



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETS INGENIERÍA DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

TRABAJO DE FIN DE GRADO

*Estudio de soluciones para la defensa frente a las
crecidas de la Rambla Salada de Cox, Granja de
Rocamora y el polígono industrial de Albaterra
(Alicante)*

Presentado por

Navarro García, Santiago.

Para la obtención del

Grado en Ingeniería Civil

Curso: 2019/2020

Fecha: Septiembre de 2020

Tutor: Juan Bautista Marco Segura





ÍNDICE:

1. DOCUMENTO Nº1. MEMORIA Y ANEJOS.

- 00. Memoria.
- 01. Anejo de Documentación fotográfica.
- 02. Anejo de Estudio Hidrológico.
- 03. Anejo de Estudio de Soluciones.
- 04. Anejo de Cálculos Hidráulicos.
- 05. Anejo de Cálculo Geotécnico.
- 06. Anejo de Cálculo Estructural.
- 07. Anejo de Valoración Económica.

2. DOCUMENTO Nº2. PLANOS.

- Plano 1. Situación y Emplazamiento-
 - Plano 2. Planta General.
 - Plano 3. Planta 1.
 - Plano 4. Planta 2.
 - Plano 5. Planta 3.
 - Plano 6. Sección Tramo I.
 - Plano 7. Sección Tramo II.
 - Plano 8. Sección Tramo IIIa.
 - Plano 9. Sección Tramo IIIb.
 - Plano 10. Sección Tramo de Transición.
 - Plano 11. Sección Tramo IV.
 - Plano 12. Perfil longitudinal I.
 - Plano 13. Perfil longitudinal II.
 - Plano 14. Perfil longitudinal III.
 - Plano 15. Perfil longitudinal IV.
 - Plano 16. Armado Tramo II.
 - Plano 17. Armado Tramo IIIa.
 - Plano 18. Armado Tramo IIIb.
 - Plano 19. Transición Tramo I-Tramo II.
 - Plano 20. Transición Tramo II-Tramo IIIa.
 - Plano 21. Transición Tramo IIIb-Tramo de Transición.
 - Plano 22. Transición Tramo de Transición-Tramo IV.
-



ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA DEFENSA FRENTE A LAS CRECIDAS DE LA
RAMBLA SALADA DE COX, GRANJA DE ROCAMORA Y EL POLÍGONO
INDUSTRIAL DE ALBATERA (ALICANTE)



DOCUMENTO N°1.
MEMORIA Y ANEJOS.



ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA DEFENSA FRENTE A LAS CRECIDAS DE LA
RAMBLA SALADA DE COX, GRANJA DE ROCAMORA Y EL POLÍGONO
INDUSTRIAL DE ALBATERA (ALICANTE)





MEMORIA



Índice:

1 INTRODUCCIÓN.	4
1.1 Antecedentes.	4
1.2 Situación actual.	4
1.3 Objeto del proyecto.	6
2 ESTUDIOS PRELIMINARES.	8
2.1 Trabajos cartográficos y topográficos.	8
2.2 Estudio hidrológico.	9
3 ESTUDIO DE SOLUCIONES.	10
3.1 Introducción.	10
3.2 Alternativas.	11
3.3 Análisis multicriterio.	15
4 DESCRIPCIÓN DEL ENCAUZAMIENTO.	16
4.1 Tramo I.	17
4.2 Tramo II.	17
4.3 Tramo III.	18
4.4 Tramo IV.	20
5 CÁLCULOS HIDRÁULICOS.	21
6 CÁLCULO GEOTÉCNICO.	23
7 CÁLCULO ESTRUCTURAL.	25
8 VALORACIÓN ECONÓMICA.	26
9 CONCLUSIÓN.	27



Índice de figuras:

Figura 1. Vista detallada de la Rambla Salada en su curso medio. FUENTE: Instituto Cartográfico Valenciano.....	5
Figura 2. Vista detallada de la Rambla Salada en su curso bajo, donde el ancho del cauce ha disminuido drásticamente. FUENTE: Instituto Cartográfico Valenciano.	5
Figura 3. Reconstrucción que se está llevando a cabo sobre un vial afectado por la crecida de la Rambla Salada de 2019. FUENTE: Elaboración propia.	6
Figura 4. Cuenca de la Rambla Salada. Fuente: Elaboración propia.	8
Figura 5. Cuantiles de precipitación diaria máxima en función de los distintos periodos de retorno.	9
Figura 6. Caudales obtenidos para los distintos periodos de retorno.	10
Figura 7. Trazados propuestos para el Estudio de soluciones.	11
Figura 8. Sección del tramo en régimen rápido de la Alternativa 1.....	12
Figura 9. Sección del tramo en régimen lento de la Alternativa 1.....	13
Figura 10. Sección determinada para la Alternativa 2.....	13
Figura 11. Sección determinada para la Alternativa 3.....	14
Figura 12. Planta general del encauzamiento. FUENTE: Elaboración propia.....	16
Figura 13. Sección propuesta para el tramo I del encauzamiento. FUENTE: Elaboración propia.....	17
Figura 14. Sección propuesta para el tramo II del encauzamiento. FUENTE: Elaboración propia.....	18
Figura 15. Sección propuesta para el tramo IIIa del encauzamiento. FUENTE: Elaboración propia.....	19
Figura 16. Sección propuesta para el tramo IIIb del encauzamiento. FUENTE: Elaboración propia.....	19
Figura 17. Sección propuesta para el tramo IV del encauzamiento. FUENTE: Elaboración propia.....	20



1 INTRODUCCIÓN.

1.1 Antecedentes.

El presente estudio de soluciones tiene como objeto definir las obras necesarias para el encauzamiento de la Rambla Salada a su paso por el polígono industrial de Albatera y los municipios de Granja de Rocamora y Cox, los cuales se encuentran en la provincia de Alicante, Comunidad Valenciana.

La rambla objeto de estudio presenta una tipología característica del sureste mediterráneo, donde predominan cauces cortos, que nacen en las escarpadas sierras con apenas vegetación, y continúan durante su curso medio a través de cultivos aterrizados donde las pendientes son más moderadas, hasta llegar finalmente a las llanuras de la vega con un cauce mucho más reducido y pequeño, que finalmente desaparece en las proximidades a los municipios o cultivos de mayor importancia. Estas zonas sufren los principales daños durante los episodios de crecidas, puesto que las defensas frente a estas son mínimas o inexistentes.

En el caso de la Rambla Salada, el pasado 14 de Septiembre de 2019 su cuenca hidrográfica recibió en una sola tarde una precipitación de 500 milímetros, la cual corresponde a la precipitación total que recibe la zona durante dos años. Por lo que la crecida resultante inundó una gran superficie y ocasionó numerosos daños en haciendas e infraestructuras de los municipios ya mencionados.

Sin embargo, ya se era consciente de la posibilidad y peligrosidad de este suceso, puesto que anteriormente ya se había incluido esta rambla dentro de planes de actuación para la defensa frente a crecidas. Concretamente, tras anteriores estudios de la Vega Media y Baja del Segura, en el Real Decreto 1664/1998 de 24 de Julio de 1998 se aprueba el Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura (PHCS), donde se marcan una serie de adecuaciones en diferentes ramblas y cauces de las provincias de Murcia y Alicante, incluyendo entre estas la rambla objeto de estudio.

1.2 Situación actual.

La cuenca de la Rambla Salada se encuentra en una de las zonas geográficas más áridas y con un mayor índice de torrencialidad de la Península Ibérica. Anualmente en la zona precipitan alrededor de 200 milímetros, los cuales no se distribuyen a lo largo del año, sino que frecuentemente se agrupan en varios episodios de fuertes lluvias torrenciales, comúnmente en las estaciones de otoño e invierno. Estas dan lugar a crecidas extremas en los cauces, que a menudo resultan en inundaciones afectando a la calidad de vida de los habitantes de esta área.

La principal razón de este suceso es el gran volumen de escorrentía que se genera en la parte alta de estas cuencas. En ellas, debido a la escasa vegetación, poca permeabilidad del terreno y pronunciadas pendientes, se forman grandes torrentes de agua que viajan a gran velocidad durante los cursos alto y medio de la cuenca, creando, a causa de la fuerte erosión, anchos y profundos barrancos, que poco a poco y a medida que las pendientes disminuyen se transforman en pequeños cauces. Estos no presentan capacidad para portar tal volumen de agua, por lo que finalmente terminan por

producirse desbordamientos e inundaciones que afectan tanto a los terrenos agrícolas como a las zonas urbanas e industriales.

