

ANEJO IV

ESTUDIO HIDRÁULICO PARA LA DEFENSA CONTRA INUNDACIONES DEL RÍO BERGANTES EN EL COMPLEJO DE LA FÁBRICA GINER EN MORELLA (CASTELLÓN). ESTUDIO DE SOLUCIONES

ÍNDICE

A.4.1. INTRODUCCIÓN

A.4.2. CONDICIONANTES PARA EL DISEÑO

A.4.2.1. Condicionantes ambientales

A.4.2.2. Condicionantes sociales

A.4.2.3. Condicionantes hidráulicos

A.4.2.4. Condicionantes económicos

A.4.3. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS VIABLES

A.4.3.1. Aumento de capacidad hidráulica

A.4.3.1.1. Alternativa 1: ampliación de la sección mediante la eliminación de barras y construcción de mota.

A.4.3.1.2. Alternativa 2: Ampliación de la sección transversal, tendido de talud 3H:1V en terreno natural y basculamiento de pendiente.

A.4.3.1.3. Alternativa 3: Ampliación de la sección transversal, tendido de talud 2H:1V en terreno natural y basculamiento de pendiente.

A.4.3.1.4. Selección de la solución óptima: análisis multicriterio

A.4.3.2. Análisis preliminar del tipo de revestimiento

A.4.3.2.1. Bases teóricas

A.4.3.2.1. Protección del lecho

A.4.3.2.2. Protección del margen derecha

A.4.3.2.3. Protección la margen izquierda

A.4.4. CONCLUSIONES

A.4.1. INTRODUCCIÓN

Después de analizar la situación actual del sistema fluvial, así como la problemática asociada a esta situación, es necesario definir el conjunto de actuaciones de ingeniería fluvial para mejorar el comportamiento hidráulico del tramo del río Bergantes de estudio.

Mediante el presente estudio de soluciones se pretende analizar diferentes alternativas para el diseño de encauzamiento, abarcando tanto lo que se refiere a las variables morfológicas óptimas del cauce, como el tipo de revestimiento o protección, siendo el principal objetivo, el de conseguir que el comportamiento del cauce sea adecuado, desde el punto de vista tanto hidráulico como ambiental.

Un aspecto muy importante, es que, en todas las actuaciones se planteará la restitución del cauce de aguas bajas, para así evitar la variación del régimen de corrientes, en los periodos en los que no hayan avenidas extraordinarias.

El alcance de este estudio abarca tanto puntos de vista hidráulicos, como ambientales y económicos.

A.4.2. CONDICIONANTES PARA EL DISEÑO

Antes de proponer diferentes alternativas para hacer frente a los problemas planteados, es necesario tener en cuenta una serie de condicionantes. Estos se exponen a continuación.

A.4.2.1 Condicionantes ambientales

El primer aspecto a tener en cuenta, desde el punto de vista ambiental, es el tipo de recubrimientos de lecho y márgenes, ya que estos deberán ser lo más blandos posibles para no afectar negativamente al medio ambiente así como para garantizar el mantenimiento de la población de *barbus haasi* (barbo colirrojo) en el río Bergantes, uno de los alimentos principales de la especie *lutra lutra* (nutria) que se asienta aguas abajo y en ocasiones remonta tramos de río hasta llegar a las inmediaciones de la fábrica Giner.

También se deberá garantizar el mantenimiento del régimen de caudal lo más inalterado posible, por dos principales motivos:

- Afecciones a la nutria tanto en el entorno de la fábrica como aguas abajo, pues la variación del caudal repercute directamente a la población de estas aguas abajo, que además es mayor, puesto que los caudales son mayores.
- Afecciones a la avifauna protegida (ZEPA).

Los niveles de agua en el entorno no podrán ser sensiblemente inferiores ya que se pondría en peligro la riqueza ecológica del cauce; debido a este condicionante, no será recomendable ampliar el ancho del cauce más del doble de su ancho actual.

En cuanto a la tala de árboles en las inmediaciones del cauce, deberá ser la mínima, ya que, aunque no son árboles protegidos, no se deberá variar en exceso la vegetación de la zona, manteniendo por tanto el paisaje.

A.4.2.2. Condicionantes sociales

Se hace necesario que la actuación fluvial no interfiera con las actividades a lo largo del cauce y en el entorno arquitectónico, como los paseos a caballo, el senderismo... El momento en el que se deberá tener un cuidado especial con este condicionante será durante la fase de construcción.

También se tiene que tener en cuenta la integración paisajística, debido a las actuaciones arquitectónicas previstas, ya que una solución que provoque impacto visual afectará a toda la zona del entorno de la Fábrica.

A.4.2.3 Condicionantes hidráulicos

El principal condicionante va a ser el de resolver satisfactoriamente la insuficiencia de capacidad hidráulica del cauce.

Se va a garantizar, también, por un lado un régimen lento de funcionamiento en función del caudal de proyecto a lo largo de Morella Medio.

Mientras que por otro lado se limitarán las tensiones y las velocidades, para asegurar un buen funcionamiento de los recubrimientos escogidos.

A.4.2.4. Condicionantes económicos

Como es lógico, se va a buscar la solución, que cumpliendo las restricciones anteriores y teniendo un correcto funcionamiento hidráulico, sea lo más económica posible.

Por ello el trazado en planta se debe ajustar sensiblemente al existente para no provocar un exceso de movimiento de tierras ya que no existen condicionantes del tipo hidráulico que obliguen al cambio de trazado. Por ello no se van a tantear soluciones de trazado en planta, ya que este se encuentra bien definido.

A.4.3. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS VIABLES

En el siguiente estudio, se van a proponer diferentes alternativas para solucionar la falta de capacidad hidráulica del cauce. A continuación, se propondrán diferentes revestimientos para lecho y márgenes.

A.4.3.1 Aumento de capacidad hidráulica

Va a ser necesario realizar este tipo de actuación en todo el tramo de *Morella Medio*, prestando especial atención a la confluencia con el afluente *Margen Derecha*, ya que este llega en régimen subcrítico, con unos calados elevados, debiendo actuar aguas abajo, para evitar la inundación.

También se proyectarán actuaciones para el tramo de *Morella Alto*, más cercano a la confluencia con el afluente *Margen Derecha*.

Para elegir la alternativa más adecuada se va a hacer uso de una valoración multicriterio.

