

PLAN PARCIAL CASTELLAR 2

ESTUDIO DE INUNDACIÓN DE LA RAMBLA DE LAS MORERAS. PLAN PARCIAL CASTELLAR 2 (T.M. DE MAZARRÓN)

INFORME FINAL

Fecha: JULIO 2020

Autor: JAVIER ENRÍQUEZ FERNÁNDEZ
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Col. Núm. 7.289

Índice general

Indice de figuras	ii
Abreviaturas	iv
MEMORIA	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Objeto del estudio	3
1.3. Contenido del documento.....	3
2. INFORMACIÓN DISPONIBLE	4
2.1. Cartografía de Zonas Inundables.....	4
2.2. Modelo digital del terreno.....	5
2.3. INCLAM: Estudios de inundabilidad (2012-2014).....	5
2.4. Adenda de julio 2016.....	7
2.5. Escrito de la CHS (diciembre, 2016)	8
3. ESTABLECIMIENTO DEL MODELO	10
3.1. Modelo matemático	10
3.2. Configuración del modelo	10
3.3. Escenarios simulados.....	14
3.4. Puntos de rotura del encauzamiento	14
4. CALIBRACIÓN DEL MODELO	16
4.1. Periodo de retorno de 100 años	16
4.2. Periodo de retorno de 500 años	18
4.3. Conclusiones	21
5. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.....	22
6. RESULTADOS DEL MODELO.....	24
6.1. Situación actual	24
6.1.1. Niveles de inundación	24
6.1.2. Velocidad del flujo	26
6.2. Solución adoptada.....	26
6.2.1. Niveles de inundación	26
6.2.2. Diferencias de nivel con la situación actual	29
6.2.3. Secciones transversales. Avenida de 500 años.	30
6.2.4. Velocidad del flujo. Avenida de 500 años.	32
7. ANÁLISIS DE LA ROTURA DEL ENCAUZAMIENTO.....	33
7.1. Situación actual	33
7.2. Solución proyectada	36
7.3. Conclusiones	39
8. CONCLUSIONES.....	40
8.1. Diseño de la actuación	40
8.2. Cota de inundación frente a las motas	40

Índice de figuras

Figura 1. Mapa de situación del Plan Parcial Castellar-2.....	2
Figura 2. Zona inundable para un periodo de retorno de 500 años (Fuente: SNCZI)	4
Figura 5. Comparación del MDT de 2ª cobertura del IGN y del empleado en el estudio del SNCZI	5
Figura 3. Solución óptima del estudio de INCLAM, 2012	6
Figura 4. Nueva solución (Fuente: Adenda, julio 2016)	8
Figura 5. Modelo digital del terreno y zonas establecidas para la triangulación del modelo tridimensional	11
Figura 6. Malla triangulada general y detalle	12
Figura 7. Discretización vertical de la malla de cálculo.....	12
Figura 8. Puente de la carretera RM-D6 (Fuente: CHS).....	13
Figura 9. Escenarios de rotura del encauzamiento	15
Figura 10. Nivel de avenida de 500 años, cota de coronación del encauzamiento y localización de los puntos de rotura seleccionados	15
Figura 11. Límite de inundación para el caudal de avenida de 100 años. Resultados del SNCZI (línea amarilla) y resultados obtenidos con el modelo Mike 3D (línea naranja).	16
Figura 12. Niveles de avenida en el último kilómetro de encauzamiento. Avenida de periodo de retorno de 100 años.	17
Figura 13. Perfil transversal de inundación para el caudal de avenida de 100 años. Margen derecha de la rambla. Comparación entre el SNCZI y el modelo Mike 3D.	18
Figura 14. Perfil transversal de inundación para el caudal de avenida de 100 años. Margen izquierda de la rambla. Comparación entre el SNCZI y el modelo Mike 3D.....	18
Figura 15. Límite de inundación para el caudal de avenida de 500 años. Resultados del SNCZI (línea amarilla) y resultados obtenidos con el modelo Mike 3D (línea naranja).	19
Figura 16. Niveles de avenida en el último kilómetro de encauzamiento. Avenida de periodo de retorno de 500 años.	20
Figura 17. Perfil transversal de inundación para el caudal de avenida de 500 años. Margen derecha de la rambla. Comparación entre el SNCZI y el modelo Mike 3D.	20
Figura 18. Perfil transversal de inundación para el caudal de avenida de 500 años. Margen izquierda de la rambla. Comparación entre el SNCZI y el modelo Mike 3D.....	21
Figura 19. Solución adoptada.....	22
Figura 20. Sección tipo de la actuación en la zona de policía (general y detalle)	23
Figura 21. Niveles de inundación en la situación actual y límite de inundación (línea amarilla). Caudal correspondiente al periodo de retorno T50.....	24
Figura 22. Niveles de inundación en la situación actual y límite de inundación (línea amarilla). Caudal correspondiente al periodo de retorno T100.....	25
Figura 23. Niveles de inundación en la situación actual y límite de inundación (línea amarilla). Caudal correspondiente al periodo de retorno T500.....	25
Figura 24. Velocidades del flujo en la situación actual. Caudal correspondiente al periodo de retorno T500.....	26
Figura 25. Niveles de inundación en la solución adoptada, límite de inundación actual (línea amarilla) y límite de inundación con la solución adoptada (línea naranja). Caudal correspondiente al periodo de retorno T50.	27