Además, debido a la alta periodicidad de dichos sucesos a menudo en la parte baja de estos cauces, el ancho de ramblas se ve reducido enormemente por la alta demanda de suelo agrícola y la construcción de viales, lo que contribuye a que se produzcan fenómenos de desbordamiento.

En el caso de la Rambla Salada, esta disminución de la capacidad del cauce se puede apreciar perfectamente desde visores cartográficos o imágenes aéreas, donde se observan que en apenas unos pocos kilómetros, el ancho de esta se ve enormemente disminuido.



Figura 1. Vista detallada de la Rambla Salada en su curso medio. FUENTE: Instituto Cartográfico Valenciano.



Figura 2. Vista detallada de la Rambla Salada en su curso bajo, donde el ancho del cauce ha disminuido drásticamente. FUENTE: Instituto Cartográfico Valenciano.

Además de esta presente problemática, en las pasadas décadas el curso bajo de esta rambla ha sufrido una fuerte antropización, construyéndose en la zona un polígono industrial y principalmente dando paso a la Autovía A-7, con su correspondiente enlace para dotar acceso a los municipios colindantes.

La construcción de estas infraestructuras ha producido una fuerte modificación en el curso natural que llevaba la Rambla Salada y, actualmente, el trazado de esta finaliza al llegar a la mencionada autovía, donde su cauce acaba fusionándose con la cuneta de esta y las salidas hacia aguas abajo son prácticamente nulas.

Por otro lado, debido a dichas construcciones en este último tramo, la rambla fue encauzada a cielo abierto en una pequeña sección de hormigón, sobre la que se construyeron pasos superiores de algunos viales como el de la Nacional N-340 los cuales, debido a la poca capacidad hidráulica que presentan, también están sujetos a ser afectados por las crecidas.



Figura 3. Reconstrucción que se está llevando a cabo sobre un vial afectado por la crecida de la Rambla Salada de 2019. FUENTE: Elaboración propia.

Consecuentemente, debido a la problemática explicada, cuando se producen episodios de lluvia torrencial, la zona se ve inevitablemente afectada tanto por la poca capacidad del cauce como por las insuficientes salidas existentes del agua hacia aguas abajo. Esto da lugar a inundaciones en la zona que afectan al polígono industrial de Albaterra, a la compleja infraestructura viaria que se dispone, a las parcelas agrarias de la zona y a las viviendas colindantes de Cox y Granja de Rocamora, poniendo en grave riesgo la seguridad de las personas que habitan o trabajan en esta área.

1.3 Objeto del proyecto.

Según el Artículo 22 de la Normativa del Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura, “*el objetivo general en actuaciones públicas de defensa contra inundaciones es procurar que todos los ciudadanos de la cuenca disfruten en niveles de protección similares, en términos de posibles daños socioeconómicos esperados en cada zona inundable*”

Por tanto, el objeto del presente proyecto es el de proporcionar una solución eficaz que proteja el polígono industrial de Albaterra, el municipio de Granja de Rocamora y de Cox frente a las crecidas que sufre la Rambla Salada cuando se dan episodios de fuertes lluvias torrenciales.



ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA DEFENSA FRENTE A LAS CRECIDAS DE LA RAMBLA SALADA DE COX, GRANJA DE ROCAMORA Y EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE ALBATERA (ALICANTE)



La Rambla Salada se encuentra en la Vega Baja del Segura, nace en la Sierra de Crevillente-Abanilla y su cuenca cuenta con una superficie de unos veinte kilómetros cuadrados. Su trazado discurre durante 16 kilómetros por los términos municipales de Albatera, Granja de Rocamora y Cox, atravesando principalmente una zona de cultivos en dirección sur hasta llegar a la intersección de esta con la Autovía del Mediterráneo, donde muere.

Como se ha comentado, la principal problemática se encuentra en la parte final de su trazado, donde debido a la poca pendiente del terreno, a la pequeña dimensión del cauce actual y la creciente antropización de la zona se producen desbordamientos los cuales demandan una necesidad de actuación.

Como solución a esta problemática, se ha propuesto el siguiente encauzamiento que se puede dividir en los siguientes 4 tramos:

- 1) Tramo I: El cual discurre aún por los campos de cultivos, siguiendo el cauce natural hasta llegar al polígono industrial.
- 2) Tramo II: Que circula paralelamente al polígono, al norte de la autovía.
- 3) Tramo III: Que circula bajo la autovía y diferentes viales hasta llegar de nuevo a una zona agrícola.
- 4) Tramo IV: Que discurre por los campos de cultivos hasta llegar a una zona de humedales donde desemboca.

Cada uno de estos tramos presenta unas secciones y características distintas, las cuales se comentan brevemente a lo largo de este documento y se presentan en detalle en los anejos.

La decisión y el cálculo de esta solución ha sido tomada tras realizar diversas actuaciones sobre las diferentes características de la zona. Estas actuaciones, necesarias para aportar una solución completa, se muestran en los anejos en forma de estudios concretos o cálculos y han sido las siguientes:

- **Estudio hidrológico** de la cuenca hidrográfica, obteniendo de esta manera el caudal del diseño para la embocadura del encauzamiento.
- **Estudio de soluciones.** Donde se realizó un análisis multicriterio entre los posibles trazados y sus correspondientes secciones hidráulicas del tramo del encauzamiento con mayor complejidad.
- **Cálculo hidráulico** de la solución de trazado tomada, dimensionando las distintas transiciones entre los diferentes tramos y obteniendo en todo momento la cota de la lámina de agua, para el correcto dimensionamiento de las estructuras.
- **Cálculo geotécnico** de las distintas secciones del encauzamiento.
- **Cálculo estructural** de las de las secciones del encauzamiento dimensionadas mediante hormigón armado.

2 ESTUDIOS PRELIMINARES.

2.1 Trabajos cartográficos y topográficos.

Puesto que la obra objeto de estudio es un encauzamiento en el que el flujo del agua circula en lámina libre, es de vital importancia conocer la elevación del terreno en la zona que nos afecta.

Para ello, se ha trabajado con los diferentes visores que proporciona el *Instituto Cartográfico Valenciano*, además, también se han utilizado modelos digitales del terreno del *Instituto Geográfico Nacional (IGN)*, a partir de los cuales se ha delimitado la cuenca hidrográfica, con ayuda del software informático “Qgis”.

De estos trabajos se obtiene que la cuenca de la Rambla Salada tiene un área de 21.8 kilómetros cuadrados, además de otra información necesaria para la realización del estudio hidrológico.



Figura 4. Cuenca de la Rambla Salada. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, a partir del *Instituto Geológico Minero de España (IGME)*, se ha obtenido de la hoja 892-*Fortuna a escala 1:50000*, la información geológica de la zona en la que se encuentra la Rambla Salada, la cual se representa y comenta detalladamente en el “Anejo N.º 2 Estudio hidrológico”

2.2 Estudio hidrológico.

Entre los documentos presentes de este proyecto se encuentra el “Anejo N.º 2 Estudio hidrológico” que se ha redactado con el fin de conocer el comportamiento hidrológico de la cuenca hidrográfica de la Rambla Salada para así poder determinar los distintos caudales de avenida de la misma, producidos por episodios de lluvia intensos, para distintos periodos de retorno.

Este análisis hidrológico se ha realizado siguiendo el “*método racional modificado de Témez*” mediante el cual se ha obtenido la respuesta de la cuenca de la Rambla Salada ante episodios de lluvia extremos para periodos de retorno de 10, 25, 50, 100, 200 y 500 años.

Para la realización de este análisis hidrológico, en primer lugar, se partió de los datos obtenidos en estudios anteriores sobre la cuenca hidrográfica de la Rambla Salada. Estos datos han sido tomados respecto al mismo punto de referencia, que coincide con el punto determinado para el inicio del encauzamiento.

Área de la Cuenca	→	21.8km²
Longitud del cauce	→	16,62 km
Desnivel total del cauce	→	512,8m
Pendiente media	→	0.031

A continuación, siguiendo el documento “*Máximas lluvias diarias en la España peninsular*” (MAXPLU), que fue publicado por el Ministerio de Fomento en 1999, se ha obtenido la máxima precipitación diaria en la zona de estudio, para los distintos periodos de retorno.