A.4.3.1.1. Alternativa 1: ampliación de la sección mediante la eliminación de barras y construcción de mota.

En esta primera alternativa se ha optado por perfilar las secciones del tramo de *Morella Medio*, eliminando las barras aluviales, y por tanto aumentando la sección. No se ha modificado los taludes de ambos márgenes, evitando por tanto la tala de árboles de la zona.

También se ha propuesto la contención de los flujos desbordantes mediante un pequeño dique longitudinal o mota, paralelo al cauce del río Bergantes, comenzando en el inicio del afluente *Margen Derecha* y terminando aguas abajo de *Morella Medio* (en el final de la fábrica). Este elemento de protección se ha diseñado con una altura máxima de aproximadamente un metro. Estas actuaciones se representan en la *figura A4.1*.

Mediante el modelado hidráulico, se puede observar (figura A.4.2 y A.4.3) como el agua es contenida, evitando por tanto la inundación en el entorno de la Fábrica. Sin embargo, el fallo de este elemento estructural, causaría efectos negativos, superiores a los que causaría la avenida extraordinaria, si no estuviera.

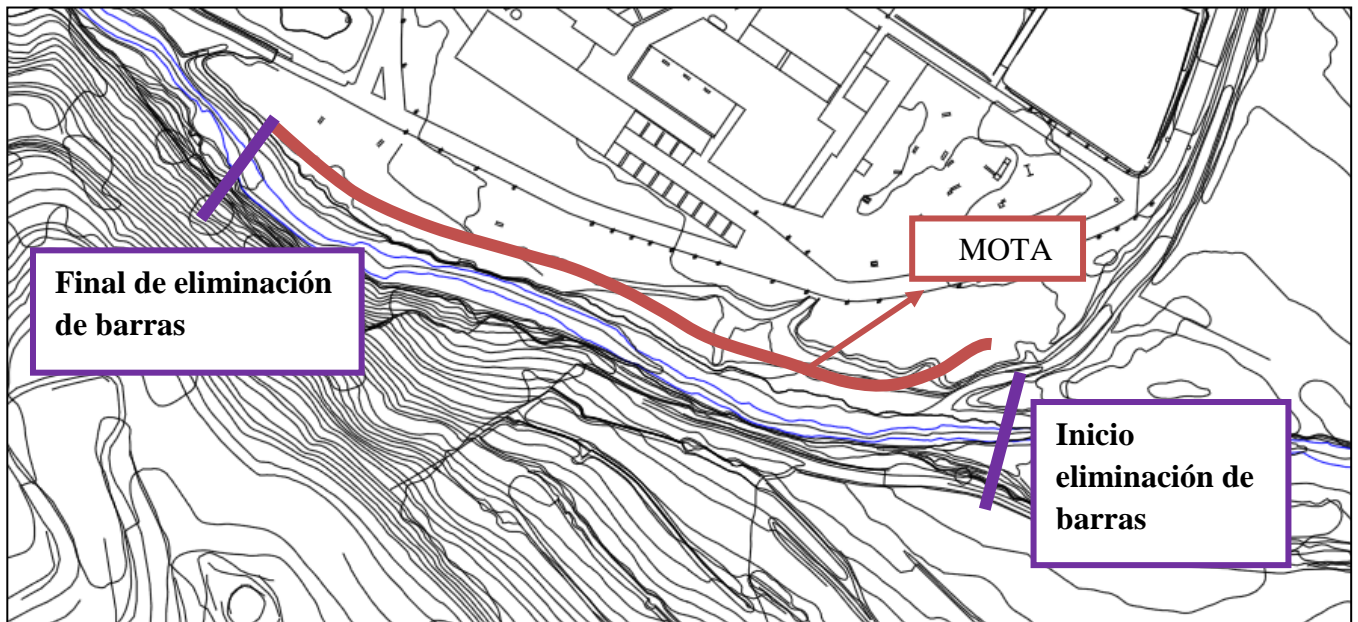


Figura A.4.1. Esquema en planta de las actuaciones para la alternativa 1

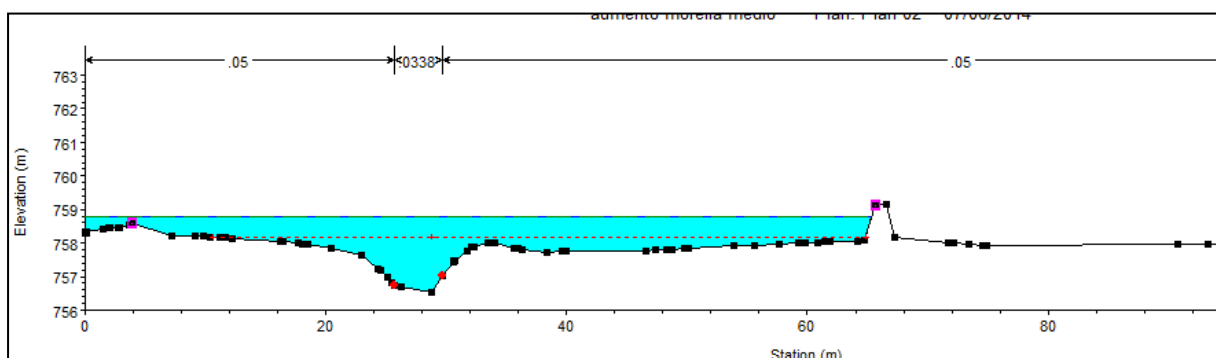


Figura A.4.2. Sección transversal del afluente Margen Derecha en la confluencia.

