



PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA SUPRESION DEL PASO A NIVEL DE LA ESTACION DE BEDIA Y NUEVO APARCAMIENTO

BEDIAKO GELTOKIAN TRENBIDE-PASAGUNEA EZABATZEKO ETA APARKALEKU BERRIA EGITEKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA



ANEJO 8: ESTUDIO HIDRAULICO

8. ERANSKINA: IKERKUNTZA HIDRAULIKOA

FEBRERO, 2021eko. OTSAILA

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA SUPRESION DEL PASO A NIVEL DE LA ESTACION DE BEDIA Y NUEVO APARCAMIENTO

ANEJO N° 8: ESTUDIO HIDRAULICO

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	2
2.1. SITUACIÓN ACTUAL.....	2
2.2. SITUACIÓN FUTURA	3
3. OBJETIVOS.....	4
4. METODOLOGÍA	5
4.1. DATOS REQUERIDOS POR EL PROGRAMA.....	5
4.2. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO	7
4.3. LIMITACIONES.....	9
5. ANÁLISIS DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	10
5.1. ZONA DE FLUJO PREFERENTE	10
5.2. CAUDALES.....	10
5.3. PARÁMETROS HIDRÁULICOS UTILIZADOS.....	10
5.4. GEOMETRIA.....	11
5.5. NIVELES DE INUNDACIÓN	12
6. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA Y RESULTADOS	13
6.1. PERFILES TRANSVERSALES.....	14
6.1.1. <i>Situación actual</i>	14
6.1.2. <i>Situación futura</i>	15
6.2. RESULTADOS NUMERICOS	16
6.2.1. <i>Situación actual y futura T100</i>	16
6.2.2. <i>Situación actual y futura T500</i>	17
6.3. VELOCIDADES.....	18
COMPARACIÓN CON LA SITUACION ACTUAL	19
7. CONCLUSIONES	20

1. INTRODUCCIÓN

El presente Estudio Hidráulico tiene por objeto analizar en detalle la situación hidráulica del río Ibaizabal a su paso por la zona donde se sitúa la estación de Bedia, en bedia (Bizkaia), en la nueva remodelación de la nueva estación que incluye un aparcamiento, un edificio de viajeros y una pasarela peatonal sobre las vías enmarcados dentro del “Proyecto Constructivo de la Supresion del paso a nivel de la Estacion de Bedia y Nuevo Aparcamiento”.

Este estudio se realiza para estudiar la afección que pudiera producir la implantación de una meseta de tierra contenida con muros de hormigón armado a la cota 60 aproximadamente en la zona de la estación para la ejecución de un aparcamiento disuasorio.

En los apartados siguientes se describe el modelo hidráulico utilizado, ya que la Agencia Vasca del Agua dispone del mismo en la zona, y se analizan os resultados sobre el modelo hidráulico que producirían las modificaciones geométricas contempladas en el cauce del río en la zona del proyecto.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1. SITUACIÓN ACTUAL

El proyecto de remodelación de la estación está situado en el municipio de Bedia, junto al puente que cruza el río Ibaizabal para acceder a la estación.

La parcela en la que se prevé implantar el aparcamiento tiene una superficie de 3.900 m² aproximadamente.

Los suelos que integran dicha zona se clasifican como rurales.



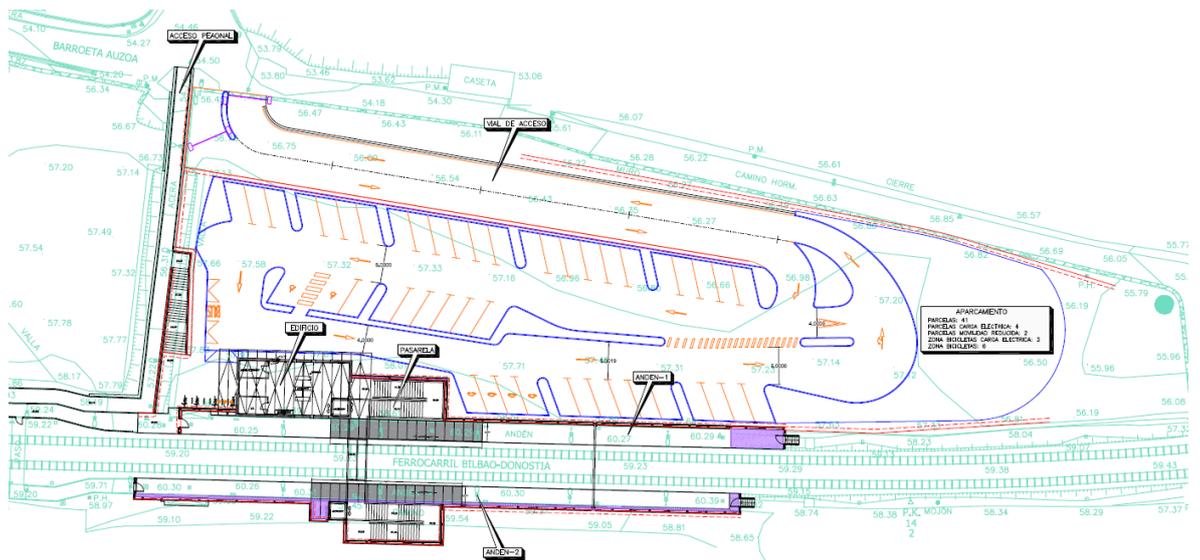
2.2. SITUACIÓN FUTURA

La parcela se ocupará casi en su totalidad por un aparcamiento disuasorio que dará servicio a la estación. La nueva estación dispondrá del acceso peatonal existente a día de hoy al que se le añadirán unas escaleras para acceder a la explanada que da acceso al edificio de la estación.

