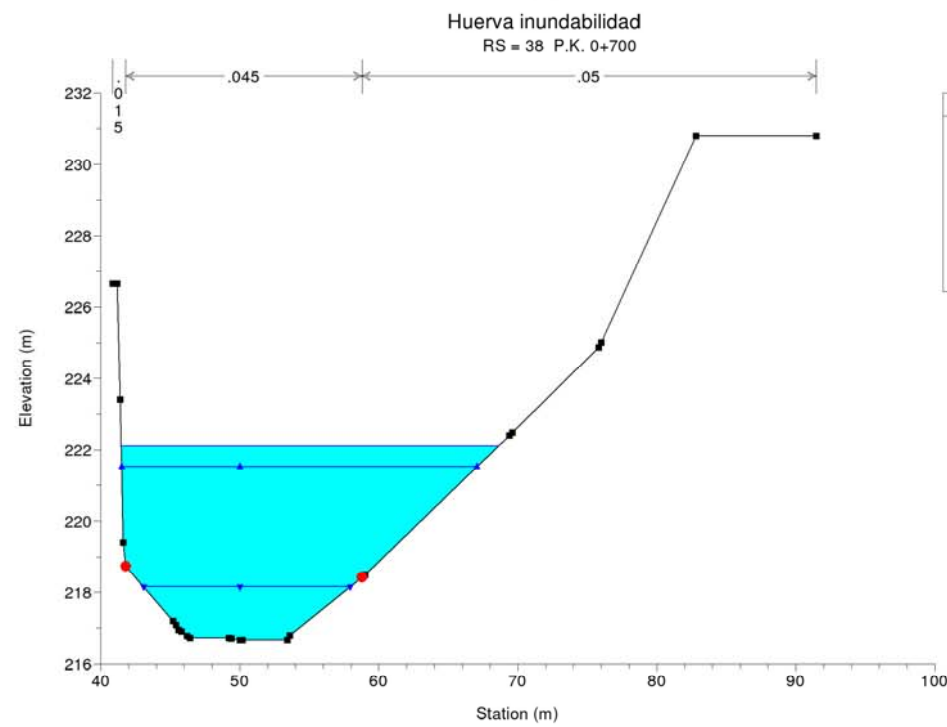
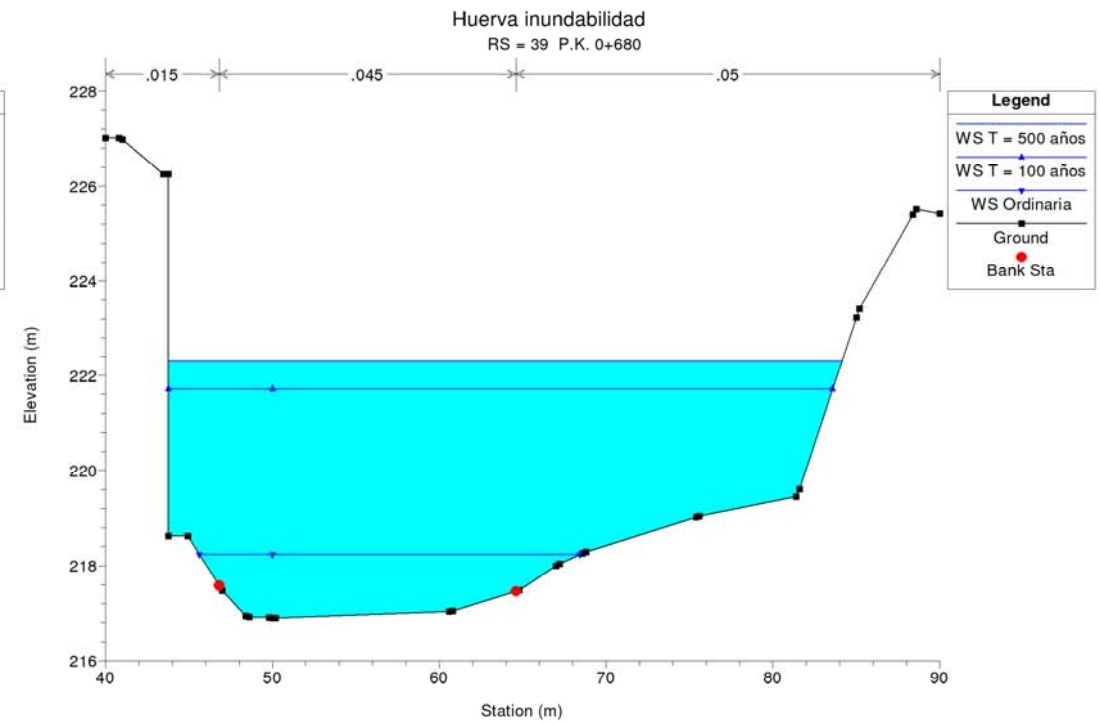
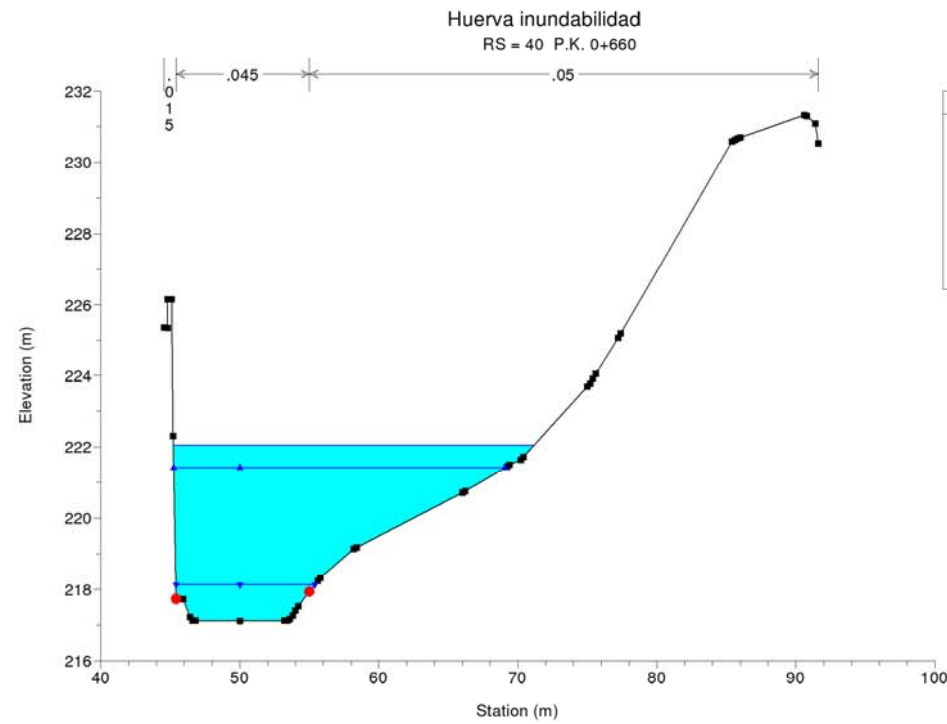


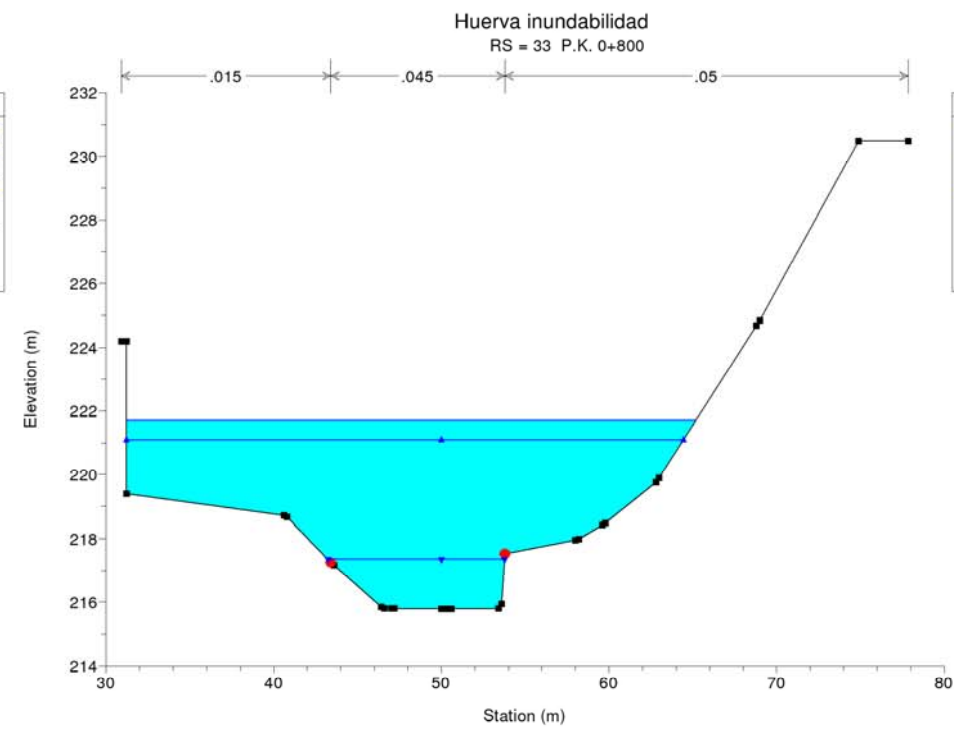