Figura 26. Niveles de inundación en la solución adoptada, límite de inundación actual (línea amarilla) y límite de inundación con la solución adoptada (línea naranja). Caudal correspondiente al periodo de retorno T100.	28
Figura 27. Niveles de inundación en la solución adoptada, límite de inundación actual (línea amarilla) y límite de inundación con la solución adoptada (línea naranja). Caudal correspondiente al periodo de retorno T500.	28
Figura 28. Diferencias del nivel de inundación en la solución adoptada con respecto a la situación actual. Caudal correspondiente al periodo de retorno T100.	29
Figura 29. Diferencias del nivel de inundación en la solución adoptada con respecto a la situación actual. Caudal correspondiente al periodo de retorno T500.	30
Figura 30. Niveles en la sección paralela al lado norte de la carretera	31
Figura 31. Niveles en los terrenos inundables al norte de la carretera	31
Figura 32. Niveles en la sección transversal de la zona de policía	31
Figura 33. Velocidades del flujo en la solución adoptada. Caudal correspondiente al periodo de retorno T500.	32
Figura 34. Nivel de inundación con rotura (1) del encauzamiento en la situación actual, para la avenida de 500 años. Línea amarilla: límite de inundación sin rotura. Línea roja: límite de inundación con rotura.	33
Figura 35. Nivel de inundación a lo largo del PPC2 en la situación actual, con y sin rotura (1) del encauzamiento. Avenida de 500 años.	34
Figura 36. Nivel de inundación con rotura (2) del encauzamiento en la situación actual para la avenida de 500 años. Línea amarilla: límite de inundación sin rotura. Línea roja: límite de inundación con rotura.	35
Figura 37. Nivel de inundación a lo largo de la zona inundable en la situación actual, con y sin rotura (2) del encauzamiento. Avenida de 500 años.	35
Figura 38. Nivel de inundación con rotura (1) del encauzamiento en la situación con proyecto para la avenida de 500 años. Línea amarilla: límite de inundación con rotura actual. Línea roja: límite de inundación con rotura con proyecto.	36
Figura 39. Nivel de inundación a lo largo de la zona de policía en la situación actual y con proyecto, con y sin rotura (1) del encauzamiento. Avenida de 500 años.	37
Figura 40. Nivel de inundación con rotura (2) del encauzamiento en la situación con proyecto para la avenida de 500 años. Línea amarilla: límite de inundación con rotura actual. Línea roja: límite de inundación con rotura con proyecto.	38
Figura 41. Nivel de inundación a lo largo de la zona inundable en la situación actual y con proyecto, con y sin rotura (2) del encauzamiento. Avenida de 500 años.	38
Figura 42. Altura y cota de inundación frente a las tres motas proyectadas	41

Abreviaturas

CHS	Confederación Hidrográfica del Segura
DGSCyM	Dirección General para la Sostenibilidad de la Costa y del Mar
IGN	Instituto Geográfico Nacional
MITECO	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico
MDT	Modelo digital del terreno
PNOA	Plan Nacional de Ortofotografía Aérea
PPC2	Plan Parcial Castellar-2
SNCZI	Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables
T50	Periodo de retorno de 50 años
T100	Periodo de retorno de 100 años
T500	Periodo de retorno de 500 años

MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

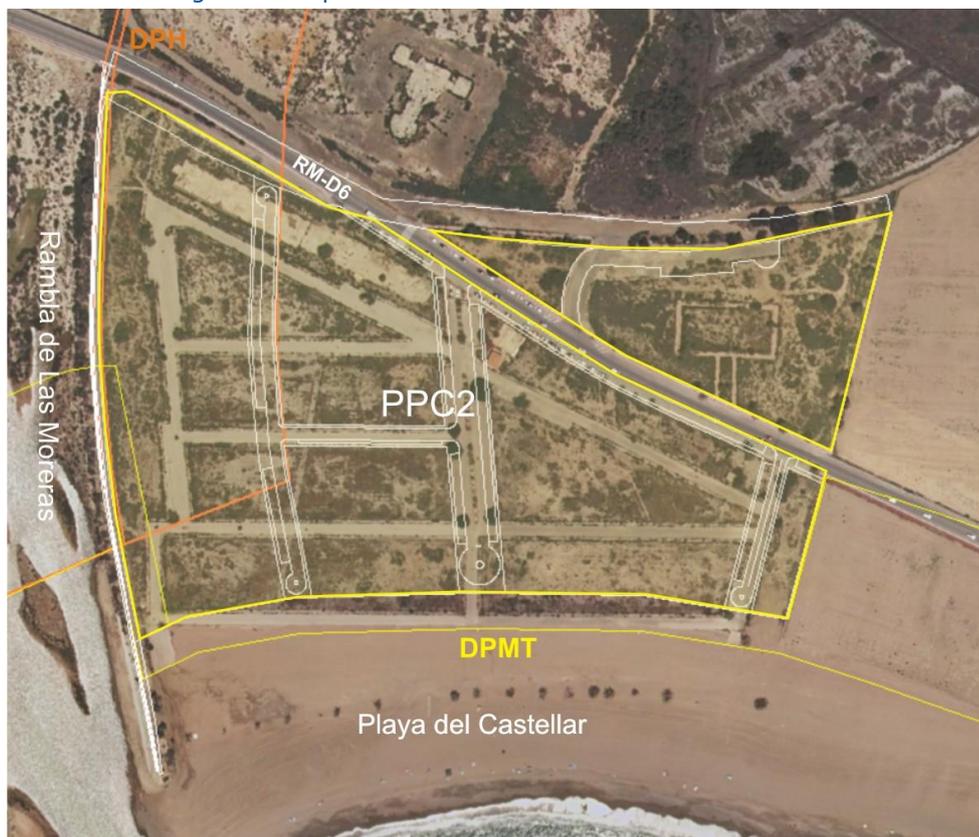
El expediente de modificación del Plan Parcial Castellar-2 (PPC2), situado en el T.M. de Mazarrón, se encuentra paralizado desde hace varios años debido a que la Confederación Hidrográfica del Segura (CHS) no ha informado favorablemente el estudio de inundabilidad presentado en su momento por la sociedad propietaria de las parcelas.

Según consta en el informe remitido por la CHS el 5 de diciembre de 2016, se observa una serie de deficiencias que invalidan los resultados del estudio de inundabilidad presentado, tales como la existencia de flujos tridimensionales, el hidrograma empleado en la modelización o la discretización espacial de los canales.

La desembocadura de la rambla de Las Moreras, situada inmediatamente a poniente del PPC2, supone un riesgo de desbordamiento del agua hacia las parcelas adyacentes durante la ocurrencia de las máximas avenidas. Por ese motivo, es necesario buscar una solución que proteja la urbanización de la inundación y que, al tiempo, no resulte perjudicial para los terrenos circundantes.

La futura urbanización se ubica en la margen izquierda de la rambla de las Moreras, lindando al Oeste con el encauzamiento izquierdo de la misma y al Sur con el deslinde del dominio público marítimo terrestre (DPMT) de la playa del Castellar. La parcela es atravesada por la carretera RM-06 (Puerto de Mazarrón a Bolnuevo).

Figura 1. Mapa de situación del Plan Parcial Castellar-2



1.2. OBJETO DEL ESTUDIO

El trabajo a desarrollar tiene como objetivo diseñar una solución que evite la inundación de los terrenos del PPC2 y no afecte a los terrenos colindantes, adaptando la solución final a los requerimientos hidráulicos y urbanísticos de este sector. Esta solución se configura de manera que **no se ubicará aprovechamiento inmobiliario alguno dentro de la zona de policía (ZP)**. Por tanto, todas las parcelas residenciales y de equipamiento público del PPC2 se situarán fuera de la ZP.