Junto al edificio de viajeros se prevé la ejecución de una pasarela peatonal para cruzar las vías que permitirá la supresión del paso a nivel existente entre los andenes.

En el resto de la parcela se ejecutará un aparcamiento con los viales de acceso. En la zona anexa al río donde existe un vial paralelo a la parcela, se ejecutará un muro que arranca desde la cota del vial inferior irá ganando cota junto con la rampa de acceso al aparcamiento hasta alcanzar la cota 60.

La ejecución de este muro es la que podría ocasionar modificaciones en el comportamiento hidráulico del río a su paso por esta zona.



3. OBJETIVOS

Los objetivos del presente Estudio Hidráulico, son, entre otros, los que a continuación se enumeran:

- Conocer las variaciones que se producen en la cota de la lámina de agua en las secciones modeladas en la zona de la parcela (15224 y 15624) para los periodos de retorno de 100 y 500 años.

- Analizar la afección que produce la pérdida de sección en este segmento del río agua arriba y abajo en cuanto a la lámina de agua y la velocidad del flujo hidráulico

- Garantizar el correcto funcionamiento hidráulico del cauce para la avenida correspondiente a los periodos de retorno estudiados (100 y 500 años).

En el presente documento se incluyen los resultados del programa Hec-Ras, con la inclusión de los niveles de las láminas de agua para cada periodo de retorno analizado, así como las líneas de inundación para los diferentes periodos de retorno.

En los capítulos siguientes se describen los trabajos realizados y los resultados hidráulicos obtenidos.

4. METODOLOGÍA

Para el estudio hidráulico en el río Ibaizabal en la zona de estudio, se han realizado simulaciones de su comportamiento utilizando el programa HEC-RAS, desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos. La versión empleada ha sido la 5.0.0 de febrero de 2016.

El programa HEC-RAS fue diseñado para calcular líneas de agua en ríos y canales en caso de movimiento gradualmente variado. El procedimiento de cálculo se basa en la resolución de la ecuación unidimensional de la energía usando el método del "Standard Step". El programa puede ser aplicado en estudios de gestión de llanuras de inundación y en estudios de seguros frente a inundaciones a fin de evaluar el efecto de los obstáculos al paso de avenidas y deslindar las zonas de riesgo de crecidas. El modelo también se puede usar para evaluar los efectos en el nivel del agua causados por mejoras en el cauce y en los diques y por la presencia de puentes y otras estructuras en la llanura de inundación.

4.1. DATOS REQUERIDOS POR EL PROGRAMA

- Datos geométricos del cauce: el programa necesita un cierto número de secciones transversales del cauce. Para cada sección deberán indicarse al menos los siguientes datos:

- - Las coordenadas de los puntos que la definen.
- - Las distancias hasta la sección situada inmediatamente aguas abajo, medidas a lo largo del canal principal y de cada orilla.
- - Los valores del número de Manning en el canal principal y las dos orillas.
- - Los límites del canal principal.
- - Los coeficientes de contracción y expansión del flujo.

Además, podrá incluirse información adicional, como la presencia de diques, zonas obstruidas o cauces secundarios no incluidos en la corriente principal.

- Definición de obras: el programa permite modelizar el comportamiento de puentes, alcantarillas, compuertas,... Los principales datos requeridos son:

- - Coordenadas de los puntos que definen el tablero, expresadas en ternas de la forma (x, y del cordón superior, y del cordón inferior).
- - Anchura del tablero.
- - Taludes de la carretera o vía.
- - Forma y dimensiones de las pilas.

- Datos de flujo:

- - Caudal inicial.
- - Variaciones de caudal a lo largo del tramo estudiado (p.ej, por la llegada de un afluente).

-
- - Condiciones de contorno en los extremos del tramo de estudio. Estas condiciones de contorno pueden ser de varios tipos (calado crítico, calado normal, altura de lámina conocida...).
 - - Régimen de flujo.
 - Parámetros de cálculo:
 - - Método de cálculo de la pendiente hidráulica.
 - - Método de cálculo del calado crítico.
 - - Condiciones de convergencia.

4.2. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

El objetivo primordial del programa HEC-RAS es calcular la cota de agua en los puntos de interés en función del caudal circulante a lo largo del río.