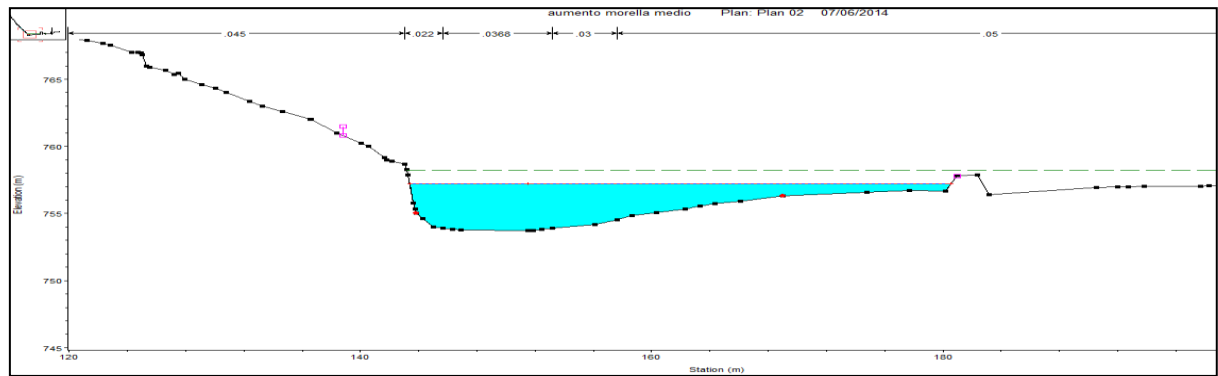


Figura A.4.3. Sección RS 1498.456 de Morella Medio

Esta medida interfiere en el paisaje, ya que será un elemento estructural de hormigón, que tendrá que colocarse en la cercanía del cauce. Sin embargo, un aspecto positivo es que no sería necesaria la tala de árboles.

A.4.3.1.2. Alternativa 2: Ampliación de la sección transversal, tendido de talud 3H:1V en terreno natural y basculamiento de pendiente.

De una forma esquemática, se presentan las actuaciones que se plantean para esta alternativa:

- Delimitación de una sección trapezoidal, en el tramo de *Morella Medio* con el talud natural del terreno en el margen izquierdo, un talud de aproximadamente 3H:1V en el margen derecho, hasta la intersección con el terreno natural, y una base de alrededor de 15 metros, como se muestra en la figura A4.4.

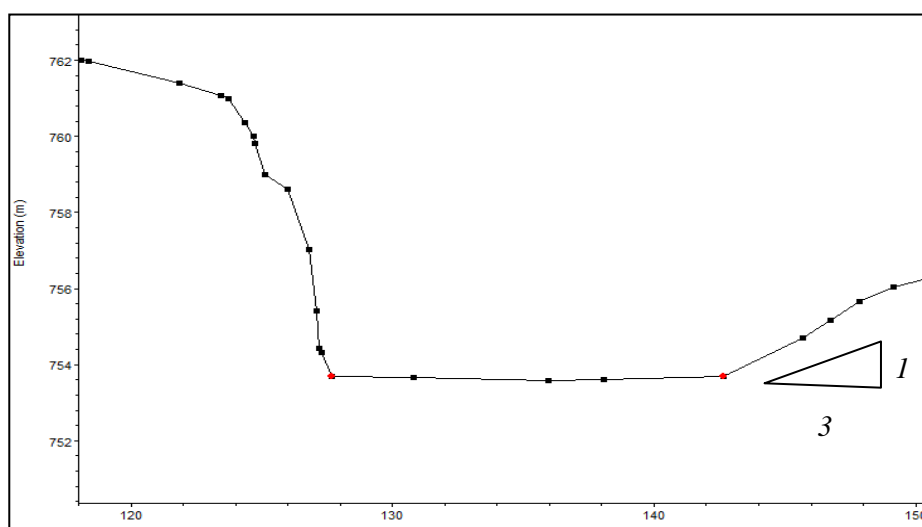


Figura A.4.4. Representación gráfica de la sección en Morella Medio para la alternativa 2

- Un basculamiento de pendiente desde *RS 1418.074 a RS 1785.543* de 0.00435 m/m, como se indica en la figura A.4.5

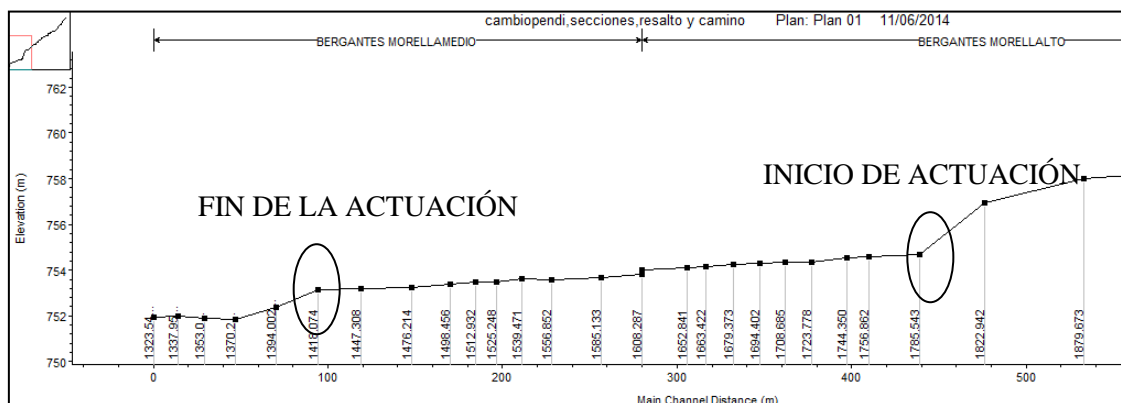


Figura A.4.5. Perfil longitudinal

- Eliminación de las barras aluviales en los siguientes tramos:
 - *RS 1785.543 a RS 1626.672*
 - *RS 141.074 a RS 1323.549*
- Sobreelevación de 50 cm del camino que discurre entre el cauce del río y la Fábrica Giner. Esta medida es muy importante, ya que actúa a modo de dique de contención, evitando el paso del agua hacia la zona de la fábrica.