Tal y como se especifica en el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, el estudio de inundabilidad deberá llevarse a cabo con la avenida de 500 años de periodo de retorno. Adicionalmente, será necesario comprobar el funcionamiento de la solución ante una eventual rotura parcial de los diques de la rambla.

1.3. CONTENIDO DEL DOCUMENTO

En este documento se describe la solución finalmente adoptada para impedir la inundación del PPC2, y se muestra su respuesta ante la llegada de las avenidas de periodo de retorno de 50, 100 y 500 años. Los aspectos incluidos en este documento son los siguientes:

- Recopilación y análisis de la información de base
- Preparación del modelo matemático de inundación
- Descripción de la solución adoptada
- Simulación de las avenidas de 50, 100 y 500 años
- Comparación con la situación actual
- Análisis de resultados y conclusiones

En el capítulo 2 se describe la información disponible.

En el capítulo 3 se describe la preparación del modelo matemático de inundación y su calibración.

En el capítulo 4 se discute la calibración del modelo 3D.

En el capítulo 5 se describe la solución adoptada.

En el capítulo 6 se presentan los resultados del modelo de inundación en la situación actual y con la solución adoptada.

En el capítulo 7 se analiza los efectos de la solución adoptada en caso de rotura del encauzamiento.

En el capítulo 8 se presentan las conclusiones del estudio.

2. INFORMACIÓN DISPONIBLE

2.1. CARTOGRAFÍA DE ZONAS INUNDABLES

Se ha utilizado la información proporcionada por la CHS relativa al estudio denominado "Servicios para Desarrollo del Sistema de Cartografía de Zonas Inundables en la Demarcación Hidrográfica del Segura" (Noviembre 2012). Los resultados de dicho estudio han sido incorporados al Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI) elaborado por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

El estudio empleó para los cálculos el modelo bidimensional GUAD-2D, analizándose los procesos de inundación para los caudales máximos asociados a los periodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años, así como los hidrogramas de crecida asociados a cada uno de estos periodos de retorno. Este estudio se apoyó a su vez en el "Proyecto de Acondicionamiento y Ampliación de la Desembocadura de La Rambla de Las Moreras" realizado por la Dirección Técnica de la CHS.

La información proporcionada por la CHS para este estudio ha incluido el modelo digital del terreno (MDT) empleado para los cálculos del SNCZI, así como los resultados de niveles y flujos para cada una de las condiciones ensayadas. En la Figura 2 se muestra el límite de la zona inundable con probabilidad baja o excepcional (T=500 años).

Figura 2. Zona inundable para un periodo de retorno de 500 años (Fuente: SNCZI)