Los cálculos comienzan en una sección transversal con condiciones iniciales conocidas o estimadas y se procede hacia aguas arriba si el régimen es lento o hacia aguas abajo si, por el contrario, el régimen es rápido. Los calados para cálculos en régimen lento están constreñidos al calado crítico o menores.

La metodología usada en el modelo HEC-RAS para el cálculo de líneas de agua se detalla a continuación:

- Las siguientes dos ecuaciones (Ec. nº 1 y nº 2) se resuelven por un procedimiento iterativo ("Standard Step") a fin de obtener la cota de agua en una sección transversal.

$$WS_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = WS_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

$$h_e = LS_f + C \left(\frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right)$$

Donde:

WS_1, WS_2 = Cota de agua en las secciones 1 y 2.

V_1, V_2 = Velocidades medias (relación entre el caudal total y la sección) en las secciones 1 y 2.

$\alpha_1 + \alpha_2$ = Coeficientes de velocidad en las secciones 1 y 2.

g = Aceleración de la gravedad.

h_e = Pérdida de carga entre las secciones 1 y 2.

L = Distancia ponderada con el caudal entre las secciones 1 y 2.

S_f = Pérdida de carga unitaria (pendiente de fricción) entre las secciones 1 y 2.

C = Coeficiente de pérdida por contracción o por expansión.

- La distancia entre secciones, L , se obtiene ponderando las distancias por la llanura de inundación izquierda, por el cauce y por la llanura de inundación derecha con sus respectivos caudales resultantes de promediar los caudales correspondientes de la sección 1 con los de la sección 2.

- La pendiente de fricción representativa se expresa normalmente como sigue (Ec. nº 3), aunque es posible utilizar ecuaciones alternativas:

$$S = \left(\frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2$$

donde K_1 y K_2 representan el transporte al principio y final del tramo entre secciones.

- El transporte se define de la siguiente manera (Ec. nº 4):

$$K \frac{1}{n} A.R^{2/3}$$

Donde:

n = Número de Manning

A = Área de la sección considerada

R = Radio hidráulico

El transporte total para una sección transversal se obtiene sumando el transporte de las llanuras de inundación izquierda y derecha y del cauce.

- El coeficiente de velocidad α para una sección se obtiene con la siguiente ecuación (Ec. nº 5):

$$\alpha = \frac{A^2_T}{K^3_T} \left(\frac{K^3_{LOB}}{A^2_{LOB}} + \frac{K^3_{CH}}{A^2_{CH}} + \frac{K^3_{ROB}}{A^2_{ROB}} \right)$$

donde el subíndice T se refiere a la sección transversal total, LOB a la llanura de inundación izquierda, CH al cauce y ROB a la llanura de inundación derecha.

- El procedimiento de cálculo iterativo para resolver las ecuaciones (1) y (2) es como sigue:
 - Estimar la cota de agua en la sección de aguas arriba (WS_2) ya que se parte de que WS_1 es conocida.
 - Basándose en WS_2 , determinar el transporte total y la carga de velocidad correspondientes.
 - Con los valores del paso 2, obtener la pendiente de fricción S_f y resolver la ecuación (2) para obtener la pérdida de carga en el tramo h_e .
 - Con los valores de los pasos 2 y 3, obtener el valor de WS_2 de la ecuación (1).
 - Comparar el valor obtenido de WS_2 con el estimado en el paso 1 y repetir los pasos del 1 al 5 hasta que la diferencia sea menor que un valor dado (0,01 m.).

El primer ciclo iterativo se basa en la pendiente de fricción de las dos secciones transversales previas. El segundo ciclo comienza asumiendo que el nivel del agua es la media entre el nivel resultante en el primer ciclo y el que se estimó inicialmente. Una vez equilibrado el nivel de agua en una sección transversal, se efectúa una serie de comprobaciones con objeto de asegurarse de que el calado es mayor o igual al crítico, si el régimen es lento, o igual o menor si el régimen es rápido. Si esto no se cumple, se asume que el calado de la sección coincide con el crítico de dicha sección para el caudal considerado y se emite un mensaje indicando dicha circunstancia. La aparición del calado crítico en el programa es generalmente el resultado de un problema relacionado con las distancias entre perfiles o con su geometría aunque, en ocasiones, surge que el flujo es realmente crítico.

4.3. LIMITACIONES

Las siguientes suposiciones están implícitas en las expresiones analíticas usadas en el programa:

- El régimen es permanente, ya que los términos de la ecuación de la energía que dependen del tiempo no se incluyen.
- El movimiento es gradualmente variado, porque la ecuación (1) está basada en la premisa de que exista distribución hidrostática de presiones en cada sección transversal.
- El flujo es unidimensional porque la ecuación (4) está basada en que la carga hidráulica total es la misma para todos los puntos de una sección transversal.
- Las pendientes deben ser pequeñas (menores del 10%) porque la carga de presión, que es una componente de WS en la ecuación (1), está representada por la altura de agua medida verticalmente.