<i>Periodo de retorno T</i> (años)	<i>Máxima precipitación diaria P_d</i> (mm)
10	79.63
25	101.33
50	119.27
100	137.94
200	157.78
500	186.15

Figura 5. Cuantiles de precipitación diaria máxima en función de los distintos periodos de retorno.

Una vez obtenida esta información necesaria, se puede proceder con la aplicación del método racional modificado de Témez, a partir del que se han obtenido los caudales punta para cada periodo de retorno estudiado.

El desarrollo desglosado de este método, junto con todos los cálculos y la información necesaria para su realización se encuentran detalladamente en el Anejo N.º.2. Además, en este anejo también se exponen las distintas características físicas y geomorfológicas de la cuenca de la Rambla Salada, realizando una completa descripción de esta para entender correctamente la naturaleza de la zona de estudio.

Finalmente, los resultados obtenidos de este estudio hidrológico han sido los siguientes:

<i>P. Retorno (años)</i>	<i>Q (m³/s)</i>
10	15.51
25	28.09
50	40.28
100	54.44
200	70.86
500	96.38

Figura 6. Caudales obtenidos para los distintos periodos de retorno.

3 ESTUDIO DE SOLUCIONES

3.1 Introducción.

Debido a la gran antropización que encontramos en el tramo final de la Rambla Salada, se ha realizado un estudio de soluciones mediante el cual se pretende obtener qué trazado es el más idóneo para el encauzamiento de la Rambla Salada.

Este estudio de soluciones se centra principalmente en la resolución del tramo de mayor complejidad, que consiste en salvar la Autovía del Mediterráneo y el enlace de la misma con la carretera nacional CV-900. Por tanto, los tramos del encauzamiento posteriores y anteriores a este tramo se han considerado idénticos para todos los trazados propuestos.

Se han propuesto cuatro alternativas distintas de trazado, las cuales vienen condicionadas por el complejo nudo viario ya comentado y por los edificios e infraestructuras existentes de la zona que se deben respetar, intentando producir las mínimas alteraciones posibles.

Respecto al alzado de las alternativas, estas en general tienen en común la poca pendiente de la zona, que es del orden del 3%. Esta pequeña pendiente añade una dificultad extra, ya que necesariamente las alternativas tienen que cruzar bajo la autovía, por lo que las dimensiones de los distintos cajones vienen limitadas tanto por su ancho, debido al poco espacio entre edificios en algunas zonas, como por su alto.

Concluyendo, la realización de este estudio ha consistido en el análisis de cada uno de los trazados propuestos, obteniendo las distintas pendientes que sigue cada alternativa, realizando un perfil longitudinal y dimensionando la sección hidráulica óptima para cada trazado, considerando que el flujo sigue un régimen lento y uniforme.

Respecto al caudal de diseño tomado para el dimensionamiento hidráulico cabe comentar que, de todos los caudales obtenidos a partir del documento "Anejo N°2. Estudio Hidrológico", se ha de cumplir el *Plan de Acción Territorial de carácter sectorial sobre prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana (PATRICOVA)*, el cual establece lo siguiente:

“Los encauzamientos cubiertos se permitirán excepcionalmente en tramos urbanos altamente antropizados y con un nivel de protección de al menos, quinientos (500) años de periodo de retorno”

Por lo que la actuación objeto de estudio, al tratarse de un encauzamiento parcialmente urbano que discurre durante ciertos tramos cubiertos, debido a que debe pasar bajo ciertas infraestructuras viales, tendrá que ser dimensionado de acuerdo con el caudal correspondiente al periodo de retorno de 500 años. Dicho caudal es de $96.38\text{m}^3/\text{s}$. También se establece que los tramos enterrados deberán ser visitables para su mantenimiento, por lo que deberán tener una altura mínima de 2,4 metros.

Finalmente, una vez obtenidas las secciones hidráulicas más adecuadas para cada alternativa, se ha realizado un análisis multicriterio mediante el cual se ha determinado el trazado que mejor se ajusta para la realización del encauzamiento.

A continuación, se muestran sobre una misma imagen las cuatro alternativas propuestas para este estudio de soluciones.

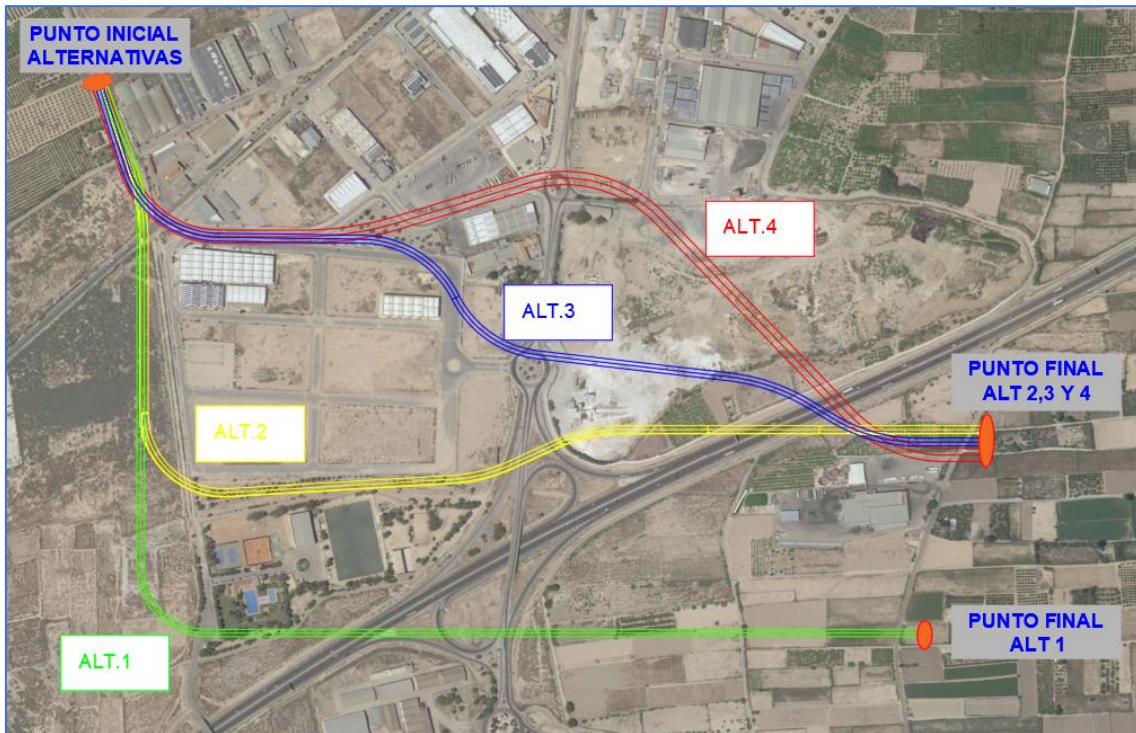


Figura 7. Trazados propuestos para el Estudio de soluciones.

3.2 Alternativas.

En este punto de la memoria, se van a comentar brevemente las características de cada alternativa estudiada, así como su sección hidráulica finalmente obtenida. No obstante, en el “Anejo N°3. Estudio de soluciones” se desarrollan cada una de las alternativas en detalle y se justifica el porqué de la elección de cada sección para cada alternativa.

1) Alternativa 1:

Como se muestra en la anterior figura, la alternativa 1, representada en color verde, es la única que cruza la autovía por el lado inferior del enlace, terminando en un punto distinto al de las otras tres. Debido a esto su trazado es el más largo de todos y posee la pendiente longitudinal más pequeña. Concretamente tiene una longitud de 1945 metros y una pendiente del 0.28%.

Como se desarrolla en “Anejo N°3. Estudio de soluciones”, esta sección tuvo dos planteamientos. El primero de ellos consistía en que el flujo discurre en régimen lento y uniforme, es decir, con una pendiente y características de sección constantes a lo largo de su recorrido, al igual que lo hacen las otras alternativas. Sin embargo, debido a la gran longitud y poca pendiente que tiene este trazado se determinó mediante la realización del perfil longitudinal de esta que era inviable realizar esta alternativa siguiendo uniformemente la pendiente determinada. Puesto que, debido a altura mínima que debía de tener la sección hidráulica no se disponía de suficiente espacio vertical para pasar por debajo de la autovía.

Consecuentemente, se modificó excepcionalmente el planteamiento inicial establecido y se dividió el trazado de esta alternativa en dos tramos:

- Un tramo en régimen rápido con una pendiente pronunciada.
- Un tramo enterrado en régimen lento que cruce bajo la autovía.