Estas actuaciones se representan en la siguientes figuras:

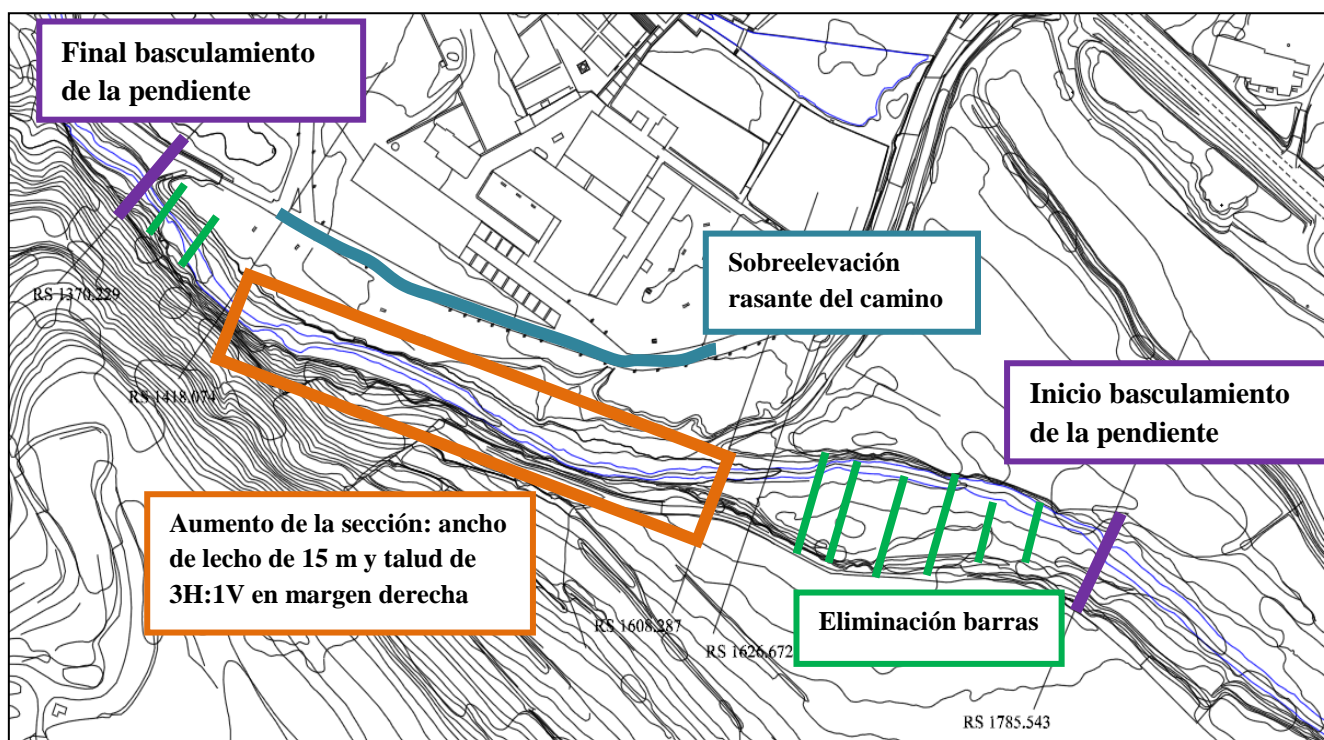


Figura A.4.6. Esquema en planta de las actuaciones para la alternativa 2

En cuanto a los aspectos medioambientales: Aunque esta alternativa es más agresiva que la primera, debido a que se hace necesaria la tala de un mayor número de árboles, no se dobla el ancho de la sección del río original, no afectando en exceso a los calados en el cauce, y por consiguiente no afectando en gran medida a la fauna.

En cuanto al funcionamiento hidráulico, se puede observar como los calados y el área de inundación han disminuido notablemente, debido al aumento de sección (*figuras A.4.7 y A.4.8*),sin embargo en algunas zonas del entorno de la fábrica se alcanza el régimen rápido (*figura A.3.4.9*).

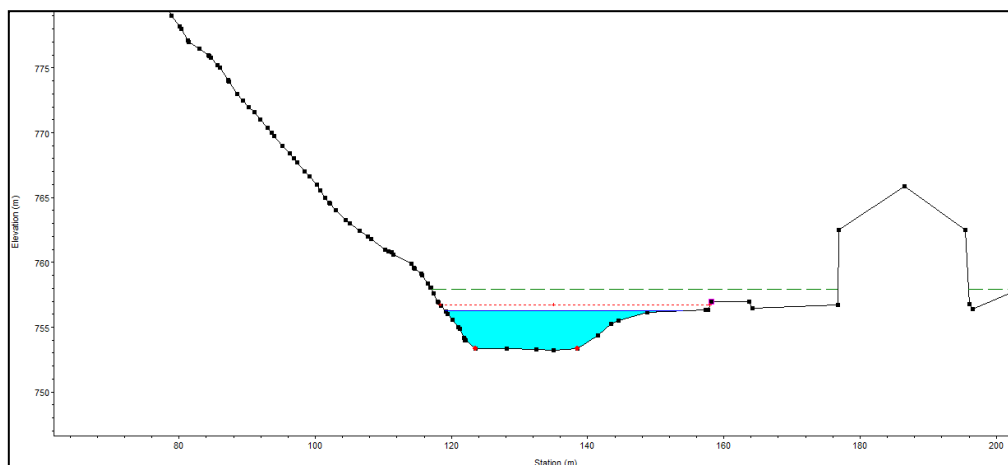
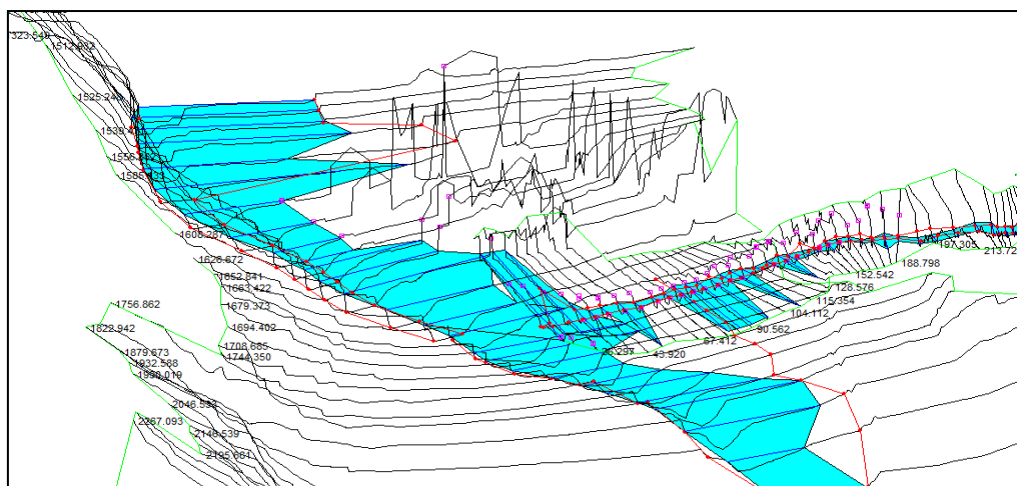