5. ANÁLISIS DE LA ZONA DE ESTUDIO

Se ha analizado la situación hidráulica actual utilizando el programa HEC-RAS, versión 5.0.0, como se ha comentado en apartados anteriores; el modelo utilizado es el denominado **Bolumburu-Lemona.prj**. En él se ha definido tanto la situación actual como la futura.

5.1. ZONA DE FLUJO PREFERENTE

La zona de flujo preferente (línea morada) del cauce del río queda en el límite de la parcela sobre la que se prevé actuar.



5.2. CAUDALES

Los caudales que se han tenido en cuenta son los que se han utilizado por URA para en el modelo hidráulico para el estudio de la inundabilidad en los márgenes del río Ibaizabal:

5.3. PARÁMETROS HIDRÁULICOS UTILIZADOS

Los parámetros hidráulicos utilizados en el modelo son:

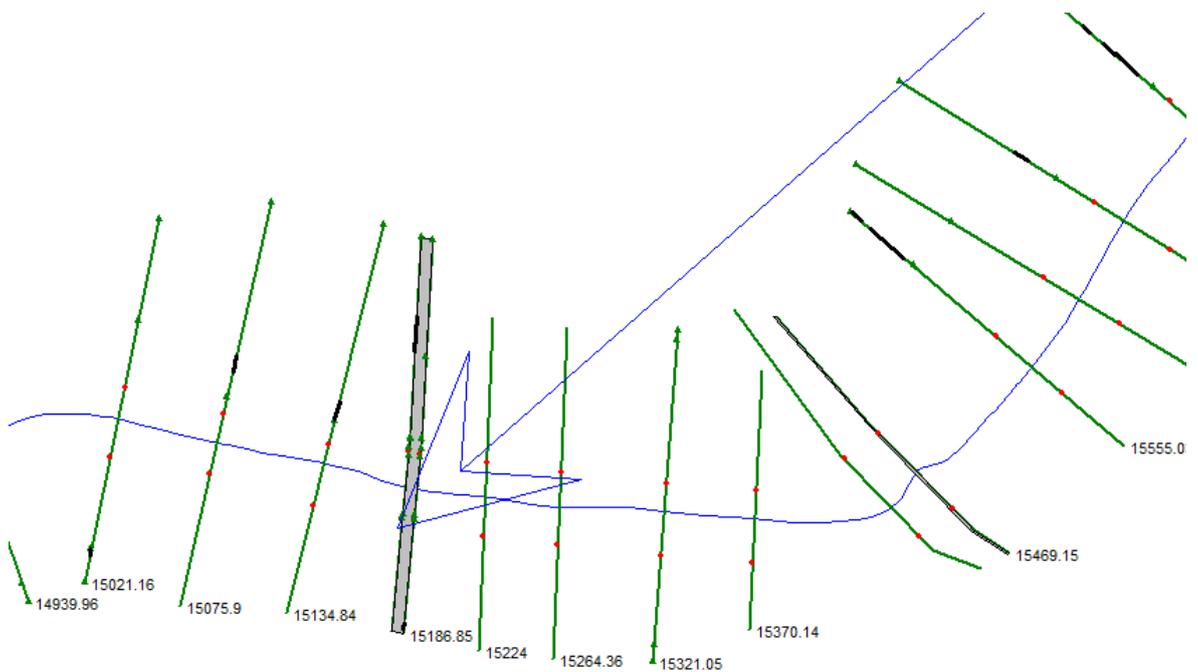
- Número de Manning en el cauce → 0,035.
- Número de Manning en ambas márgenes → 0,1 / 0,08.
- Coeficientes de expansión entre las secciones → 0,3 / 0,5

- Coeficientes de contracción entre las secciones → 0,1 / 0,3
- Coeficientes de expansión en puentes → 0,5
- Coeficientes de contracción en puentes → 0,3
- Condición de contorno → Pendiente del cauce

5.4. GEOMETRIA

El modelo utilizado se denomina “Bolumburu-Lemoa.prj” e incluye las siguientes geometrías:

- “T500_Actual.g01”, “T100_Actual.g02” y “T500_parking.g03, T100_parking.g04”: Contienen los rios Ibaizabal y Arratia.



5.5. NIVELES DE INUNDACIÓN

Con el modelo hidráulico elaborado, con los criterios indicados anteriormente, se analiza la respuesta del tramo de cauce en estudio al paso de las series de caudales recurrentes correspondientes, obteniendo las alturas alcanzadas por las láminas de agua en cada caso.

Con objeto de facilitar la interpretación de los resultados numéricos del programa, se realizan representaciones gráficas de los perfiles longitudinales con indicación de las cotas, tanto del lecho del río como de los niveles de la lámina de agua para los periodos de retorno analizados.