La idea de esta división en dos tramos se realizó para pasar a una cota suficientemente baja bajo la autovía. Sin embargo, esta modificación implica el dimensionamiento de un cuenco de resalto hidráulico en el que se produzca el cambio de régimen del rápido a lento.

Solucionado el desenlace de esta alternativa, se dimensionan las dos secciones correspondientes a cada tramo:

- Tramo en régimen rápido, con una longitud de 600 metros y una pendiente del 0.8%, que discurre en línea recta durante la primera parte del trazado de la alternativa.

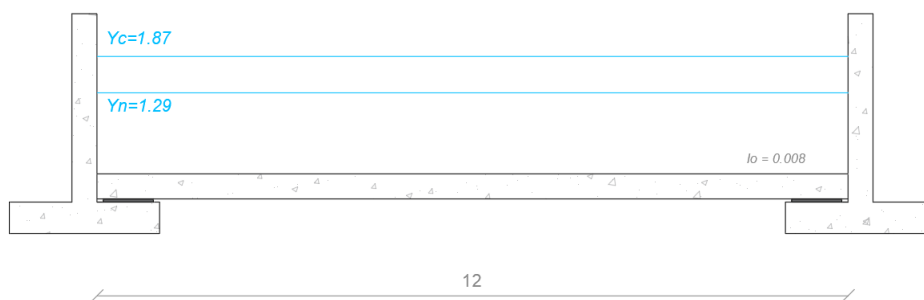


Figura 8. Sección del tramo en régimen rápido de la Alternativa 1.

- Tramo en régimen lento, con una longitud de unos 1200 metros y una pendiente del 0.18%, que discurre en forma de doble cajón enterrado bajo la segunda mitad del trazado de la alternativa.

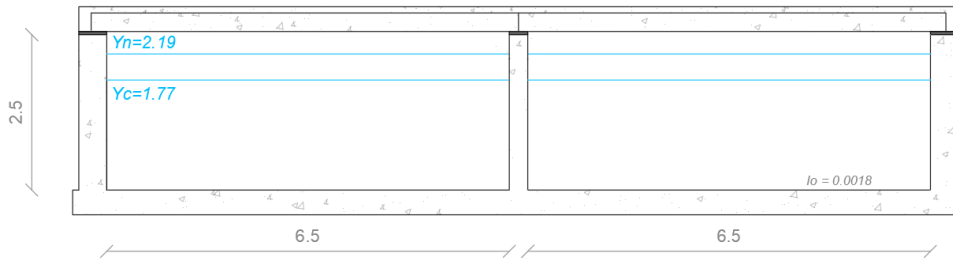


Figura 9. Sección del tramo en régimen lento de la Alternativa 1.

2) Alternativa 2:

La segunda alternativa propuesta tiene un recorrido similar a la primera. Esta es la que más se ajusta al pequeño trazado actual que lleva la rambla, discurriendo entre el polígono y las instalaciones deportivas que se observan en la figura 7. Esta cruza el enlace por la parte norte de este y por último cruza la autovía, terminando su recorrido unos 300 metros más al norte que la alternativa anterior. Coincidiendo este punto también con el punto final de las alternativas 3 y 4.

Este trazado tiene una longitud de 1850 metros y una pendiente del 0.35%. La realización de su perfil longitudinal determinó que en este caso sí que es posible el dimensionamiento de una sección que discurra en régimen uniforme durante todo su recorrido, sin producir alteraciones en la autovía o viales que cruza.

Teniendo en cuenta las limitaciones que encuentra este trazado, las cuales son expuestas en el correspondiente anejo, mencionado anteriormente, se determina la siguiente sección hidráulica para esta alternativa.

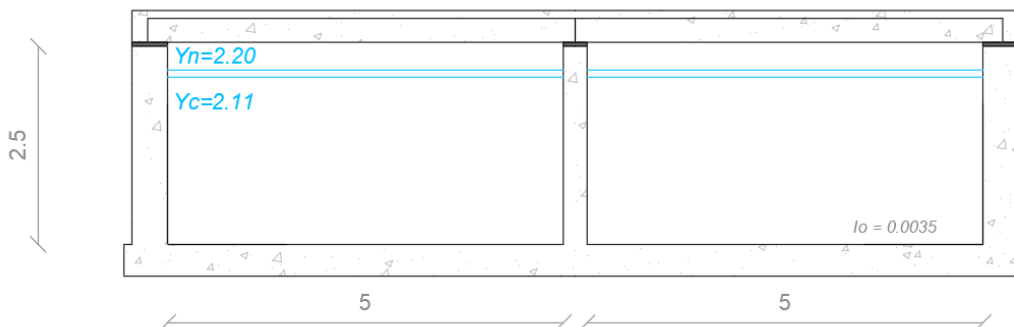


Figura 10. Sección determinada para la Alternativa 2.

Cabe mencionar que, al igual que en resto de las alternativas mostradas, la sección hidráulica que se muestra es la correspondiente al tramo enterrado. Cuando no sea necesario la ocultación de estas, se retirarán las losas prefabricadas que se disponen a modo de tapa, dejando la sección a cielo abierto.

3) Alternativa 3:

El trazado de la alternativa número 3 surge de pensar un recorrido que no cruce bajo el angosto nudo de carreteras que es el enlace. Se realiza por tanto su trazado a través del polígono industrial “Mos del Bou”, se cruza en una primera instancia la carretera CV-900 y, tras pasar por la antigua cantera, se cruza la Autovía del Mediterráneo. Terminando el mismo punto que las alternativas 2 y 4.

Esta alternativa, con una longitud de 1570 metros, es la más corta de todas, debido a esto, también tiene la mayor pendiente que es del 0.41%. Como se ha comentado, su trazado circula bajo los viales del polígono industrial por lo que el recorrido de esta alternativa circula enterrado prácticamente en su totalidad enterrado.

Por otro lado, también cabe comentar que las alternativas 3 y 4, y ligeramente la alternativa 2, cruzan por lo que anteriormente era un cabezo que fue explotado como cantera. Esto origina la posibilidad de que en las excavaciones se encuentre roca, suceso que incrementaría mucho el coste de la realización de la obra.

De nuevo, teniendo en cuenta las limitaciones que encuentra este trazado que son expuestas en el “Anejo N°.3 Estudio de soluciones”, se determina la siguiente sección hidráulica para esta alternativa.

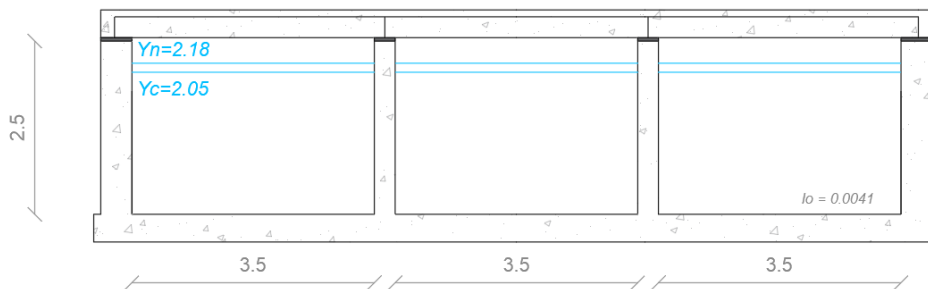


Figura 11. Sección determinada para la Alternativa 3.

4) Alternativa 4:

Esta última alternativa surge como una pequeña variación de la alternativa 3. En esta, el trazado se desvía por la parte norte del polígono industrial y luego gira unos 100 grados a la derecha para dirigirse al punto final del tramo. Esta modificación se realiza con la intención de evitar algunas de las curvas de la alternativa 3 y con ello la realización de ciertas expropiaciones o servidumbres de paso. Sin embargo, como consecuencia, el trazado discurre durante más tiempo bajo los viales del polígono.

Esta alternativa presenta una pendiente del 0.39% y tiene 1650 metros de longitud. Debido a estas dos características, y a que esta alternativa presenta prácticamente las mismas limitaciones que la alternativa 3, se ha determinado que su sección hidráulica óptima es la misma que la de la alternativa anterior, donde varía mínimamente la cota que llevaría la lámina de agua.

3.3 Análisis multicriterio.

Una vez obtenida la sección hidráulica de cada alternativa y habiendo estudiado en profundidad las características de cada trazado, se han establecido cinco indicadores que nos ayudan a determinar objetivamente la alternativa que mejor se ajusta al encauzamiento propuesto.