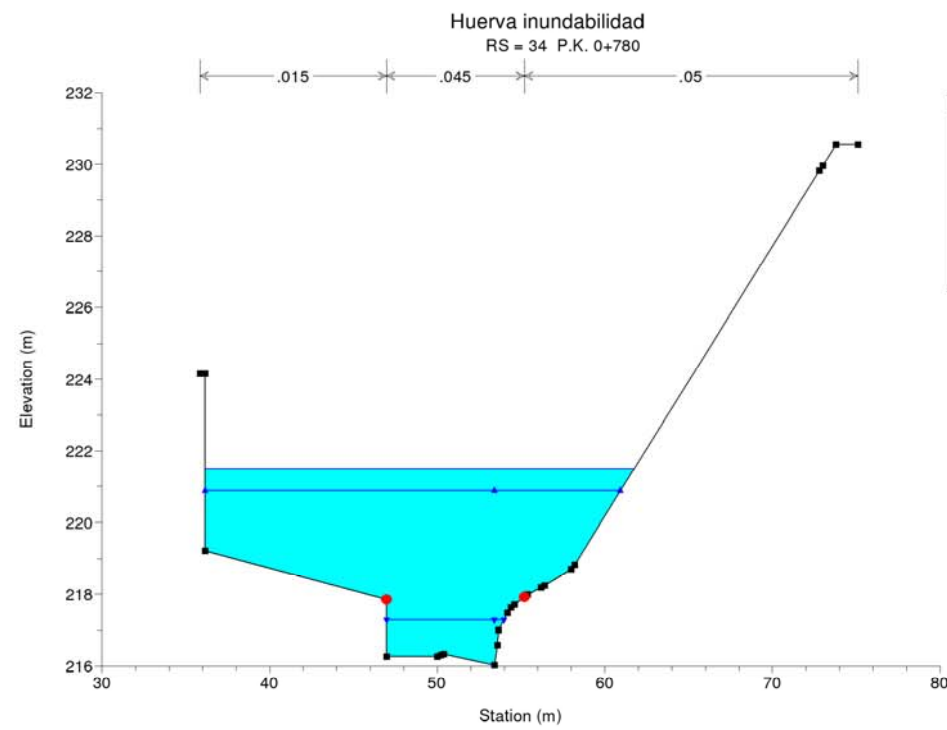
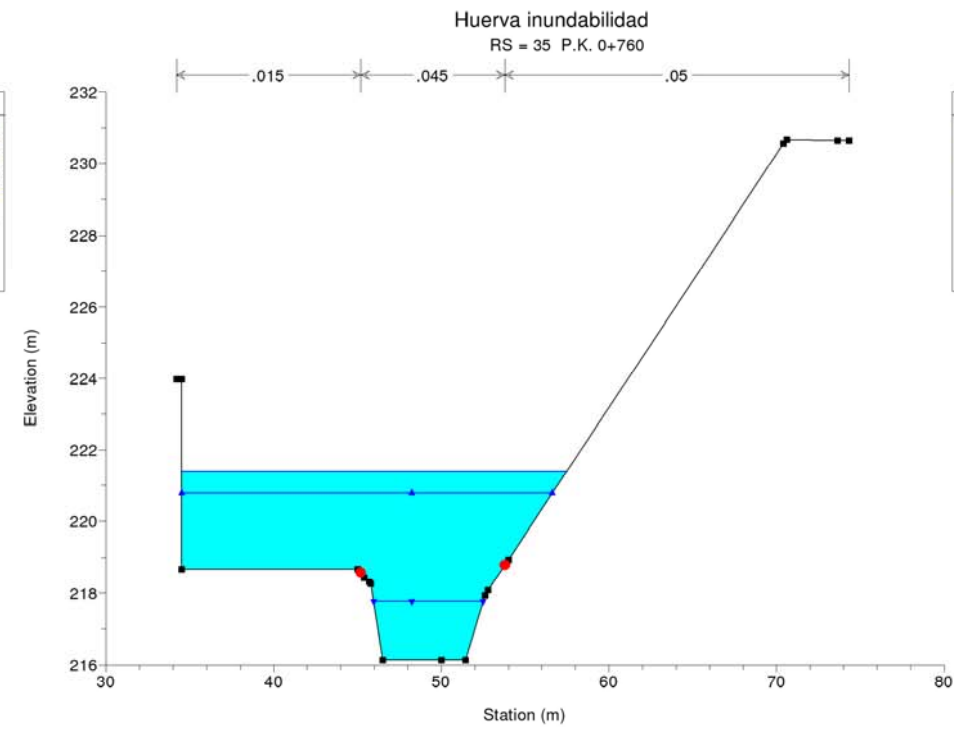
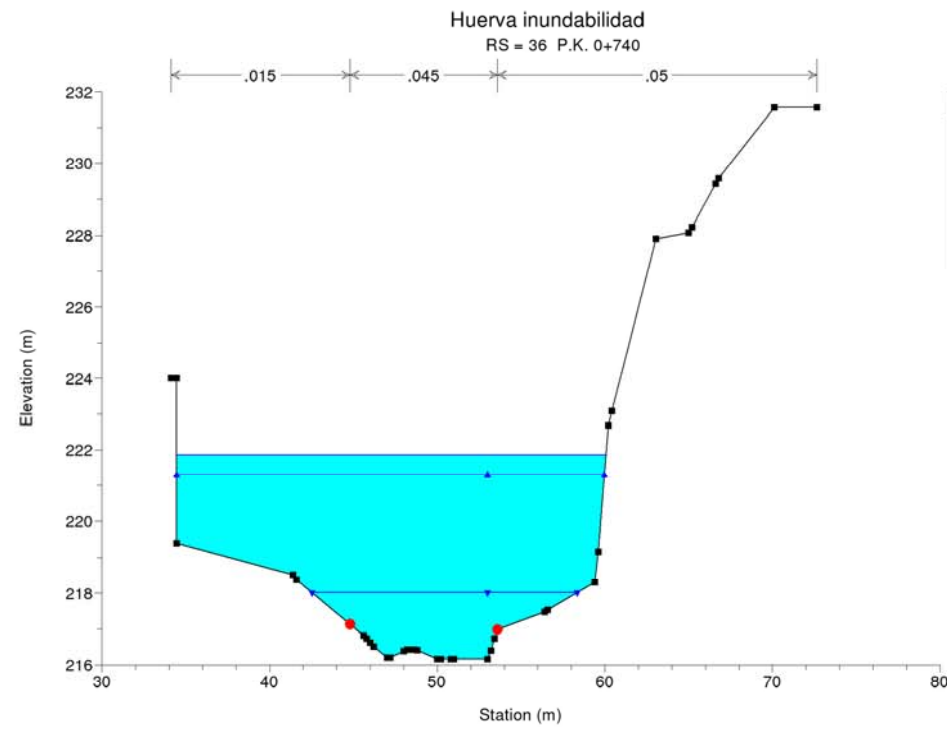


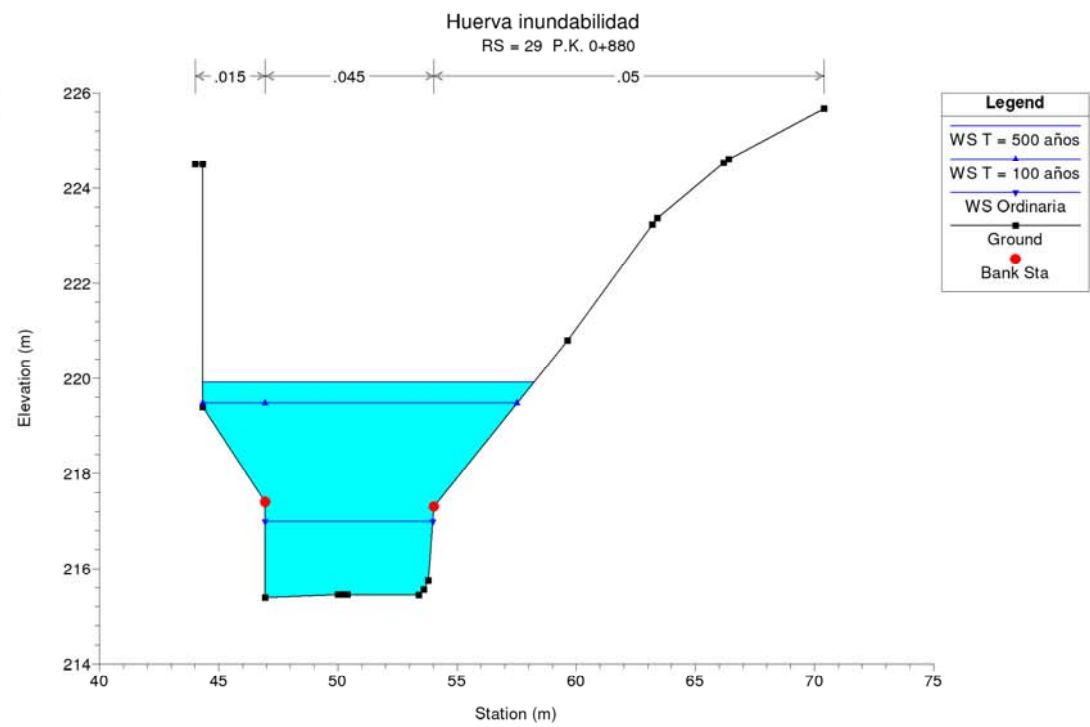
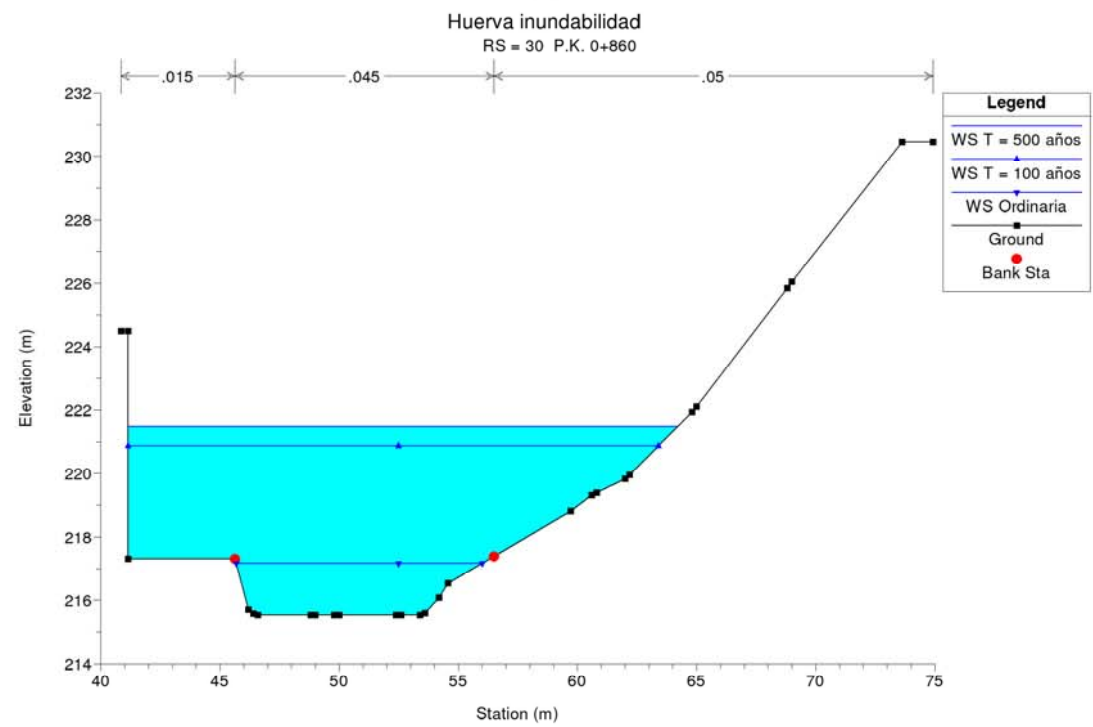