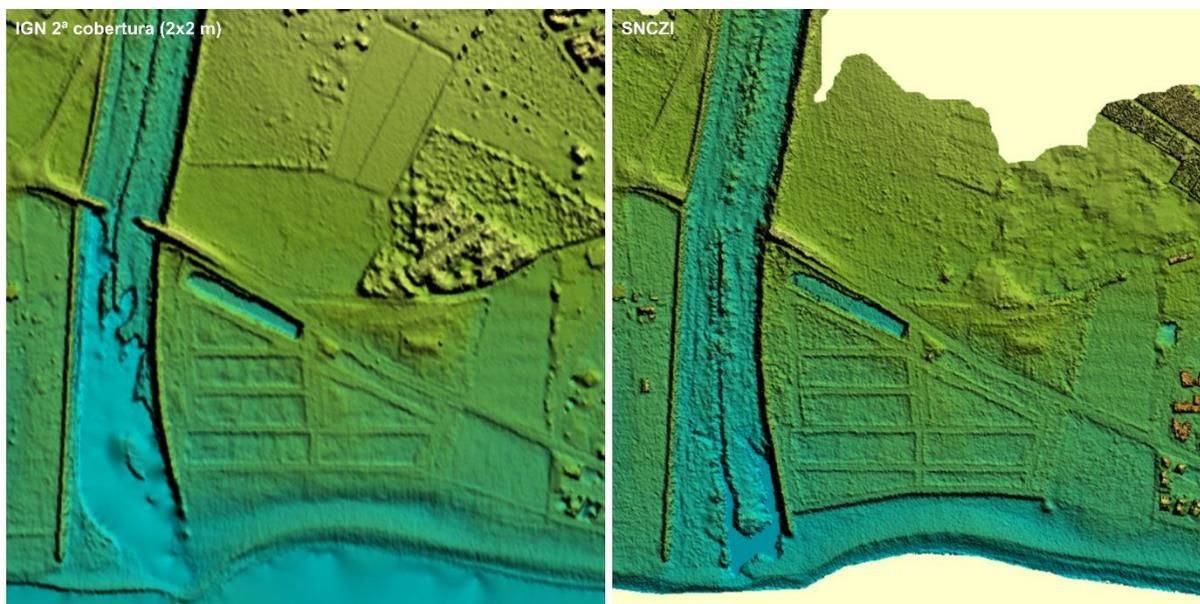
2.2. MODELO DIGITAL DEL TERRENO

La cartografía base utilizada en este estudio ha sido la proporcionada por la CHS, que fue a su vez la empleada en los estudios del SNCZI. Se trata de un levantamiento topográfico mediante metodología LIDAR con altímetro láser aerotransportado (Airborne Laser Survey) realizado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) dentro del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) en el año 2009. A partir de la información obtenida mediante el vuelo LIDAR se realizó una clasificación, edición y tratamiento posterior de los datos. De esta forma se obtuvo una cartografía base de 1 m de paso de malla y 15 cm de precisión altimétrica, que ha sido la empleada también en este estudio.

Actualmente está disponible en el IGN el MDT de la segunda cobertura (2015-Actualidad) con paso de malla de 2 m. Se trata de una información más moderna que la empleada en los trabajos del SNCZI, y que presenta una situación con un cauce menos obstruido por los sedimentos y, por tanto, con más capacidad de evacuación de las avenidas. Sin embargo, se ha optado por utilizar la cartografía original del SNCZI debido a su mayor precisión (malla de 1 m) y a la posibilidad de realizar una comparación de los resultados de este estudio con los del SNCZI.

La cartografía utiliza la proyección ETRS89 elipsoidal, huso 30.

Figura 5. Comparación del MDT de 2ª cobertura del IGN y del empleado en el estudio del SNCZI



2.3. INCLAM: ESTUDIOS DE INUNDABILIDAD (2012-2014)

En julio de 2012 esta empresa elaboró el "Estudio de inundabilidad de las parcelas anejas a la desembocadura de la rambla de Las Moreras por margen izquierda". Su objeto fue realizar los estudios hidráulicos necesarios para adoptar las medidas oportunas que evitasen la inundación del PPC2 sin provocar mayores afecciones que las actuales en su entorno para la avenida de 500 años de periodo de retorno. Así mismo, una vez definidas

las actuaciones necesarias se simuló la rotura del dique izquierdo de la rambla para comprobar el adecuado comportamiento hidráulico de las actuaciones propuestas.

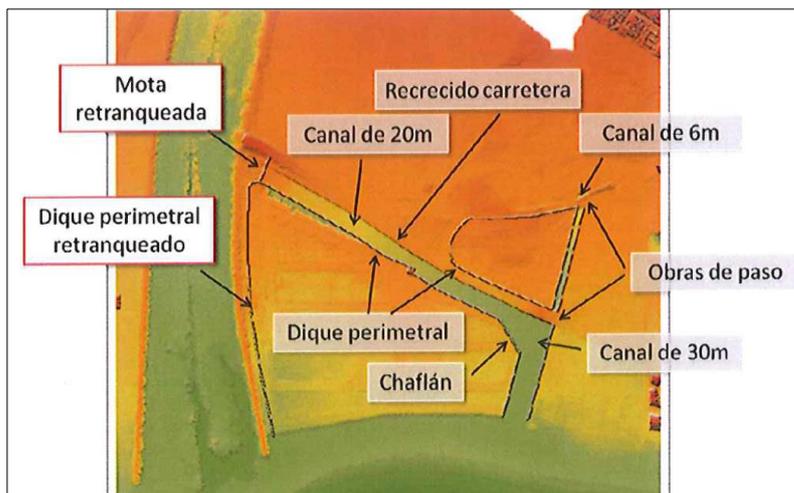
La información topográfica del modelo fue la misma que se empleó en el estudio desarrollado para el SNCZI. El modelo matemático empleado para el cálculo fue la versión del GUAD-2D que utiliza malla triangular e introducción de puentes. Este modelo ha sido desarrollado por la propia empresa y la Universidad de Zaragoza. Para realizar el mallado del modelo bidimensional se consideró un error máximo de cota de 0,15 m y un lado máximo del triángulo de 10 m.