Estos indicadores, que se desarrollan en el Anejo 3, son los siguientes:

- *Coste constructivo.* Se evalúa con una escala del 0 al 10, considerando la puntuación 10 como una alternativa cuyas previsiones no suponen costos elevados y la puntuación 0, como todo lo contrario.
- *Facilidad constructiva:* Se evalúa del 0 al 10. Un valor 10 representa que será muy sencillo realizar la obra y un valor 0 lo opuesto.
- *Robustez de la solución:* Se evalúa también del 0 al 10. A mayor valor, mejor funcionamiento del encauzamiento.
- *Coste social:* Se evalúa del 0 al 5, siendo el valor máximo un coste social mínimo y viceversa.
- *Dificultad administrativa:* Se evalúa del 0 al 5, indicando el valor 5 unas dificultades administrativas, que son irrelevantes y un valor 0 todo lo contrario.

A continuación, se muestran los resultados del análisis multicriterio. La justificación de las puntuaciones se encuentra desarrollada detalladamente en las páginas 22 y 23 del anejo correspondiente.

INDICADOR	ALT 1	ALT 2	ALT 3	ALT 4
<i>CRITERIO ECONÓMICO</i>	7	5	3	1
<i>FACILIDAD CONSTRUCTIVA</i>	3	10	7	7
<i>ROBUSTEZ DE LA SOLUCIÓN</i>	10	3	5	5
<i>COSTES INDIRECTOS</i>	5	5	3	1
<i>DIFICULTADES ADMINISTRATIVAS</i>	5	5	1	3

$\sum n$	30	28	19	17
----------	----	----	----	----

Finalmente, a la vista de los resultados del análisis multicriterio realizado, la alternativa número 1 es la más adecuada para llevar a cabo la ejecución de esta infraestructura.

Por tanto, de aquí en adelante se hablará del encauzamiento en su totalidad, teniendo en cuenta la alternativa 1 como la determinada para resolver el tramo central de la obra.

4 DESCRIPCIÓN DEL ENCAUZAMIENTO.

El encauzamiento propuesto para la Rambla Salada conlleva la realización de un cauce artificial de unos 5.015 metros de longitud. La infraestructura hidráulica comienza en su embocadura, unos 600 metros al norte del polígono industrial de Albatera, discurre prácticamente en línea recta hacia el sur, cruzando bajo la Nacional N-340 y a continuación, gira noventa grados hacia el este, cruzando la A-7 y el enlace de esta con la carretera CV-900. Finalmente, continúa por campos de cultivo en dirección este durante unos 2500, hasta llegar al “Cabezo de las Fuentes”, donde desemboca en una gran extensión de tierra en desuso con características de humedal.

De este modo se prevé evacuar eficazmente los aguaceros que se produzcan en la cuenca de la Rambla Salada hasta para un periodo de retorno de 500 años. Garantizando la seguridad en el área que actualmente se ve afectada debido a la inexistencia de una infraestructura de protección frente avenidas y, además, contribuyendo a la recuperación del hábitat y de las especies de esta zona. Puesto que, exceptuando el tramo urbano, el encauzamiento se realizará de acuerdo con las políticas ambientales europeas.



Figura 12. Planta general del encauzamiento. FUENTE: Elaboración propia.

Como se observa, el encauzamiento cruza bajo numerosos viales y caminos de la zona. En aquellos que sea posible, este cruce se resolverá mediante pequeños puentes realizados con vigas prefabricadas. En la parte final del encauzamiento que discurre en forma de sección en tierras, se repondrán las servidumbres que sean necesarias, ya sean tanto paralelas como perpendiculares a su trazado.

En cuanto al cruce bajo la autovía, su realización requerirá un proyecto paralelo de hincas de cajón, ya que no debería verse afectado excesivamente el funcionamiento de esta infraestructura para la realización del encauzamiento.

4.1 Tramo I.

El primer tramo del encauzamiento está formado por una sección de muros de gaviones. Su recorrido comienza aún en la zona extraurbana de la rambla, y sigue el recorrido natural que esta lleva a través de los campos de cultivos frutales de la zona. El tramo comienza en el P.K. 0+000, tras una pequeña embocadura de hormigón, y discurre hasta el P.K. 0+694.40, donde comienza una transición hasta el siguiente tramo.

La sección está formada por una solera de escolleras de 15 metros de ancho. El diámetro medio de estas es de 80 centímetros y en los laterales de la sección se disponen sendos muros formados por celdas de gaviones.

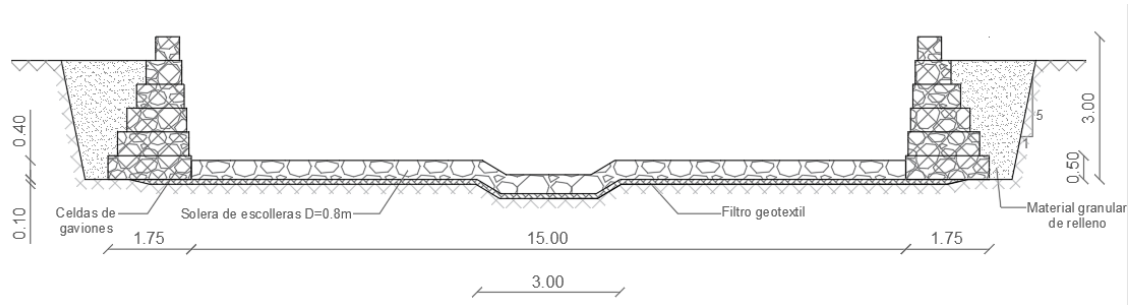


Figura 13. Sección propuesta para el tramo I del encauzamiento. FUENTE: Elaboración propia.

Este tramo se dispone con un pequeño cauce central de 3 metros de ancho, concentrando de esta manera el agua proveniente de pequeños chubascos en una parte de la sección.

Respecto al alzado de este tramo, nos encontramos pendientes ligeramente pronunciadas. Concretamente, en esta parte se halla la mayor pendiente media que es del 1%. Sin embargo, debido a la alta rugosidad de las escolleras y al ancho de la sección en este tramo, el flujo del agua circulará en régimen lento.

En cuanto al trazado en planta, este tramo discurre siguiendo el cauce natural de la rambla, el cual en esta parte de su curso aún tiene una determinada anchura, por lo que no se espera la necesidad de realizar grandes expropiaciones de tierras. Por la misma razón, este tramo tampoco atraviesa ningún vial o camino de importancia durante su recorrido, excepto en su parte final, donde cruza bajo “El camino del Espartal” antes de comenzar la transición hacia el siguiente tramo.

4.2 Tramo II.

Tras un estrechamiento de solera de 15 a 12 metros, realizado mediante una transición de hormigón armado de 7,50 metros de largo, comienza en el P.K. 0+701.90 el segundo tramo del encauzamiento. A este se le ha dado una longitud de 600 metros, durante los cuales, debido a las características de la sección, el agua circulará en régimen rápido.

Por su sencillez y efectividad, para este tramo se ha diseñado una sección constructiva en forma de cajón abierto, que está formado por dos muros ménsulas y un tablero de hormigón prefabricado. La solera dispone de un ancho de 12 metros y los muros, aunque en algún punto pueden disponer de una altura mayor, dependiendo de la cota del terreno, tienen una altura media de 3 metros.

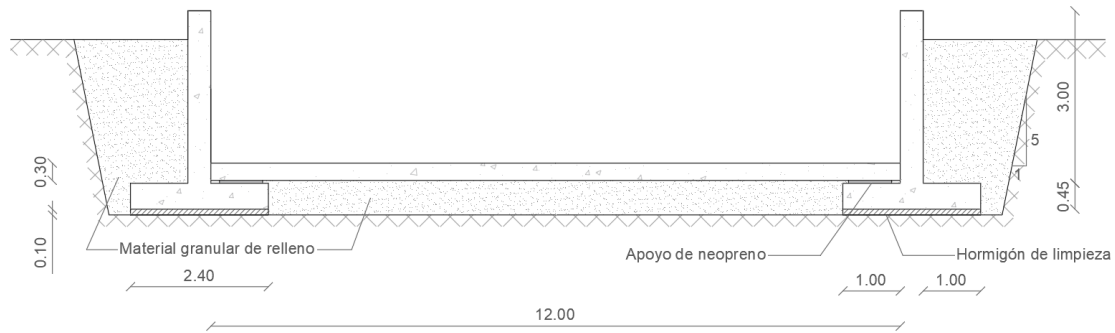


Figura 14. Sección propuesta para el tramo II del encauzamiento. FUENTE: Elaboración propia.