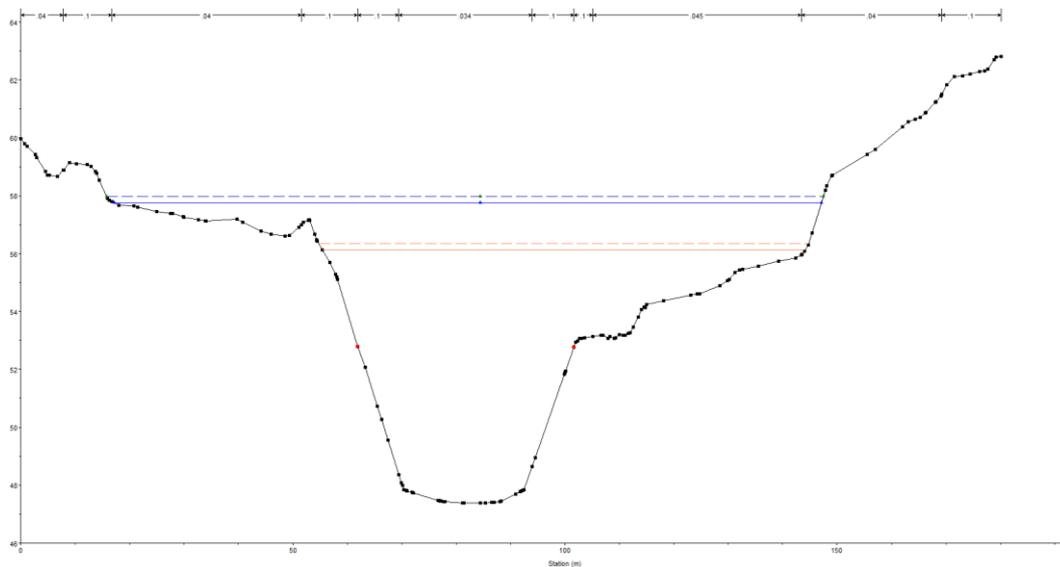
6. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA Y RESULTADOS

En los apartados siguientes se presentan las tablas con los resultados numéricos de la modelización efectuada en el estudio, tanto en la situación actual como la situación futura (implantación Del aparcamiento en la estación de Bedia), en el tramo de cauce analizado, y los resultados gráficos en los que se han representado los perfiles transversales del río implicados, con las láminas de agua correspondientes a las avenidas de 100 y 500 años de periodo de retorno.