Solución óptima

El estudio aportó finalmente como Solución Óptima para las obras de defensa de la futura urbanización las medidas contenidas en el modelo 11 (Canal30mCD3), la cual se presenta en la Figura 3.

Esta solución protegía la parcela al sur de la carretera mediante una mota perimetral, y recogía las aguas de inundación mediante dos canales que las derivaban hacia el mar por el lado este del PPC2.

Figura 3. Solución óptima del estudio de INCLAM, 2012



Adendas al estudio

En los años 2013 y 2014 se elaboró una serie de adendas al estudio para satisfacer los requerimientos de la CHS relativos a las condiciones de rotura del encauzamiento izquierdo, a las velocidades del flujo y a la cota de inundación de la carretera RM-D6. Finalmente, en marzo de 2015 se alcanzó una solución satisfactoria para la CHS, en la que se incluían las siguientes obras:

- Canal en tierras de sección trapezoidal de 30 m de base, con trazado paralelo a la carretera D-6, entre ésta y la mota perimetral de la futura urbanización, de 440 m de longitud, y diseñado en alzado en dos tramos de diferente pendiente (3,78% y 0,497%), ambas hacia el Sureste.

- Canal en tierras de sección trapezoidal de 30 m de base, con trazado perpendicular a la carretera D-6, de 125 m de longitud, y diseñado en alzado con pendiente única, hacia el Sur, del 0,3%.
- Canal en tierras de sección trapezoidal de 20 m de base, con origen en la carretera D-6, y trazado paralelo a la desembocadura, de 330 m de longitud, y diseñado en alzado adaptándolo al terreno existente.
- Canal en tierras de sección trapezoidal de 6 m base, que circula perpendicular a la carretera D-6 (al norte) y paralelo a la parcela 08881, de 125 m de longitud, y pendiente del 1,2%.
- Obra de paso bajo la carretera D-6, para el tránsito del flujo desde el anterior canal de 6 m al canal de 30 m paralelo a la carretera, mediante un marco de 6x2, de 17 m de longitud.
- Obra de paso a la entrada del canal de 6 m, definido como marco de 5x1 ,5 m y 5 m de longitud.
- Recrecimiento de la carretera D-6 en una longitud de 175 m.

Esta solución vertía toda el agua de inundación hacia un nuevo canal que desembocaba en la playa por el lado este del PPC2. Sin embargo, la Dirección General para la Sostenibilidad de la Costa y del Mar (DGSCyM) no consideró viable la implantación del nuevo canal sobre la playa, ya que generaría sobre la misma flujos diferentes a los actuales, considerando como viable únicamente un nuevo punto de salida paralelo a la rambla y próximo a la misma. Por este motivo hubo de someterse el proyecto a nuevos estudios.

2.4. ADENDA DE JULIO 2016

La necesidad de eliminar el canal de 30 m localizado al este del PPC2 hizo necesario dimensionar y estudiar una nueva solución de protección que cumpliera los requisitos establecidos por la DGSCyM. Atendiendo a esta necesidad se desarrolló una adenda (Sol Aragón Mora, 2016) donde se proponía una nueva alternativa para la minimización de la inundabilidad del sector en estudio.

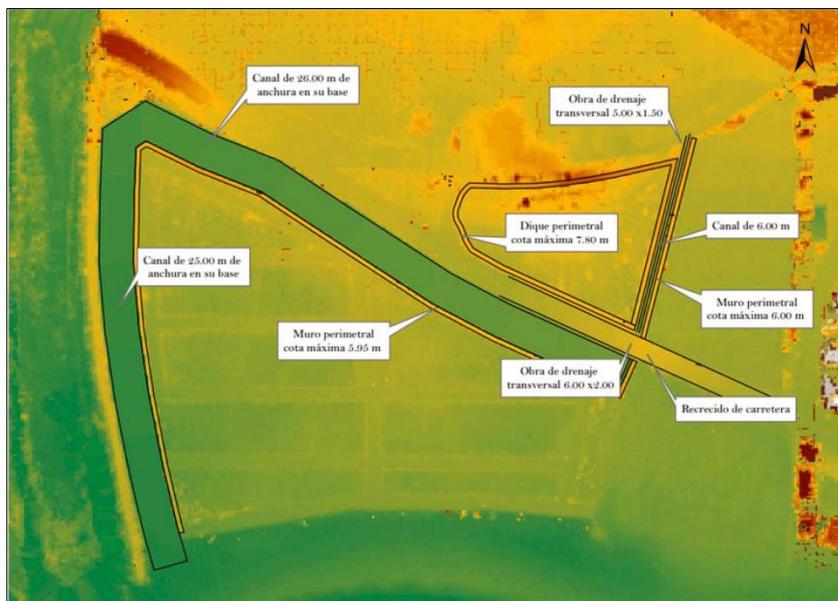
El software informático empleado en este nuevo estudio fue el programa de modelización bidimensional del flujo en lámina libre en aguas poco profundas IBER 2.3.2. La discretización de la malla se realizó con un lado máximo 100 m y uno mínimo 2 m.