En cuanto a la función de este tramo, como se explica con sumo detalle en los anejos 2 y 3, el objetivo principal es el de acabar a una cota lo suficientemente baja para que el tramo contiguo pueda pasar bajo la autovía y los distintos viales sin problemas. Para ello, se le ha dotado al tramo de una pendiente longitudinal del 0.8%.

Con la pendiente y las características de la sección comentadas, el flujo del agua discurre en régimen rápido, por lo que al final del tramo se fuerza el cambio de régimen mediante una transición con un cuenco de resalto hidráulico.

La planta de este tramo discurre en línea recta hacia el sur, paralelamente al polígono industrial de Albatera, por unos terrenos públicos en desuso, por lo que en este recorrido tampoco será necesario realizar expropiaciones. Sin embargo, en el comienzo de este tramo el encauzamiento cruza bajo la carretera N-340, que es una importante vía de circulación de la zona, por lo que deberá realizarse adecuadamente un puente sobre esta, procurando respetar la sección hidráulica para asegurar el correcto funcionamiento de la infraestructura hidráulica, y, consecuentemente, la seguridad de la carretera.

4.3 Tramo III.

Una vez realizada la transición en la cual se restablece el régimen lento del flujo, comienza el tramo tres. Concretamente empieza en el P.K. 1+318.70 y tiene una longitud aproximada de 917 metros, donde se han diferenciado dos tramos.

El primero de ellos, denominado “tramo IIIa”, es el responsable de cruzar bajo la autovía y en general el complejo nudo viario. Por ello, necesariamente su sección constructiva se ha diseñado en forma de cajón enterrado. Este cuenta con dos compartimentos de 6,5 metros de ancho y 2,5 metros de altura, que están separados por un murete central de 30 centímetros de ancho. La sección, en forma de doble pórtico invertido va tapada mediante dos losas prefabricadas de 7 metros de longitud cada una.

Este subtramo tiene una longitud aproximada de 632 metros, terminando en el P.K. 1+950.20, donde comienza la sección correspondiente al “tramo IIIb”.

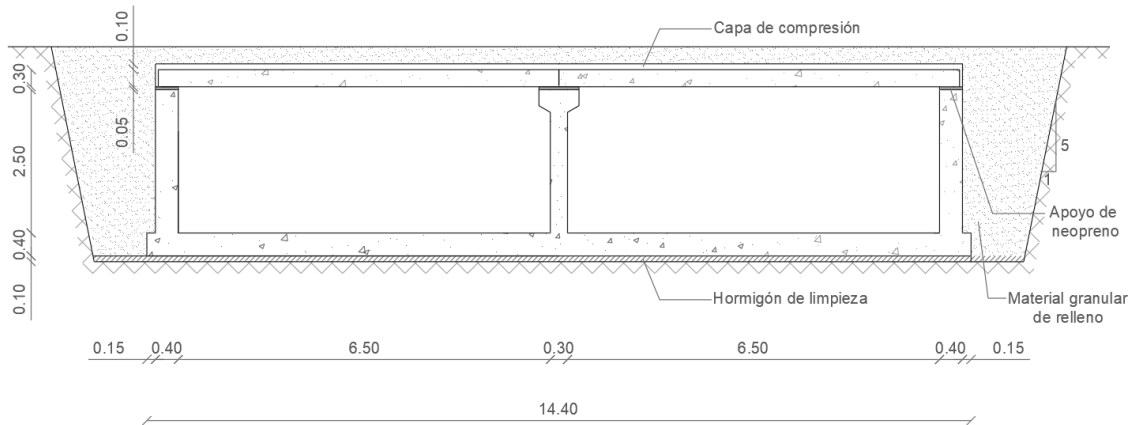


Figura 15. Sección propuesta para el tramo IIIa del encauzamiento. FUENTE: Elaboración propia.

La siguiente sección, que se dispone durante los últimos 285 metros del tramo tres, consiste en la continuación del tramo IIIa pero a cielo abierto. Por tanto, dispone de un ancho de solera igual a los dos cajones anteriores más el murete central, que suman 13,30 metros de ancho.

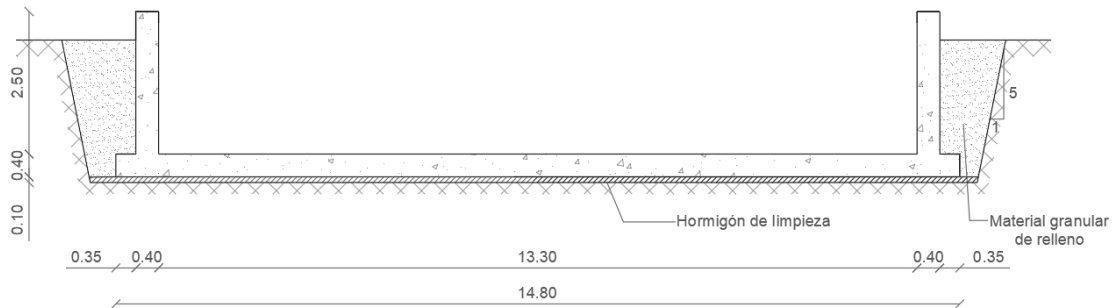


Figura 16. Sección propuesta para el tramo IIIb del encauzamiento. FUENTE: Elaboración propia

Ambas secciones disponen de la misma pendiente longitudinal que es del 0.18% y, como se muestra en el “Anejo N.º 3 Estudio de soluciones”, esta fue ajustada detalladamente buscando el equilibrio entre las dimensiones adecuadas de la sección hidráulica y las cotas de las estructuras bajo las que cruza.

Como se ha dado a entender, estas secciones son las que resuelven la principal problemática del presente proyecto, puesto que son las que dan paso a través de la barrera de infraestructuras que se encuentra la Rambla Salada en la parte final de su cauce. Consecuentemente, además del proyecto de hincas para cruzar bajo la autovía, se cruza bajo algunas otras vías de comunicación las cuales, debido a la baja cota a la que cruza el tramo, serán repuestas o acondicionadas debidamente sin grandes dificultades.

En cuanto a la planta de este tramo, se comenta que el mismo comienza con una gran curva girando hacia el este, encarando intencionadamente la zona por donde se puede cruzar bajo los nudos viarios con menos dificultad y de esta forma, continúa en línea recta hacia el último tramo del encauzamiento.

4.4 Tramo IV.

Antes de comenzar con la descripción del tramo cuatro, se debe hacer un pequeño inciso en la transición realizada entre este tramo y el explicado anteriormente. Puesto que esta transición se realiza mediante una sección con un ancho intermedio entre los anchos de estas dos secciones, ya que es tal la diferencia en anchura, que realizar una transición directa provocaría problemas en el funcionamiento hidráulico de la obra,

Por tanto, al finalizar el tramo tres, comienza un tramo de transición que dispone de unos 255 metros de longitud. En los primeros 8.5 metros de este, se produce un ensanchamiento de solera de ancho 13.30 a 30 metros, produciéndose un cambio de régimen y consecutivamente un resalto hidráulico que hace que el flujo vuelva a circular en régimen lento. Tras este primer ensanchamiento, se dispone una sección formada por dos muros ménsula, con las mismas características que los descritos para el tramo dos, y por una solera de escollera de 30 metros de ancho.

En el P.K. 2+474.40, se inicia un segundo ensanchamiento de 15 metros de longitud, hasta alcanzar el ancho de 60 metros de la sección en tierras, la cual comienza en el P.K. 2+489.40 y discurre durante dos kilómetros y medio hasta llegar a la desembocadura propuesta.

La sección en tierras dispone de tal ancho debido a la escasa pendiente que tiene el terreno en esta zona, puesto que, a menores pendientes, se obtienen mayores anchos en las secciones. La pendiente uniforme que se sigue concretamente en este tramo es del 0.06%. En cuanto a las características de la sección, esta se ha realizado mediante una solera y taludes formados por geoceldas vegetales, de acuerdo con las normativas ambientales europeas. Los taludes de la sección son 3/1 y tienen dos metros de alto.