Figura A.4.7. Calado de sección en el tramo de Morella Medio, alternativa 2



A.4.8. Área de inundación, alternativa 2

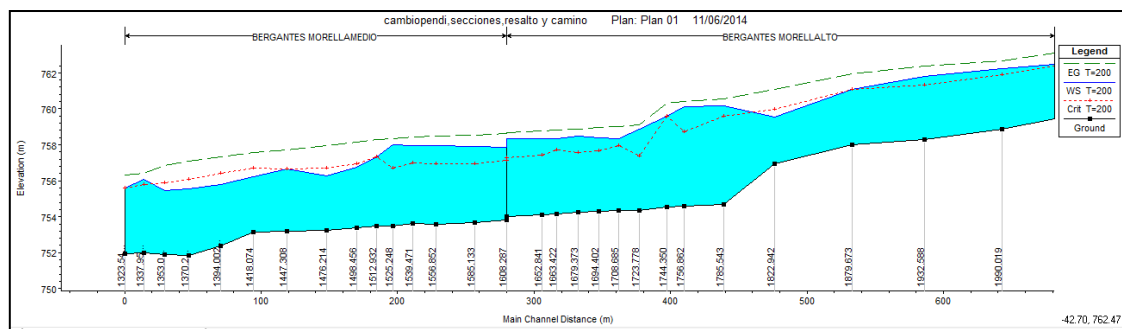


Figura A.4.9. Perfil longitudinal, con lámina de agua para la alternativa 2

Las velocidades, con respecto a la situación actual también han variado, aumentando su valor en numerosas secciones, llegando a alcanzar los 6.05 m/s. Se reflejan los datos en la siguiente tabla (*tabla A4.10*), donde se muestran las velocidades en ambas márgenes (Vel Left, Vel Right) y en el lecho (Vel Chnl):

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Vel Left (m/s)	Vel Chnl (m/s)	Vel Right (m/s)
MORELLAMEDIO	1608.287	T=200	314.02	2.72	4.3	1.53
MORELLAMEDIO	1585.133	T=200	314.02	1.86	3.9	1.82
MORELLAMEDIO	1556.852	T=200	314.02	1.76	3.6	1.35
MORELLAMEDIO	1539.471	T=200	314.02	2.23	3.46	1.46
MORELLAMEDIO	1525.248	T=200	314.02	1.76	3.06	1.64
MORELLAMEDIO	1512.932	T=200	314.02	2.57	4.64	1.17
MORELLAMEDIO	1498.456	T=200	314.02	3.8	5.57	1.72
MORELLAMEDIO	1476.214	T=200	314.02	4.12	6.05	1.32
MORELLAMEDIO	1447.308	T=200	314.02	2.18	4.96	1.25
MORELLAMEDIO	1418.074	T=200	314.02	4.9	5.6	1.19
MORELLAMEDIO	1394.002	T=200	314.02	1.38	6.09	1.93
MORELLAMEDIO	1370.229	T=200	314.02	1.28	6.01	1.5
MORELLAMEDIO	1353.036	T=200	314.02	1.43	6.28	2.44
MORELLAMEDIO	1337.958	T=200	314.02	0.39	3.25	2.05
MORELLAMEDIO	1323.549	T=200	314.02	0.73	4.18	1.14

Tabla A.4.10. Datos de velocidades en Morella Medio

Otro aspecto a tener en cuenta son las tensiones tangenciales, ya que superan la tensión crítica de inicio de movimiento, produciéndose por tanto erosión en estas secciones, como se observa mediante los resultados de la *Tabla A4.11*, donde se representan las tensiones tangenciales en las márgenes izquierda (Shear LOB), derecha (Shear ROB) y en el lecho (Shear Chn):

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Shear LOB (N/m ²)	Shear Chan (N/m ²)	Shear ROB (N/m ²)
MORELLAMEDIO	1608.287	T=200	314.02	42.27	134.08	29.54
MORELLAMEDIO	1585.133	T=200	314.02	13.59	46.09	8.77
MORELLAMEDIO	1556.852	T=200	314.02	13.95	95.46	20.02
MORELLAMEDIO	1539.471	T=200	314.02	22.08	70.99	19.49
MORELLAMEDIO	1525.248	T=200	314.02	19.09	62.66	18.22
MORELLAMEDIO	1512.932	T=200	314.02	32.8	141.86	20.93
MORELLAMEDIO	1498.456	T=200	314.02	70.57	249.46	73.48
MORELLAMEDIO	1476.214	T=200	314.02	70.33	163.69	45.73
MORELLAMEDIO	1447.308	T=200	314.02	32.42	102.89	36.37
MORELLAMEDIO	1418.074	T=200	314.02	94.55	281.53	40.18
MORELLAMEDIO	1394.002	T=200	314.02	27.23	291.03	63.18
MORELLAMEDIO	1370.229	T=200	314.02	23.86	320.27	57.2
MORELLAMEDIO	1353.036	T=200	314.02	27.15	316.62	59.26
MORELLAMEDIO	1337.958	T=200	314.02	2.8	81.15	33.46
MORELLAMEDIO	1323.549	T=200	314.02	12.29	134.89	33.91

Tabla A.4.11. Datos de tensiones en lecho y márgenes en Morella Medio

A.4.3.1.3. Alternativa 3: Ampliación de la sección transversal, tendido de talud 2H:1V en terreno natural y basculamiento de pendiente.

En esta última alternativa, se mantiene el basculamiento de pendiente de 0.00435 m/m, la eliminación de las barras aluviales y la sobreelevación de 50 cm del camino, en las mismas secciones que en la alternativa anterior.

Sin embargo la anchura del cauce del tramo de Morella Medio será, en este caso, de 20 metros, adoptando un talud de la margen derecha de 2H:1V.

En las *figuras A.4.12 y A.4.13* se representan las medidas adoptadas para la sección transversal y la disposición de las actuaciones, respectivamente.