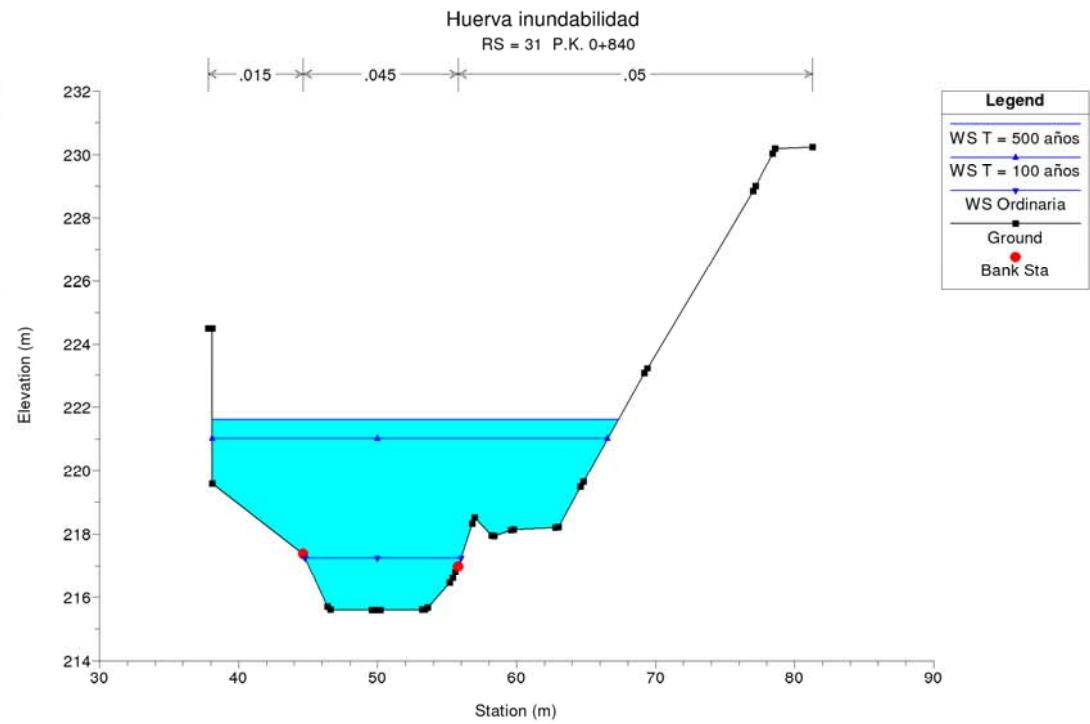
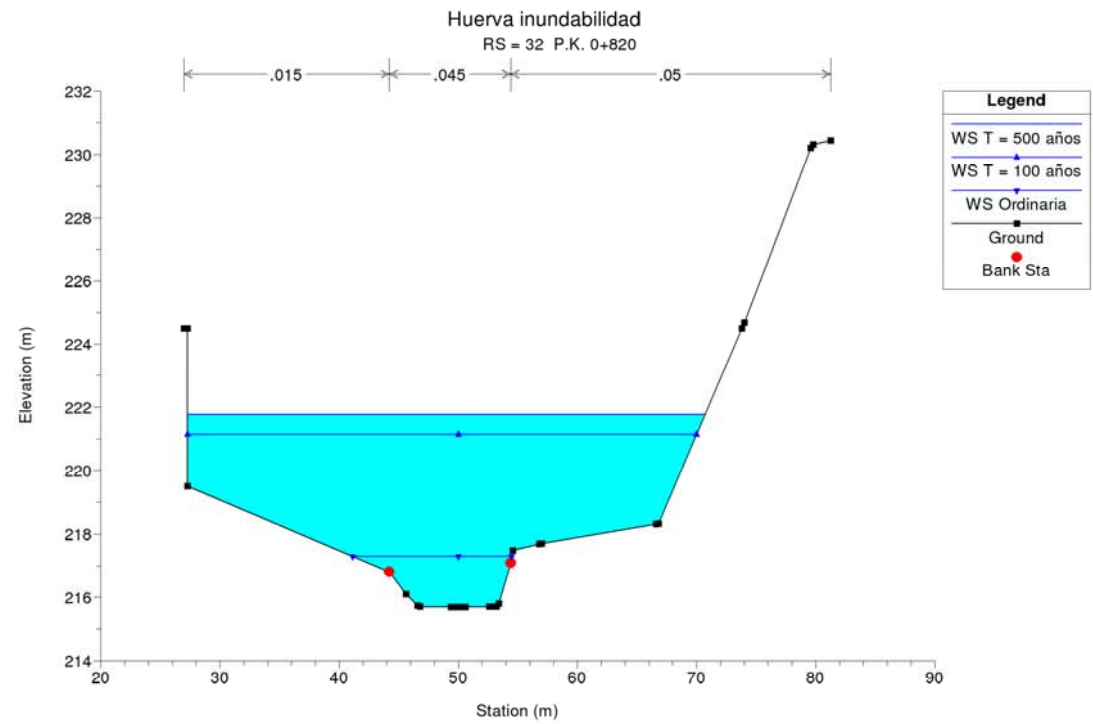


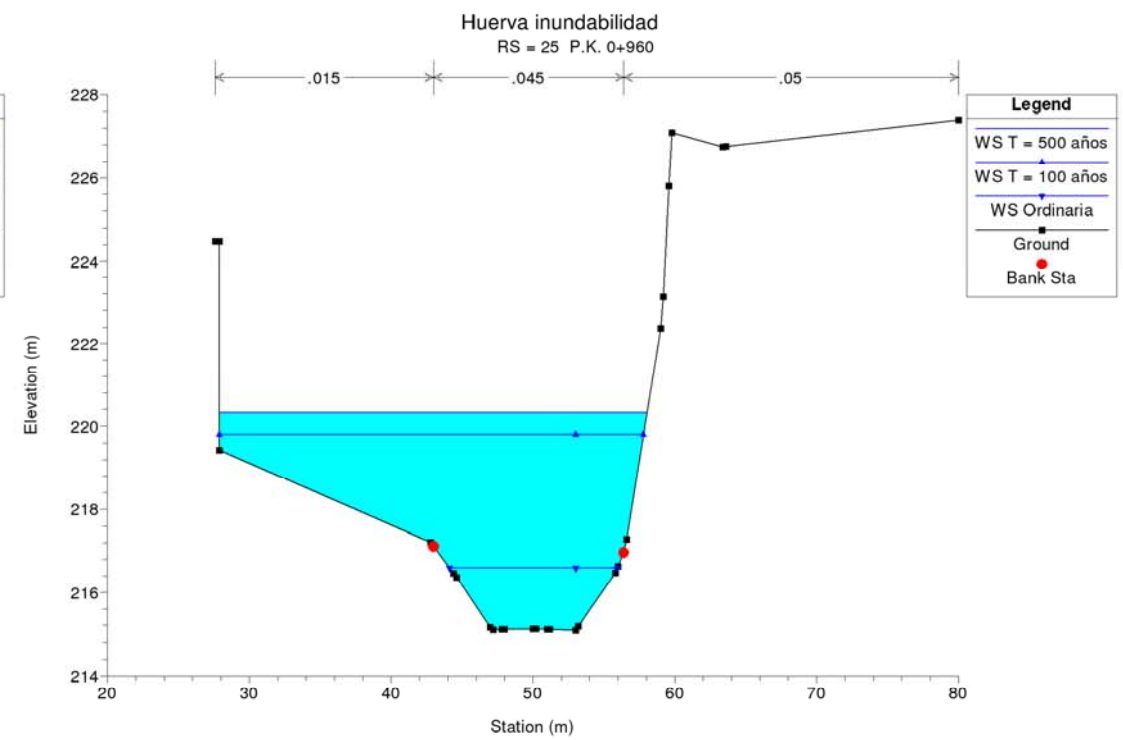
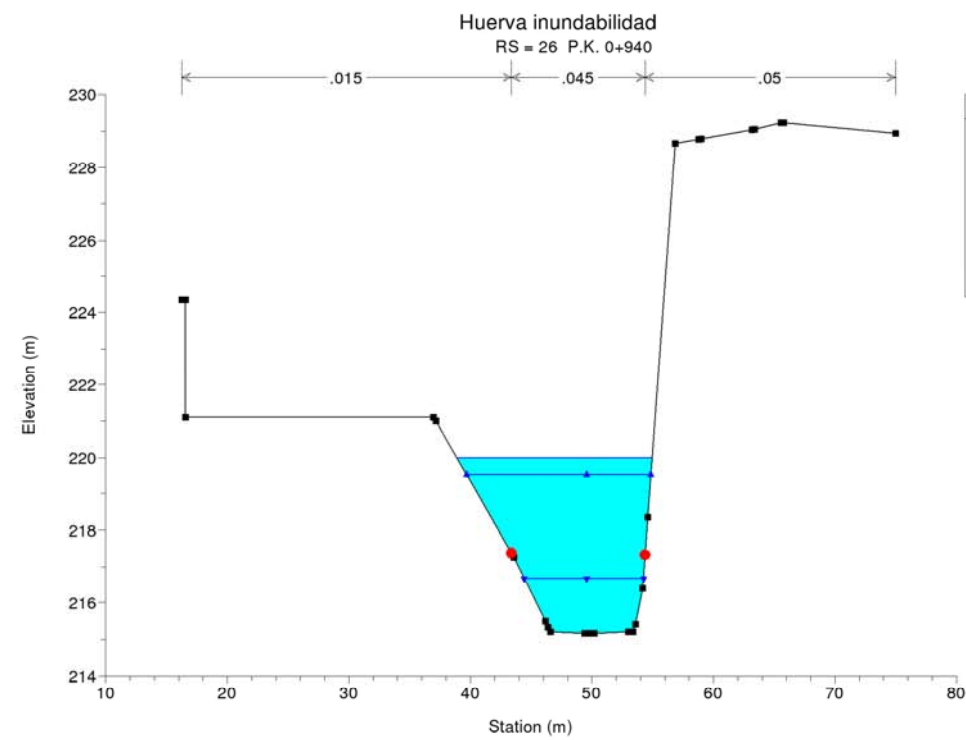