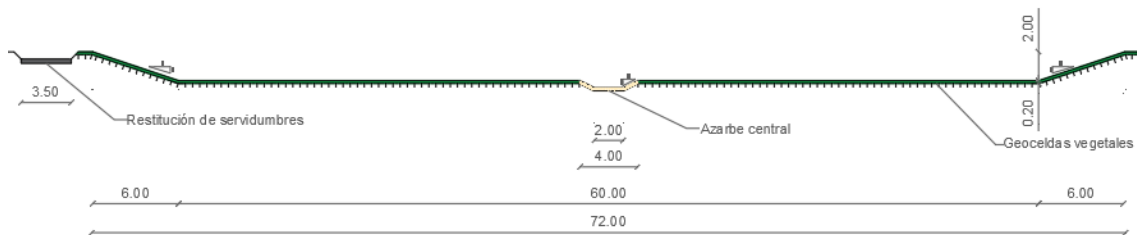


Figura 17. Sección propuesta para el tramo IV del encauzamiento. FUENTE: Elaboración propia.

Debido a la longitud y anchura de este tramo, se deberá realizar la expropiación de los terrenos de labor que se encuentren en su trazado, así como la reposición de los caminos y servidumbres que sean necesarias.

5 CÁLCULOS HIDRÁULICOS.

Los cálculos hidráulicos realizados, a partir de los que se han dimensionado todas las secciones y transiciones del encauzamiento descritas en el punto anterior, se encuentran detalladamente en el “Anejo N.º.4 Cálculos Hidráulicos”.

Como se ha comentado, para el estudio de soluciones ya se hizo un primer dimensionamiento de las distintas secciones de los trazados propuestos. Una vez determinada la alternativa más idónea, se ha realizado el cálculo completo de todos los tramos que componen el encauzamiento, obteniendo la cota de la lámina de agua en cada una de las secciones y detallando los fenómenos que esta describe a lo largo de todo del recorrido de la obra.

Este cálculo se puede dividir en dos partes; en primer lugar, se dimensionó la sección tipo de cada tramo para un régimen uniforme, obteniendo de este modo las dimensiones iniciales que cada tramo debía tener. No obstante, como se muestra en el punto anterior, hay una gran diversidad de secciones por lo que, en segundo lugar, se realizó detalladamente el dimensionamiento de las transiciones entre los distintos tramos del encauzamiento, teniendo en cuenta y estudiando en profundidad las distintas curvas de remanso que se producen, así como los cambios de régimen dimensionados.

Por tanto, en el anejo correspondiente se muestran todos los cálculos hidráulicos que comprueban el correcto funcionamiento del encauzamiento, siguiendo un régimen gradualmente variado. Verificando a su vez que el dimensionamiento de las distintas secciones es adecuado.

A continuación, se muestra en la siguiente tabla el diseño realizado:

	<i>Longitud (m)</i>	<i>Pendiente</i>	<i>Dimensiones</i>	<i>Rugosidad</i>
<i>Tramo I</i>	694.40	0.01	<i>Sección rectangular, 15 x 2.60 m²</i>	0.0423
<i>Transición I – II</i>	7.50	0.04	<i>Sección variable</i>	0.015
<i>Tramo II</i>	600.00	0.008	<i>Sección rectangular, 12 x 2.70 m²</i>	0.015
<i>Transición II – III a</i>	16.80	<i>horizontal</i>	<i>Sección variable</i>	0.015
<i>Tramo III a</i>	632.20	0.0018	<i>Sección rectangular, 2 * 6.50 x 2.50 m²</i>	0.015
<i>Tramo III b</i>	285.00	0.0018	<i>Sección rectangular, 13.30 x 2.50 m²</i>	0.015
<i>Transición III b – T.R</i>	8.50	0.0018	<i>Sección variable</i>	0.015
<i>Tramo de transición</i>	230.00	0.0018	<i>Sección rectangular 30 x 2.35 m²</i>	0.015
<i>Transición T.R – IV</i>	15.00	0.0006	<i>Sección variable</i>	0.0423
<i>Tramo IV</i>	2526.20	0.0006	<i>Sección en tierras, solera de 60 m, talud 3:1</i>	0.03



ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA DEFENSA FRENTE A LAS CRECIDAS DE LA RAMBLA SALADA DE COX, GRANJA DE ROCAMORA Y EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE ALBATERA (ALICANTE)



Por otro lado, estas son las cotas de los principales puntos que determinan el encauzamiento:

- **P.K. 0+000:** Inicio del tramo I en sección de gaviones.
 Z_{Solera} : 26.29 m. s. n. m; $Z_{\text{coronación}}$: 28.89 m. s. n. m;
- **P.K. 0+694.40:** Fin del tramo I, inicio del estrechamiento hacia el tramo II.
 Z_{Solera} : 18.80 m. s. n. m; $Z_{\text{coronación}}$: 21.40 m. s. n. m;
- **P.K. 0+701.90:** Inicio del tramo II, sección en régimen rápido.
 Z_{Solera} : 18.50 m. s. n. m; $Z_{\text{coronación}}$: 21.30 m. s. n. m;
- **P.K. 1+301.90:** Fin del tramo II, inicio de transición con cuenco de resalto hidráulico.
 Z_{Solera} : 13.72 m. s. n. m; $Z_{\text{coronación}}$: 16.27 m. s. n. m;
- **P.K. 1+318.70:** Inicio del tramo IIIa, sección de doble cajón enterrado.
 Z_{Solera} : 14.11 m. s. n. m; $Z_{\text{coronación}}$: 17.06 m. s. n. m;
- **P.K. 1+950.90:** Inicio del tramo IIIb, sección a cielo abierto.
 Z_{Solera} : 12.94 m. s. n. m; $Z_{\text{coronación}}$: 15.89 m. s. n. m;
- **P.K. 2+235.90:** Fin del tramo IIIb, inicio del ensanchamiento hacia el tramo de transición.
 Z_{Solera} : 12.42 m. s. n. m; $Z_{\text{coronación}}$: 14.92 m. s. n. m;
- **P.K. 2+244.90:** Inicio del tramo de transición, sección a cielo abierto.
 Z_{Solera} : 12.40 m. s. n. m; $Z_{\text{coronación}}$: 15.05 m. s. n. m;
- **P.K. 2+474.40:** Fin del tramo de transición, inicio del ensanchamiento hacia la sección en tierras.
 Z_{Solera} : 11.97 m. s. n. m; $Z_{\text{coronación}}$: 14.72 m. s. n. m;
- **P.K. 2+489.40:** Inicio del tramo IV. Sección en tierras.
 Z_{Solera} : 11.96 m. s. n. m; $Z_{\text{coronación}}$: 13.96 m. s. n. m;
- **P.K. 5+015.60:** Fin del tramo IV. Desembocadura en humedal.
 Z_{Solera} : 10.50 m. s. n. m; $Z_{\text{coronación}}$: 12.50 m. s. n. m;

6 CÁLCULO GEOTÉCNICO.

En el “Anejo nº.5 Cálculo Geotécnico” se han resuelto las cuestiones de carácter geotécnico que son necesarias para el cálculo estructural de las secciones de hormigón armado, también se han realizado las distintas comprobaciones geotécnicas que requieren los distintos elementos que forman el encauzamiento propuesto.

Concretamente, en este documento se ha profundizado en el cálculo geotécnico de las siguientes secciones:

- 1. Cálculo geotécnico de los cajones;**
- 2. Cálculo geotécnico del muro ménsula;**
- 3. Cálculo geotécnico del muro de gaviones.**

El primer apartado corresponde al estudio geotécnico de las secciones tipo del tramo tres, que son el doble cajón enterrado y su sección contigua, el cajón a cielo abierto. De estas secciones se determinó su módulo de balasto, señalando si se comportan como cimentaciones rígidas o flexibles. Además, se obtuvieron los empujes actuantes en cada sección y por último se comprobó la carga de hundimiento del tramo enterrado.

Respecto al muro ménsula, se estudió esta sección porque forma parte de dos tramos del encauzamiento ya que se dispone tanto en el tramo 2, donde la sección está formada por dos muros de este tipo y una losa de hormigón, como en el tramo de transición, donde en esta ocasión encontramos una solera de escolleras. En concreto, se estudiaron los siguientes apartados:

- Cálculo de empujes.
- Movilización de los empujes pasivos.
- Seguridad al deslizamiento.
- Seguridad frente hundimiento.
- Seguridad frente vuelco.

La sección compuesta por muros de gaviones corresponde al primer tramo propuesto del encauzamiento, que discurre siguiendo el curso natural de la rambla antes de llegar a la zona urbana de la obra. Para este muro se han realizado las comprobaciones respecto a vuelco y deslizamiento.