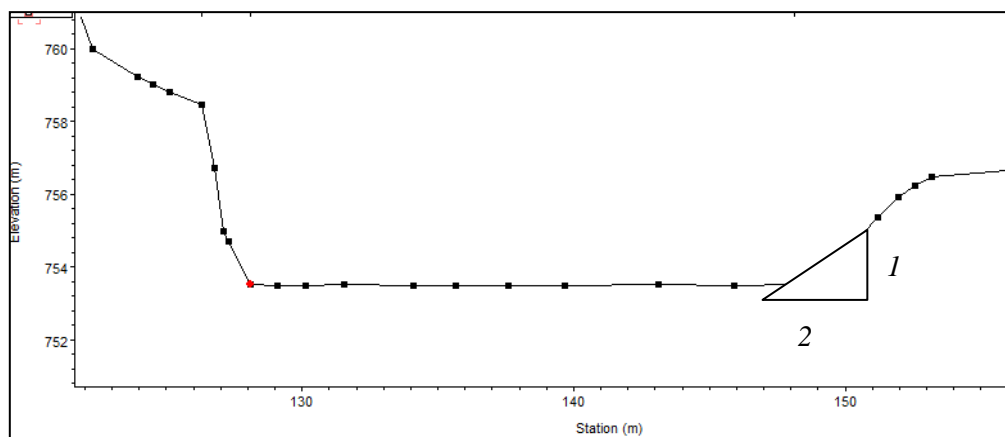


Figura A.4.12. Representación gráfica de la sección en Morella Medio, en alternativa 3

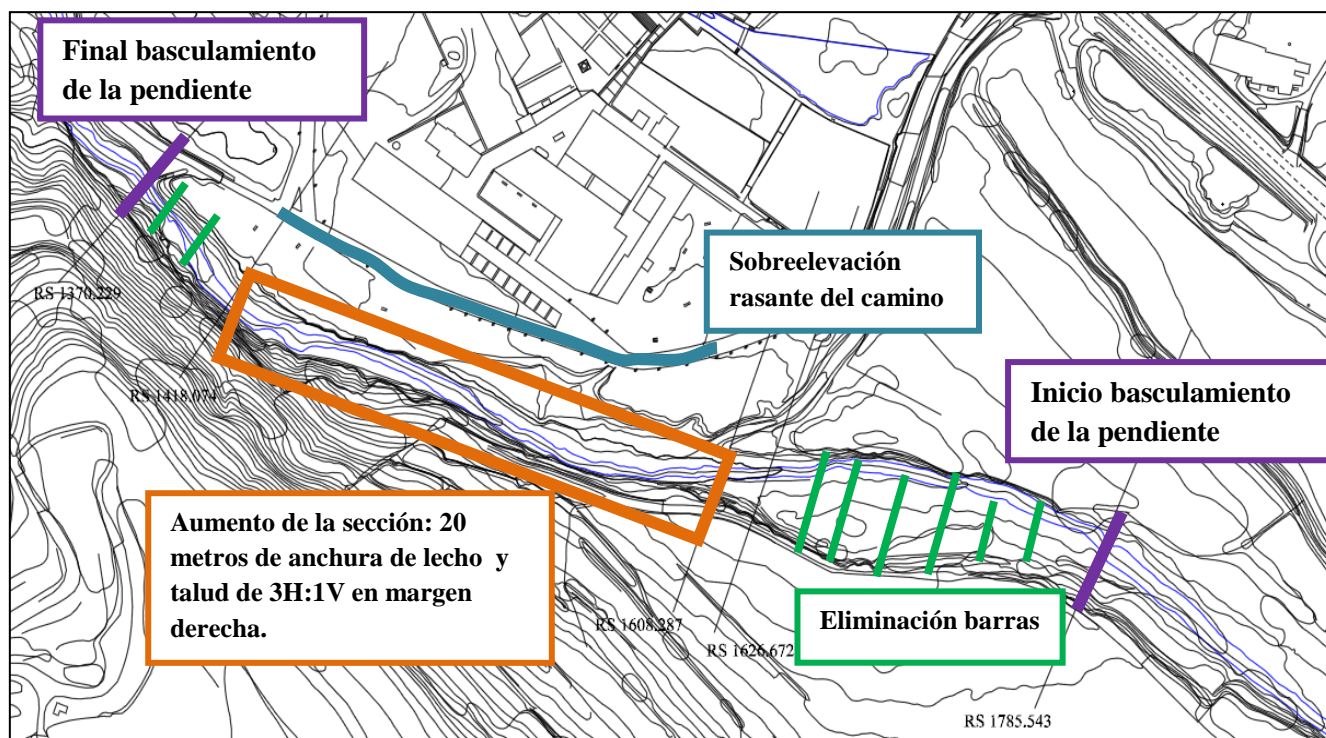


Figura A.4.13. Esquema en planta de las actuaciones para la alternativa 3

En cuanto a los aspectos ambientales, esta alternativa cumple las restricciones antes descritas, sin embargo, en algunos tramos el ancho llega a ser casi el doble del ancho actual, encontrándonos en el límite de esta restricción.

El comportamiento hidráulico ha mejorado con respecto a la alternativa anterior, disminuyendo el área de inundación, los calados, y las zonas donde se alcanza el régimen supercrítico, como se muestra en las figuras A.4.14, A.4.15 y A.4.16

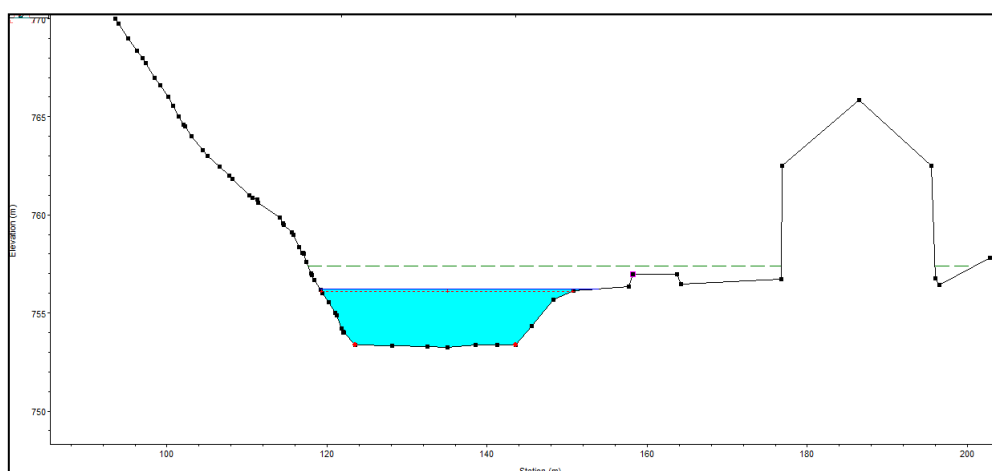


Figura A.4.14. Calado en sección del tramo de Morella Medio, alternativa 3

[illegible]

Las velocidades en el lecho han disminuido con respecto a la alternativa 2 en casi todas las secciones, superando los 5 m/s solo en dos secciones transversal del tramo.