6.1. PERFILES TRANSVERSALES

6.1.1. Situación actual

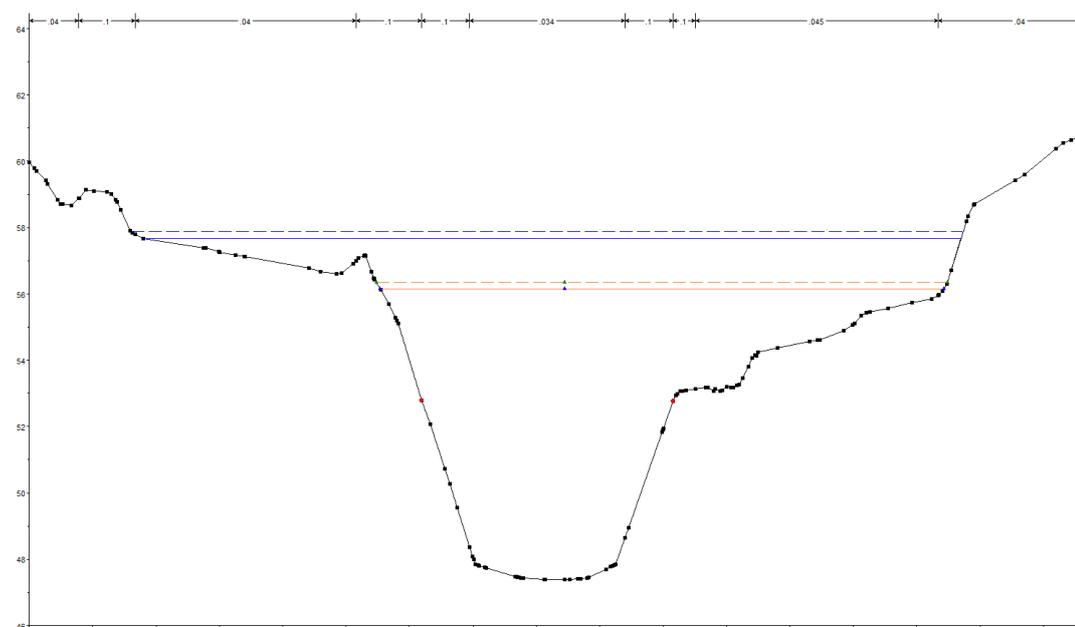
ESTACION 15264



WS (T=100)= 56,25m

WS (T=500)= 57,75m

ESTACION 15224

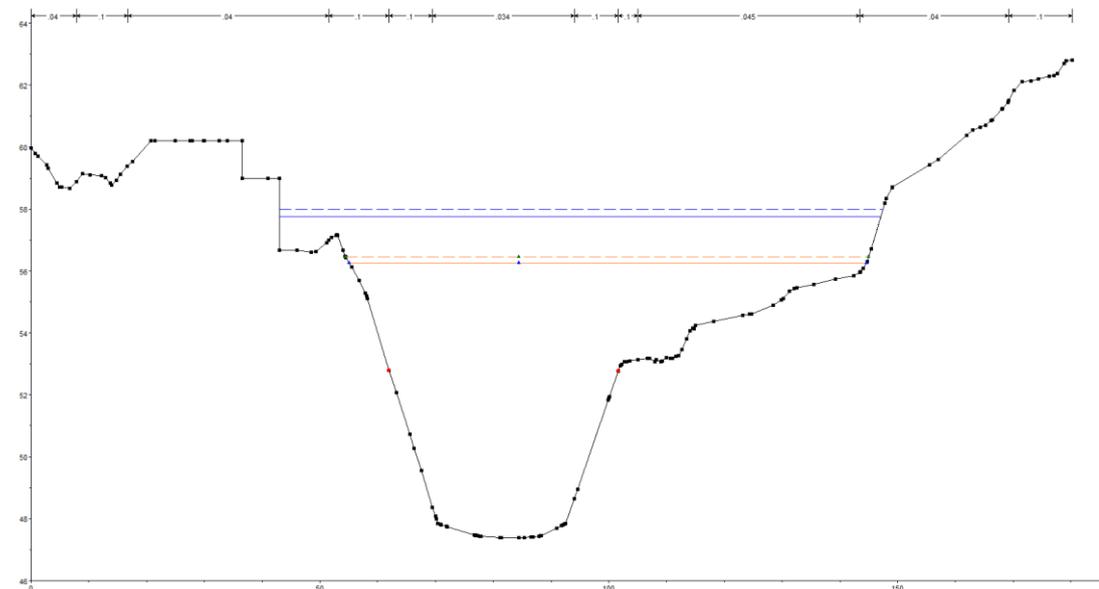


WS (T=100)= 56,15m

WS (T=500)= 57,66m

6.1.2. Situación futura

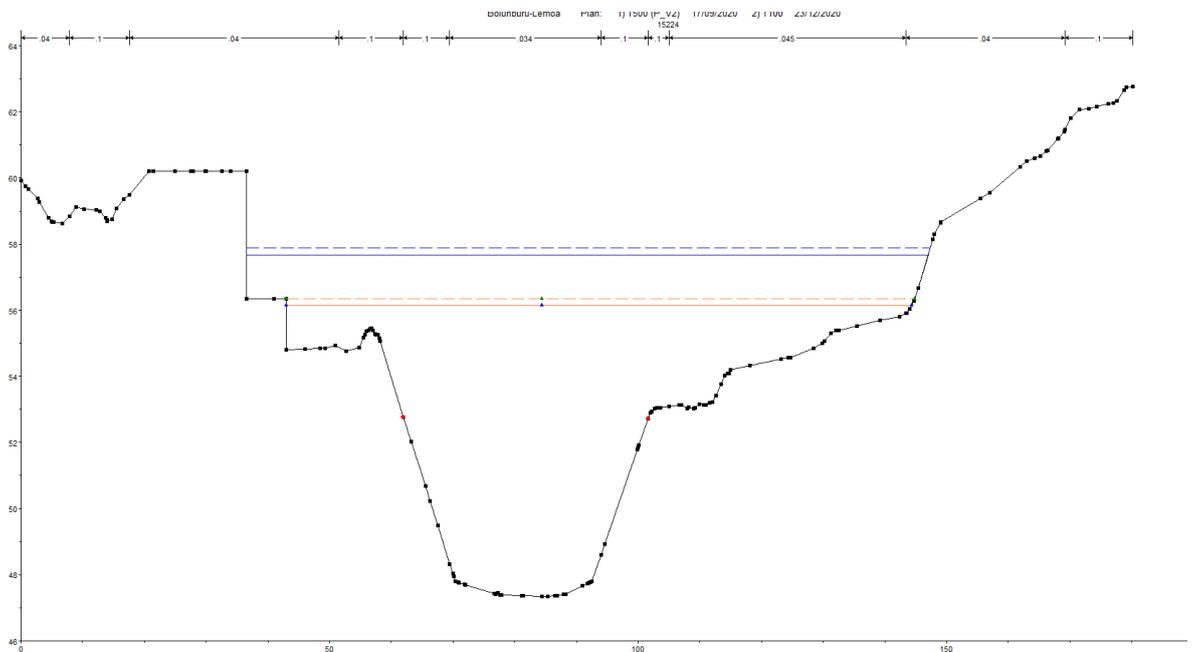
ESTACION 15264



WS (T=100)= 56,25m

WS (T=500)= 57,76m

ESTACION 15224



WS (T=100)= 56,15m

WS (T=500)= 57,67m

6.2. RESULTADOS NUMERICOS

6.2.1. Situación actual y futura T100

Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
IBAIZABAL-3a	15445.52	T100 park	T100	696	47.71	56.56		56.66	0.000434	1.44	529.87	99.16	0.17
IBAIZABAL-3a	15445.52	T100	T100	696	47.71	56.56		56.66	0.000434	1.44	530	99.17	0.16
IBAIZABAL-3a	15370.14	T100 park	T100	696	47.6	56.39		56.59	0.00125	2.08	381.41	84.64	0.24
IBAIZABAL-3a	15370.14	T100	T100	696	47.6	56.39		56.6	0.001249	2.07	381.53	84.65	0.24
IBAIZABAL-3a	15321.05	T100 park	T100	696	47.44	56.33		56.53	0.00146	2.08	370.85	105.45	0.24
IBAIZABAL-3a	15321.05	T100	T100	696	47.44	56.32		56.53	0.001473	2.09	364.83	92.59	0.24
IBAIZABAL-3a	15264.36	T100 park	T100	696	47.38	56.25		56.45	0.001349	2.06	381.23	89.53	0.24
IBAIZABAL-3a	15264.36	T100	T100	696	47.38	56.25		56.45	0.00135	2.06	381.19	89.52	0.24
IBAIZABAL-3a	15224	T100 park	T100	696	47.34	56.15		56.34	0.00134	2.04	393.16	101.6	0.24
IBAIZABAL-3a	15224	T100	T100	696	47.34	56.15		56.34	0.001347	2.05	392.76	101.38	0.24
IBAIZABAL-3a	15186.85	T100 park	T100	696	47.31	55.94	51.1	56.24	0.00067	2.46	341.95	99.59	0.28
IBAIZABAL-3a	15186.85	T100	T100	696	47.31	55.94	51.1	56.24	0.00067	2.46	341.95	99.59	0.28
IBAIZABAL-3a	15183.56			Bridge									