La solución óptima se configuró finalmente mediante tres canales ejecutados en hormigón:

- Canal aguas arriba de la carretera (anchura de base 6 metros)
- Canal norte (anchura de base 26 m)
- Canal oeste (anchura de base 25 m)

La solución propuesta no fue comparada con la situación actual, de forma que no se puede determinar qué zonas sufrirían un incremento de la cota de inundación con la nueva alternativa y, consecuentemente, no se puede acreditar su validez.

Figura 4. Nueva solución (Fuente: Adenda, julio 2016)



2.5. ESCRITO DE LA CHS (DICIEMBRE, 2016)

En diciembre de 2016 la CHS envía un escrito relativo al estudio de julio de 2016 en el que se destacan los siguientes comentarios.

Flujos locales tridimensionales

El estudio no analiza la existencia de flujos locales tridimensionales y sus repercusiones en los resultados del modelo. Los modelos bidimensionales de aguas someras asumen la hipótesis de distribución uniforme de la velocidad en profundidad, la cual se cumple habitualmente en ríos y llanuras de inundación. Sin embargo, se hace necesario realizar la comprobación para la confluencia del canal norte y el canal oeste.

Duración del hidrograma

La CHS señala que el hidrograma de entrada deberá ser el del estudio hidrológico del "Proyecto de Acondicionamiento y Ampliación de la desembocadura de la Rambla de las Moreras" redactado por la Dirección Técnica de la CHS en marzo de 1997.

También se señala que se podrá utilizar un hidrograma de caudal constante, como el empleado en el estudio del SNCZI, "con un tiempo de simulación suficiente para permitir el tránsito completo del hidrograma, a menos que se justifique razonadamente que se alcanza un estado estacionario en los valores de las variables hidráulicas que permita la reducción del mismo".

Discretización

Se considera inadecuada la discretización del modelo, con elementos de malla de 8 y 10 m cuando el ancho de los canales es de 22-24 m.

Tipología de canales

Se señala que los canales habrán de ser de tierra con revestimiento de escollera, disponiendo el material de filtro adecuado para evitar la fuga de material fino. El espesor del manto y el tamaño y talud de la escollera serán los adecuados para garantizar su estabilidad.

En los tramos en los que el canal se construya adosado al encauzamiento existente o al terraplén de la carretera D-6, se dispondrá asimismo la protección de escollera con la capa de filtro necesaria.

Velocidad admisible.

La máxima velocidad del flujo admisible en los canales será de 3 m/s.

Motas de coronación. Resguardos. Desnivel admisible.

No se admitirán espaldones de hormigón sobre la coronación del canal, aunque sí se podrá elevar ésta a modo de mota. La mota se diseñará de modo que sea estable si se produce su desbordamiento.

El resguardo del canal (diferencia entre la cota de coronación de la mota y la cota que alcanza la avenida de 500 años) será de 0,50 m.

El desnivel admisible entre la cota de la avenida de 500 años y la cota media de los terrenos urbanizados próximos al canal será de 0,50 m.

3. ESTABLECIMIENTO DEL MODELO

3.1. MODELO MATEMÁTICO

El modelo matemático empleado para el cálculo de inundación ha sido el MIKE 3 Flow Model (FM). Se trata de un software de mallas flexibles para la modelización de flujos libres superficiales en 3D¹. Es aplicable en simulaciones de flujos, sedimentos cohesivos, calidad de agua y ecología en ríos, lagos, estuarios, bahías, áreas costeras y mares. El modelo simula un flujo no estacionario teniendo en cuenta las variaciones de la densidad, la topografía y los forzamientos externos, como son la meteorología, la onda de marea, los flujos en el río y otras condiciones hidrográficas. Como condiciones de contorno admite campos de presiones, campos de viento, elevaciones de la superficie y flujos en la vertical.