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Vel Left (m/s)	Vel Chnl (m/s)	Vel Right (m/s)
MORELLAMEDIO	1608.287	T=200	314.02	2.45	4.24	2.23
MORELLAMEDIO	1585.133	T=200	314.02	1.94	3.97	2.46
MORELLAMEDIO	1556.852	T=200	314.02	2.26	4.31	1.59
MORELLAMEDIO	1539.471	T=200	314.02	3.03	3.82	2.16
MORELLAMEDIO	1525.248	T=200	314.02	2.13	3.54	2.18
MORELLAMEDIO	1512.932	T=200	314.02	2.88	4.39	2.38
MORELLAMEDIO	1498.456	T=200	314.02	3.74	5.05	3.37
MORELLAMEDIO	1476.214	T=200	314.02	2.95	4.93	0.95
MORELLAMEDIO	1447.308	T=200	314.02	1.82	4.49	1.71
MORELLAMEDIO	1418.074	T=200	314.02	2.61	3.16	1.16
MORELLAMEDIO	1394.002	T=200	314.02	1.18	3.93	1.22
MORELLAMEDIO	1370.229	T=200	314.02	1.09	5.06	1.43
MORELLAMEDIO	1353.036	T=200	314.02	0.83	3.6	1.94
MORELLAMEDIO	1337.958	T=200	314.02	0.39	3.24	2.05
MORELLAMEDIO	1323.549	T=200	314.02	0.73	4.22	1.14

ANEJO IV

Aunque las tensiones tangenciales han disminuido con respecto a la alternativa anterior, siguen siendo elevadas. Sin embargo esto se solventará mediante la utilización de recubrimientos.

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Shear LOB (N/m ²)	Shear Chan (N/m ²)	Shear ROB (N/m ²)
MORELLAMEDIO	1608.287	T=200	314.02	38.01	139.24	54.66
MORELLAMEDIO	1585.133	T=200	314.02	15.38	49.83	13.51
MORELLAMEDIO	1556.852	T=200	314.02	23.17	148.66	25.44
MORELLAMEDIO	1539.471	T=200	314.02	42.77	128.5	41.38
MORELLAMEDIO	1525.248	T=200	314.02	22.5	98.52	24.25
MORELLAMEDIO	1512.932	T=200	314.02	42.51	172.91	50.77
MORELLAMEDIO	1498.456	T=200	314.02	70.57	240.02	102.3
MORELLAMEDIO	1476.214	T=200	314.02	35.88	83.02	23.44
MORELLAMEDIO	1447.308	T=200	314.02	20.95	67.93	15.57
MORELLAMEDIO	1418.074	T=200	314.02	25.81	79.69	16.26
MORELLAMEDIO	1394.002	T=200	314.02	16.08	113.16	29.35
MORELLAMEDIO	1370.229	T=200	314.02	16.84	221.06	50.41
MORELLAMEDIO	1353.036	T=200	314.02	8.6	98.69	30.48
MORELLAMEDIO	1337.958	T=200	314.02	2.78	80.58	33.29
MORELLAMEDIO	1323.549	T=200	314.02	12.57	137.94	34.13

Tabla A.4.18. Datos de tensiones en Morella Medio

A.4.3.1.4. Selección de la solución óptima: análisis multicriterio

Para la elección de la alternativa más adecuada, de la forma más objetiva posible, se ha asignado a cada uno de los condicionantes una ponderación (*tabla A4.19*). A su vez, cada alternativa va a tener una nota numérica, siendo el máximo un 10 y el mínimo un 1, que representa el cumplimiento o no de estos condicionantes.

Multiplicando la ponderación de los condicionantes, por la nota asignada a cada alternativa y observando los resultados, obtendremos una nota final (*tabla A4.20*).

La alternativa con mejor nota será la que será considerada como la más adecuada, desde todos los puntos de vista, siendo por tanto, la solución propuesta para el aumento de la capacidad hidráulica del cauce.

Ponderaciones de los condicionantes	
C. hidráulicos	0.4
C. Sociales	0.2
C. ambientales	0.3
C. económicos	0.1

Tabla A.4.19. Ponderación

	C. hidráulicos	C. Sociales	C. ambientales	C. económicos	Nota final
Alternativa 1	5	6	8	6	6.2
Alternativa 2	7	7	6	6	6.6
Alternativa 3	9	7	6	6	7.4

Tabla A.4.20. Valoración de las alternativas

Como resultado, se concluye que para el aumento de capacidad hidráulica del tramo de estudio, se va a adoptar la alternativa 3, siendo ésta la óptima.

A.4.3.2. Análisis preliminar del tipo de revestimiento

A.4.3.2.1. Bases teóricas

1] PROTECCIONES CON ESCOLLERA

En cuanto al lecho, se garantiza su estabilidad en una sección trapezoidal de escollera cuando una partícula situada en el mismo está sometida, por la acción del flujo, a una tensión tangencial de corte inferior a la tensión de inicio de movimiento o tensión crítica. Por ello se hace imprescindible conocer estas dos variables: tensión tangencial producida por el flujo y la tensión crítica.

Para la obtención de la tensión crítica de inicio del movimiento de las partículas en el lecho, mediante escollera vertida, se va a recurrir a la siguiente fórmula, que analiza dicho movimiento en función del peso específico y del diámetro de las mismas:

$$\tau_c = 0.047(\gamma_s - \gamma)D$$

A veces, como es el caso por ejemplo de la aceleración del flujo en el entorno de un salto hidráulico, se hace necesario aumentar el diámetro de escollera, lo que conduce a tamaños que en ocasiones son poco recomendables. En estos casos, es imprescindible introducir algún mecanismo complementario para garantizar la estabilidad. Este mecanismo que colabora junto al rozamiento de las partículas es el recebado.