Por otra parte, para el último tramo del encauzamiento, donde se encuentra la sección en tierras, se han dispuesto taludes 3/1, siguiendo la tipología de taludes que se disponen en los alrededores de esta zona, donde el alto nivel freático y las malas propiedades del suelo obligan a la disposición de taludes muy tendidos.

En cuanto a los datos del terreno utilizados para las distintas comprobaciones mencionadas, debido a la falta de un estudio geotécnico realizado exclusivamente para este proyecto, se han utilizado datos extraídos de otros estudios realizados en zonas cercanas a la del proyecto en cuestión, además de la información disponible en el mapa geológico de nuestro país, facilitado por el *Instituto Geológico y Minero de España (IGME)*.



ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA DEFENSA FRENTE A LAS CRECIDAS DE LA RAMBLA SALADA DE COX, GRANJA DE ROCAMORA Y EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE ALBATERA (ALICANTE)



Por último, para el desarrollo de este anejo se siguieron las siguientes normativas:

- *“Guía de Cimentaciones de obras de carretera”*. De este documento se han obtenido las diferentes consideraciones para los cálculos geotécnicos de las diferentes secciones.
- *“IAP-11. Instrucción sobre acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera”*. Utilizada para determinar las diferentes sobrecargas que pueden actuar en las inmediaciones de la estructura.
- *“El Documento Básico de Seguridad Estructural Cimientos del Código Técnico de Edificación (DB-SE-C del CTE)”*. De donde se han obtenido las diferentes formulaciones para los empujes sobre las secciones estudiadas.

Además, se consultaron dos artículos publicados en el blog del Dr. Víctor Yepes para una mejor comprensión y desarrollo de los siguientes temas:

- *¿Cómo evitar que nuestros muros deslicen?*
- *Muros de gaviones.*



7 CÁLCULO ESTRUCTURAL.

En el “Anejo nº.6 Cálculo Estructural” se han determinado los esfuerzos y el dimensionamiento de las distintas secciones de hormigón armado que presenta el encauzamiento diseñado para la Rambla Salada. Pudiendo proporcionar de esta manera unos posteriores planos del armado de las secciones estudiadas.

Concretamente se ha realizado el dimensionamiento de tres secciones diferentes:

1. **Doble cajón enterrado;**
2. **Cajón a cielo abierto;**
3. **Cajón de muros ménsula.**

En el pertinente anejo se describen con sumo detalle las características de cada uno de estos cajones, determinando qué secciones específicamente son las que recibirán los esfuerzos más desfavorables y por tanto determinarán el armado de estas.

A continuación, se han establecido las bases de cálculo seleccionadas para el dimensionamiento del armado. Donde se han expuesto las características de los materiales empleados, los aspectos referentes a la durabilidad que se han seguido, así como las situaciones de cálculo y acciones consideradas. Finalmente, se han mostrado los diferentes diagramas de esfuerzos obtenidos para cada uno de los tres cajones estudiados.

Una vez determinadas las bases, se ha realizado un cálculo seccional a partir del cual se ha obtenido el dimensionamiento de las secciones. Este se ha realizado a través de un análisis de los “*Estados Límite Últimos*”, que se definen como aquellos que, de ser rebasados, ponen en peligro la estructura, volviéndola insegura. En concreto, se ha realizado el análisis de los dos siguientes estados límite últimos fundamentales:

- **Estado límite de agotamiento por solicitaciones normales.**
- **Estado límite de agotamiento por solicitaciones tangenciales.**

De estos dos estados se ha obtenido la cuantía necesaria para que la pieza resista las solicitaciones normales, y en el caso de que sea necesaria, las solicitaciones tangenciales.

Por otro lado, para garantizar que el hormigón armado se comporte como tal, se ha descrito el proceso seguido para la obtención de las cuantías mínimas de acero.

Finalmente, se ha dispuesto en cada sección la cantidad de armado más restrictiva, ya sea la obtenida por cálculo o por mínimos.

En el último apartado del correspondiente anejo se muestran los resultados obtenidos en el cálculo seccional. Mostrando en primer lugar la cantidad de armado necesaria para cada sección estudiada y por último determinando qué cuantía se ha dispuesto para cada parte de los cajones estudiados. A partir de esta se han representado los correspondientes planos de armado.

Respecto a la normativa utilizada para la realización del cálculo estructural, se han consultado tanto el *Eurocódigo-2* como la *EHE-08*.



8 VALORACIÓN ECONÓMICA.

En el documento “Anejo nº.7. Valoración Económica” se detalla el desglose de los precios obtenidos de la valoración económica.

Como se muestra, se ha obtenido el presupuesto de ejecución material de cada tramo y transición que compone el encauzamiento y, finalmente, se ha calculado el costo total que supondría realizar el encauzamiento.

En la siguiente tabla, se muestra los presupuestos de ejecución material de cada tramo y el costo total de la obra:

DESGLOSE POR PRECIOS Y COSTO TOTAL	
TRAMO I	926,968.45€
TRAMO II	1,097,933.34€
TRAMO IIIa	1,707,572.16€
TRAMO IIIb	494,115.46€
TRAMO DE TRANSICIÓN	567,892.78€
TRAMO IV	2,966,567.18€
TRANSICIÓN I-II	12,679.66€
TRANSICIÓN II-IIIa	32,423.16€
TRANSICIÓN IIIb-T.R.	25,631.49€
TRANSICIÓN T.R-IV	13,012.50€
REPOSICIÓN DE SERVIDUMBRES	2,078,700.00€
PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL	9,923,496.17€
GASTOS GENERALES (6%)	595,409.77€
BENEFICIO INDUSTRIAL (13%)	1,290,054.50€
PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR CONTRATA	11,808,960.44€
IVA (21%)	2,479,881.69€
PRESUPUESTO TOTAL	14,288,842.14€
EXPROPIACIONES	112,620.00€
COSTO TOTAL	14,401,462.14€

El presupuesto de ejecución material asciende a la cantidad de NUEVE MILLONES NOVECIENTOS VEINTITRES MIL CUATROCIENTOS NOVENTA Y SEIS EUROS CON DIECISIETE CÉNTIMOS.....9.923.496,17 €

Por otro lado, el costo total de la obra asciende a CATORCE MILLONES CUATROCIENTOS UN MIL CUATROCIENTOS SESENTA Y DOS CON CATORCE CÉNTIMOS.....14.401.462,14 €



9 CONCLUSIÓN.

Durante el desarrollo del presente documento “MEMORIA DEL ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA DEFENSA FRENTE A CRECIDAS DE LA RAMBLA SALADA DE COX, GRANJA DE ROCAMORA Y EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE ALBATERA (ALICANTE)” se han resumido y comentado los distintos estudios y cálculos realizados que forman el proyecto en su totalidad.

A modo de conclusión, se muestran los aspectos más importantes obtenidos a lo largo del proyecto

- Del estudio hidrológico, además de conocer el comportamiento de la cuenca hidrográfica de la Rambla Salada, se ha obtenido el caudal de diseño para el dimensionamiento de la obra, el cual, cumpliendo las exigencias del “PATRICOVA” es el correspondiente al periodo de retorno de 500 años que es de 96.38 m³/s.
- El estudio de soluciones ha demostrado que la alternativa 1 es la más idónea para la realización de la obra, la cual está dividida en dos partes, un tramo donde el agua circula en régimen rápido y se gana cota para que el siguiente tramo, en forma de doble cajón enterrado, cruce bajo la autovía sin causar complicaciones.
- Los anejos 4, 5 y 6 justifican el correcto funcionamiento de las infraestructuras dimensionadas, desde el punto de vista hidráulico, geotécnico y estructural.
- El tramo IV del encauzamiento, que cuenta con más de dos kilómetros de longitud, se ha dimensionado con geoceldas vegetales, de acuerdo con las normativas europeas medioambientales.



ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA DEFENSA FRENTE A LAS CRECIDAS DE LA RAMBLA SALADA DE COX, GRANJA DE ROCAMORA Y EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE ALBATERA (ALICANTE)



El presente documento que comprende el “ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA DEFENSA FRENTE A CRECIDAS DE LA RAMBLA SALADA DE COX, GRANJA DE ROCAMORA Y EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE ALBATERA (ALICANTE)” ha sido realizado por:

Santiago Navarro García

Valencia, Septiembre de 2020.