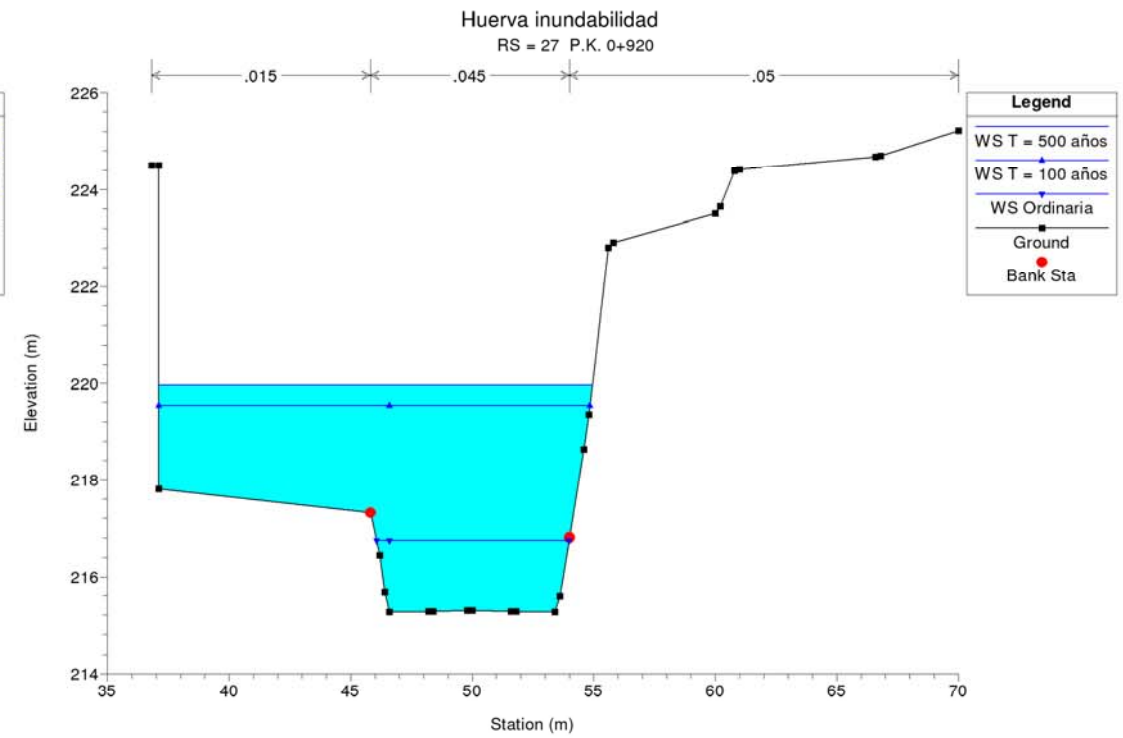
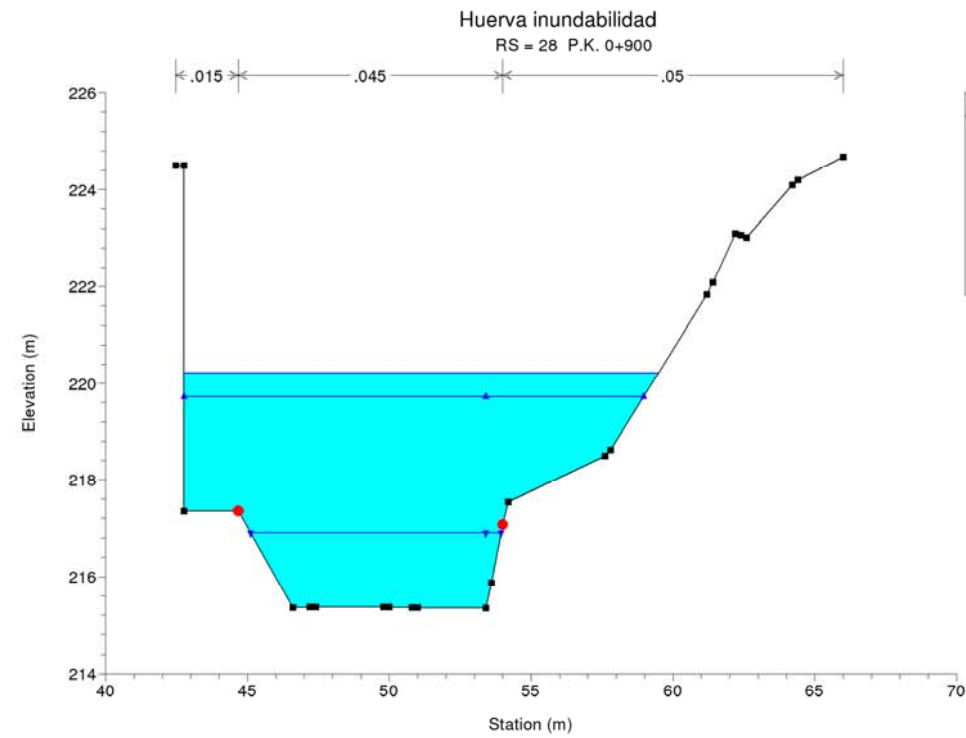




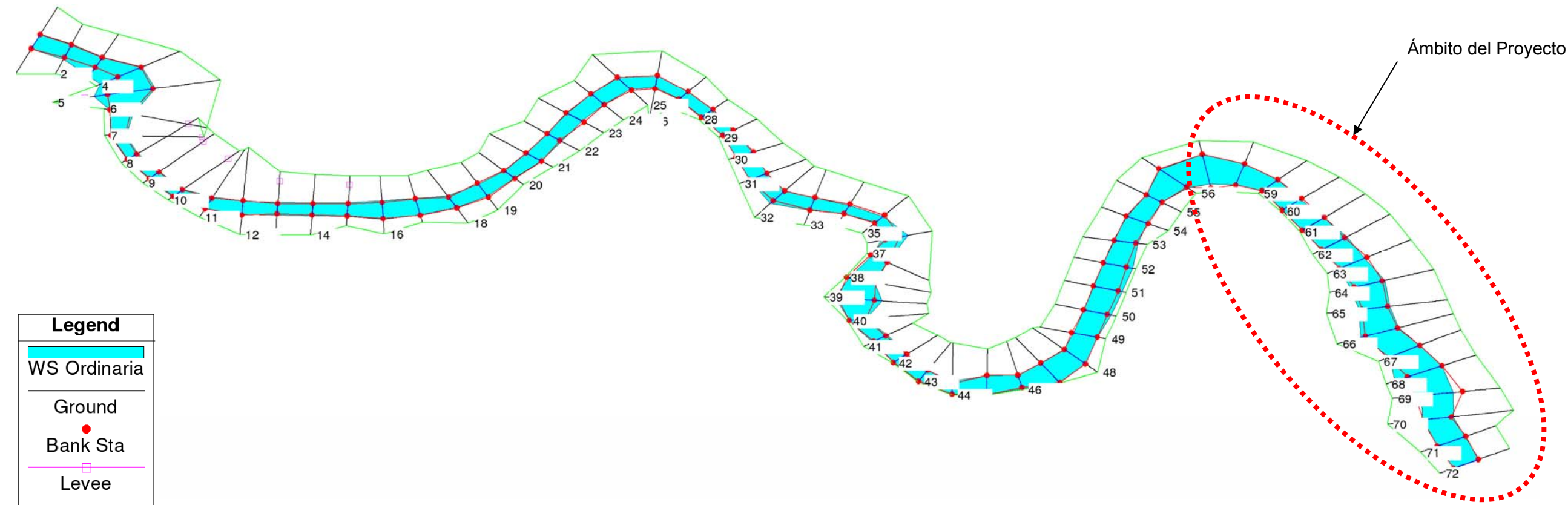


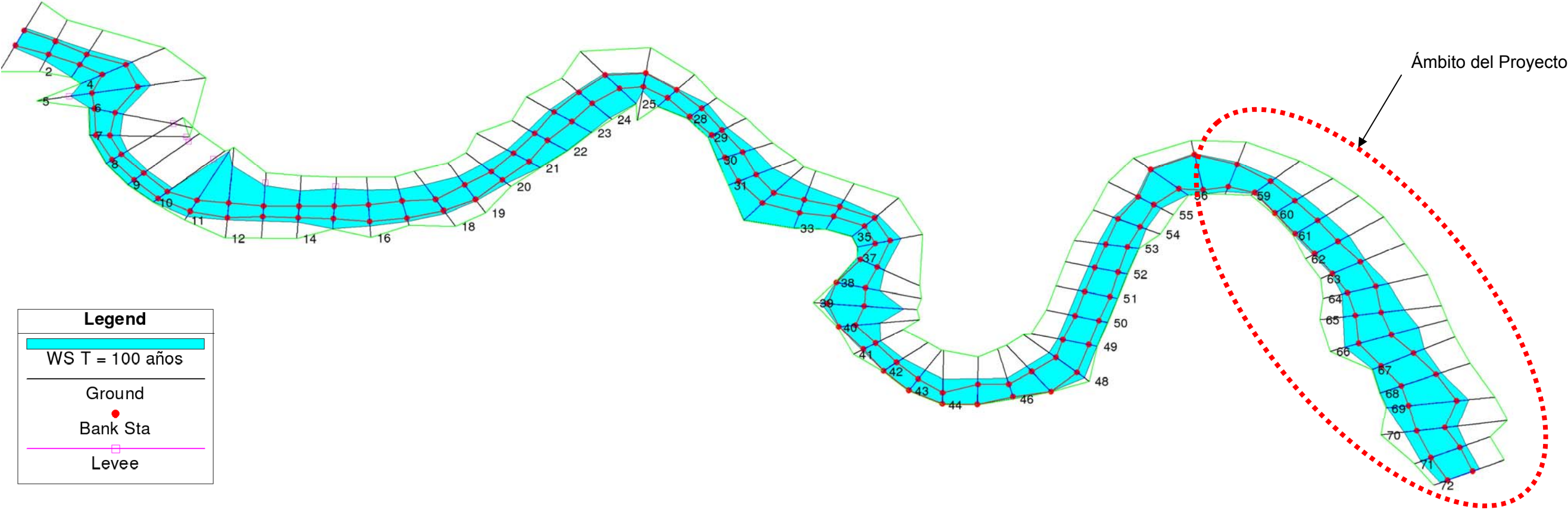