El recebado consiste en verter sobre la escollera, ya colocada en su posición definitiva, hormigón en masa que ejerza de elemento aglutinante y colabore en garantizar la estabilidad al producirse la crecida de diseño.

En cuanto a la protección de márgenes, el objetivo del diseño es determinar un escollero que no sea puesto en movimiento o arrastrado bajo unas condiciones hidráulicas dadas. De entre todos los métodos de cálculo disponibles, destacamos el método propuesto por el HEC del USACE (1989), ampliamente contrastado por la práctica.

La ecuación principal para obtener el tamaño medio representativo de la escollera, bajo las condiciones de flujo gradualmente variado es:

$$D_{50} = 0.0068 * V_a^3 / (d_{avg}^{0.5} * k_1^{1.5})$$

Donde:

D_{50} : Diámetro medio representativo en m

V_a : Velocidad media en el canal prismático

D_{avg} : calado medio del flujo en el canal

K_1 : Coeficiente definido como:

$$k_1 = \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \theta}{\sin^2 \phi}}$$

Siendo a su vez:

ϕ : Ángulo de reposo del material

θ : Angulo del talud de la margen con la horizontal

Para ambos casos deberemos aplicar, además, un determinado factor de seguridad, explicado en la siguiente tabla:

VALORES RECOMENDADOS PARA EL FACTOR DE ESTABILIDAD FS	
Condición	Intervalo Recomendado
Flujo Uniforme; Tramo recto o con curvas muy suaves ($r/b > 30$); Impactos mínimos por oleaje y materiales flotantes; Pequeña o nula incertidumbre en cuanto a los parámetros de diseño	1,0 - 1,2
Flujo Gradualmente Variado; Curvatura en planta moderada ($30 > r/b > 10$), Impactos moderados por ondas y materiales flotantes	1,3 - 1,6
Flujo de Aproximación Rápidamente Variado; Curvatura en planta acusada ($r/b < 10$); Ondas generadas por viento o embarcaciones importantes ($H_{ola} = 0,3-0,6$ m); Alta turbulencia; Flujo a través de pilas de puente y estribos; Acusada incertidumbre en los parámetros de diseño.	1,6 - 2,0

Tabla A.4.21. Factores de seguridad

2] PROTECCIÓN CON MURO DE GAVIONES

Un gavión es una caja de forma prismática (paralelepípedos) rectangular, construidas con malla metálica, para ser llenadas con piedra u otros materiales mampuestos de forma homogénea, tensadas y unidas entre sí con alambre para así trabajar de forma monolítica como estructura de contenido y/o protección.

Estas estructuras son de extremada resistencia, ya que al no permitir la acumulación de presiones hidrostáticas, (ya que son totalmente permeables y permiten ser atravesadas por el agua) alivian las importantes tensiones que se acumulan en el trasdós de los muros de tipo tradicional, debido a esta característica pueden tener su base incluso bajo el nivel freático siempre que este sea de carácter portante.

Asimismo debido a su gran flexibilidad soportan movimientos y asientos diferenciales sin pérdida de eficiencia.

Además este tipo de estructuras se integran con gran facilidad dentro del paisaje ya que permiten el desarrollo de la vegetación reduciendo así en gran medida el impacto medioambiental en los mismos.

Su cálculo se expondrá con detalle en el *Anejo V*.

3J PROTECCIÓN CON ELEMENTOS VEGETALES

Existen métodos de protección de cauces basados en el uso de la vegetación potenciada bien por elementos naturales, bien con otros elementos artificiales como geotextiles, geomallas, geoceldas...

Cabe resaltar que la vegetación es un elemento que colabora activamente en la protección de las márgenes dado que las raíces producen un efecto de armado de la tierra que configuran la margen a defender.

La utilización de la vegetación es importante como elemento asociado a otros tipos de protección como escolleras, gaviones o cualquier estructura discontinua que permita su crecimiento.

A.4.3.2.1. Protección del lecho

Para la protección del lecho se propone la utilización de escollera vertida, de diferentes tamaños en función de las tensiones tangenciales, encontrándose el rango de estos entre los 30 cm y los 55 cm.

Esta medida se deberá realizar a lo largo de todo *Morella Medio* y en las aguas bajas de *Morella Alto*, siendo en este último tramo unos tamaños de escollera mayores.

A.4.3.2.2. Protección del margen derecha

En Morella Medio se va a recurrir a la geomalla vegetada para su margen derecha, debido a que las velocidades no son muy elevadas en esta zona. Además es un elemento de protección que causa muy poco impacto visual, adaptándose al medio.

En Morella Alto debido al aumento de velocidades, se propone la utilización de geoceldas vegetadas, produciendo éstas un mínimo impacto visual.

A.4.3.2.3. Protección la margen izquierda

En la margen izquierda se dispondrá, a lo largo de todo *Morella Medio*, un muro de gaviones, debido a los problemas de estabilidad de esta zona. Las razones de esta medida se exponen en el *Apéndice I.2. Informe SEG. Julio 2007*

A.4.4. CONCLUSIONES

A continuación se presenta en forma de tabla la solución propuesta para el aumento de la capacidad hidráulica del cauce del Río Bergantes:

ZONA DE ACTUACIÓN	SECCIONES	SOLUCIONES PROPUESTAS
Morella Medio	RS1370.229-1626.672	<p>Se propone un aumento de sección, mediante la variación de la forma de este, aumentando el ancho del lecho, y realizando un talud en la margen derecha.</p> <p>También se ha proyectado un basculamiento de pendiente, adoptando esta un valor de 0.00435 m/m</p> <p>Por último, en cuanto a medidas para proteger el entorno de la fábrica frente a inundaciones, se ha tomado la decisión de elevar el camino 50 cm, actuando este como un elemento de protección.</p> <p>En cuanto a los recubrimientos, se considera suficiente la utilización de escollera vertida de diferentes tamaños en el lecho; un muro de gaviones en el margen izquierdo, y geomalla y geoceldas vegetadas en el margen derecho.</p>
Morella Alto	1626.672-1785.543	<p>En este tramo se ha rebajado la pendiente natural , adoptando esta un valor de 0.00435 m/m. Se ha perfilado las secciones transversales eliminando las barras aluviales.</p> <p>En cuanto a la protección del lecho se plantea el vertido de escollera a lo largo de todo este tramo.</p>

Tabla A.4.2. Solución propuesta