IBAIZABAL-3a	15180.47	T100 park	T100	696	47.28	55.36		55.74	0.001063	2.73	265.27	93.19	0.31
IBAIZABAL-3a	15180.47	T100	T100	696	47.28	55.36		55.74	0.001063	2.73	265.27	93.19	0.31

6.2.2. Situación actual y futura T500

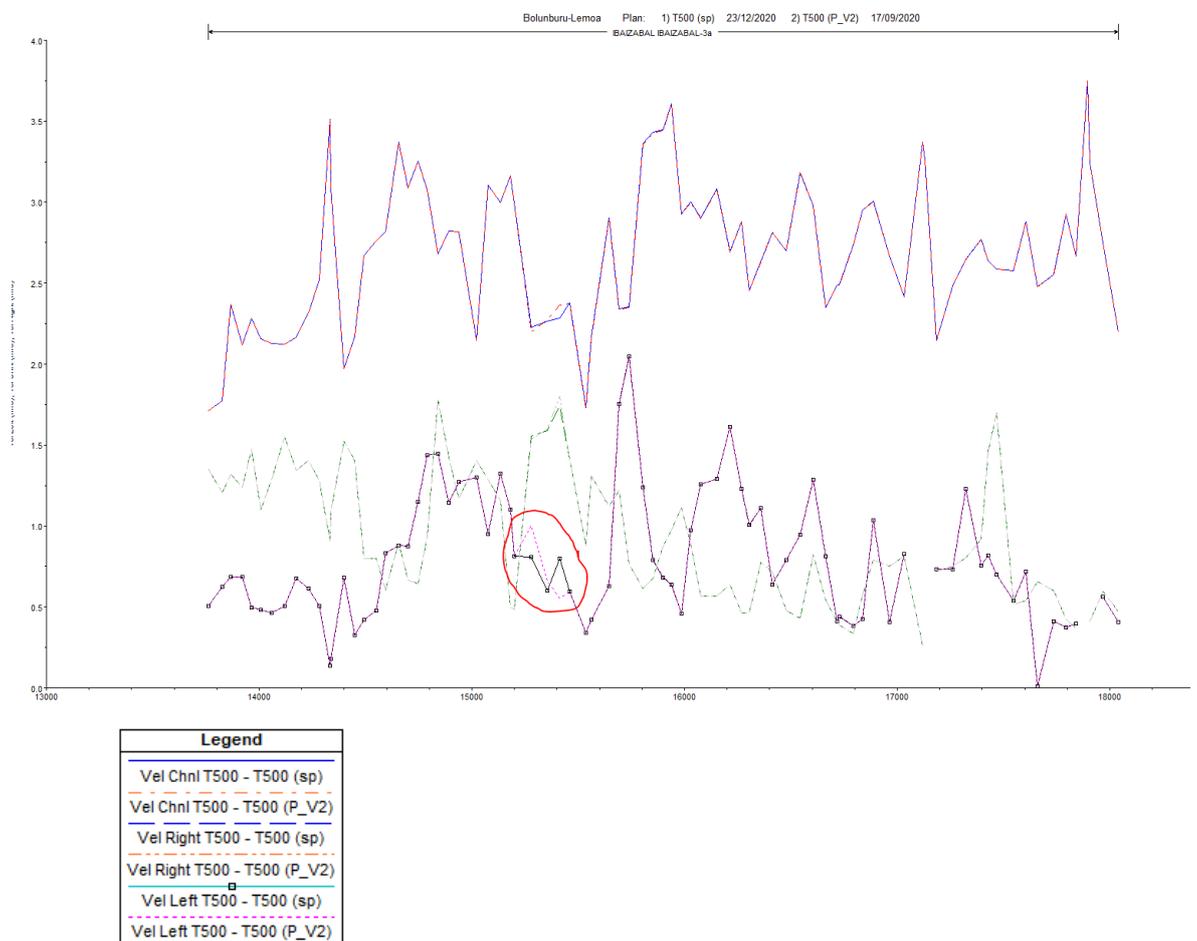
Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
IBAIZABAL-3a	15445.52	T500	T500 (sp)	1058	47.71	58.06		58.2	0.000495	1.73	686.48	108.55	0.18
IBAIZABAL-3a	15445.52	T500	T500 (P_V2)	1058	47.71	58.07		58.21	0.000492	1.73	687.65	108.6	0.18
IBAIZABAL-3a	15370.14	T500	T500 (sp)	1058	47.6	57.88		58.13	0.001291	2.38	516.4	95.83	0.25
IBAIZABAL-3a	15370.14	T500	T500 (P_V2)	1058	47.6	57.89		58.14	0.001283	2.37	517.52	95.91	0.25
IBAIZABAL-3a	15321.05	T500	T500 (sp)	1058	47.44	57.83		58.06	0.001379	2.28	538.22	122.95	0.24
IBAIZABAL-3a	15321.05	T500	T500 (P_V2)	1058	47.44	57.82		58.07	0.00148	2.36	510.46	110.23	0.25
IBAIZABAL-3a	15264.36	T500	T500 (sp)	1058	47.38	57.75		57.98	0.001279	2.27	540.91	129.96	0.24
IBAIZABAL-3a	15264.36	T500	T500 (Park)	1058	47.38	57.76		57.99	0.001289	2.28	530.28	104.12	0.24
IBAIZABAL-3a	15224	T500	T500 (sp)	1058	47.34	57.66		57.88	0.001246	2.23	558.41	129.29	0.24
IBAIZABAL-3a	15224	T500	T500 (Park)	1058	47.34	57.67		57.88	0.001214	2.2	557.71	110.55	0.23
IBAIZABAL-3a	15186.85	T500	T500 (sp)	1058	47.31	57.32	52.28	57.74	0.000792	2.99	487.58	115.12	0.32
IBAIZABAL-3a	15186.85	T500	T500 (P_V2)	1058	47.31	57.32	52.28	57.74	0.000792	2.99	487.58	115.12	0.32
IBAIZABAL-3a	15183.56			Bridge									
IBAIZABAL-3a	15180.47	T500	T500 (sp)	1058	47.28	57.15		57.63	0.001402	3.16	373.07	110.17	0.34
IBAIZABAL-3a	15180.47	T500	T500 (P_V2)	1058	47.28	57.15		57.63	0.001402	3.16	373.07	110.17	0.34