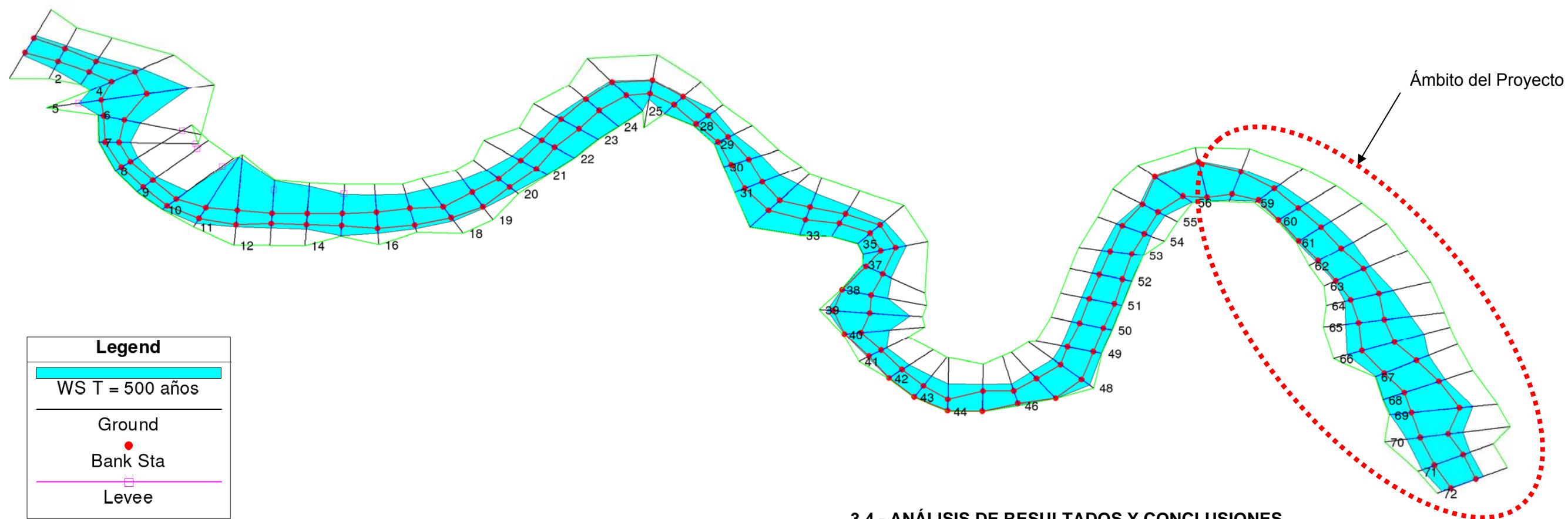




3.3.2.- Salidas gráficas del programa de simulación HEC-RAS







3.4.- ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El primer aspecto que se debe valorar son las posibles afecciones que se puedan derivar de las actuaciones realizadas en el cauce y márgenes del río Huerva. En nuestro caso no se realizan actuaciones de defensa ni modificación del cauce del río Huerva.

Se estima que las cotas máximas de calado obtenidas no afectan a la zona de actuación objeto del presente Proyecto, dado que se mantiene la sección hidráulica actualmente existente, por lo que concluye que los nuevos caminos y plataforma del parque quedarán por encima de dicha cota máxima.