6.3. VELOCIDADES

Tal como se puede apreciar en la siguiente gráfica que compara las velocidades de T500 en la situación actual y la futura, en el margen izquierdo del río (zona donde se sitúa la actuación) se produce un aumento de la velocidad (máximo=0,20m/s) en las secciones que coinciden con el aparcamiento debido a la ligera pérdida de sección que ocasiona la ejecución del muro perimetral de la parcela.

En los primeros 200 metros aguas arriba de la zona de estudio se produce una pérdida de velocidad en el flujo del agua en el margen izquierdo del río.

En el resto de la sección del río las variaciones de velocidades resultan muy pequeñas.



COMPARACIÓN CON LA SITUACION ACTUAL

Los resultados obtenidos en la situación futura para los períodos de retorno de 100 y 500 años en la zona de la ESTACIÓN DE Bedia, donde se implantará el aparcamiento.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos del HEC-RAS para los periodos de retorno de 100 y 500 años.

T100		ACTUAL	FUTURA	COMPARACION
15224	BEDIA	56,15	56,15	=
15264	BEDIA	56,25	56,25	=

T500		ACTUAL	FUTURA	COMPARACION
15224	BEDIA	57,66	57,67	0,01
15264	BEDIA	57,75	57,76	0,01

7. CONCLUSIONES

Como conclusión, una vez modificado la geometría del terreno en la zona de actuación, partiendo de los perfiles transversales existentes en el modelo facilitado por URA de la situación actual, se puede determinar que la ejecución del nuevo desarrollo previsto no produce ningún cambio en la capacidad de desagüe de la zona.

Las conclusiones principales que se obtienen de este análisis son:

- La avenida de 100 años no produce cambios en la lámina de agua del río.
- La avenida de 500 años produce unas variaciones máximas en la cota de la lámina de agua de 1 cm tanto en las 2 secciones que coinciden con el aparcamiento como en las que se sitúan aguas arriba.

Teniendo estas conclusiones en cuenta, se podrá plantear la construcción del nuevo aparcamiento junto a la estación de Bedia.