MIKE 3 resuelve las ecuaciones de continuidad, conservación de momento, temperatura, salinidad y densidad en régimen turbulento en un esquema de elementos finitos. Permite incluir el tensor de radiación del oleaje como componente de forzamiento de las corrientes. Esta componente puede ser importada directamente de los modelos de oleaje MIKE 21 SW/NSW o PMS. En las ecuaciones hidrodinámicas se pueden incluir los efectos de fuentes y sumideros.

El objeto de seleccionar un modelo 3D para las simulaciones ha sido el de disponer de una herramienta válida en caso de ser necesario un análisis de detalle del flujo en determinados puntos, tales como canales profundos, cambios bruscos de dirección o tramos de encuentro de flujos cruzados. Tanto para la situación actual como para la solución proyectada, se estima que la utilización de un modelo 3D arroja resultados muy similares al de un modelo 2D.

3.2. CONFIGURACIÓN DEL MODELO

Se ha procedido a modelizar el área de 1.5 km x 2.0 km representada en la Figura 5 mediante una malla desestructurada en el plano horizontal, y estructurada en la vertical. La malla vertical tiene dos capas de discretización.

Sobre esta zona se ha realizado una triangulación para la que se han definido diferentes zonas en función del detalle necesario para obtener resultados fiables y con la precisión necesaria. De este modo, se triangula la malla estableciendo tres condiciones diferentes según se indica a continuación:

- Zona 1: comprende la zona marina más alejada de la desembocadura. En esta zona el área máxima del triángulo se limita a 100 m², lo que equivale a un triángulo equilátero de lado máximo 15.2 m.

¹ https://manuals.mikepoweredbydhi.help/2017/Coast_and_Sea/MIKE3HD_Scientific_Doc.pdf

- Zona 2: comprende toda la zona de posible inundación, sin incluir el cauce, el PPC2 y su entorno próximo. En esta zona el área máxima del triángulo se limita a 50 m^2 , lo que equivale a un triángulo equilátero de lado máximo 10.75 m y lado medio 7.50 m .
- Zona 3: comprende todo el cauce de la rambla, el área del PPC2 y su entorno, incluyendo las zonas en las que se proponen las obras. En esta zona el área máxima del triángulo se limita a 5 m^2 , lo que equivale a un triángulo equilátero de lado máximo 3.40 m y lado medio de 2.50 m .

Las zonas definidas para el establecimiento de los diferentes niveles de detalle de la triangulación del modelo se recogen en la Figura 5. La malla final consta de un total de 235,085 triángulo, distribuidos según se representa en la Figura 6.

Figura 5. Modelo digital del terreno y zonas establecidas para la triangulación del modelo tridimensional

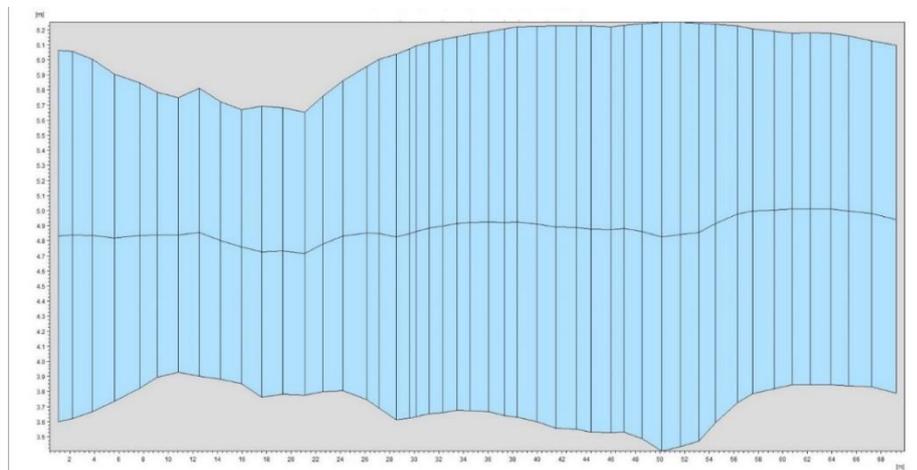


Figura 6. Malla triangulada general y detalle



Por lo que se refiere a la definición vertical de la malla, se ha establecido una discretización en dos capas. Ambas capas presentan una distribución equidistante, esto es, la profundidad de cada capa en cada punto de cálculo es la misma (ver Figura 7).

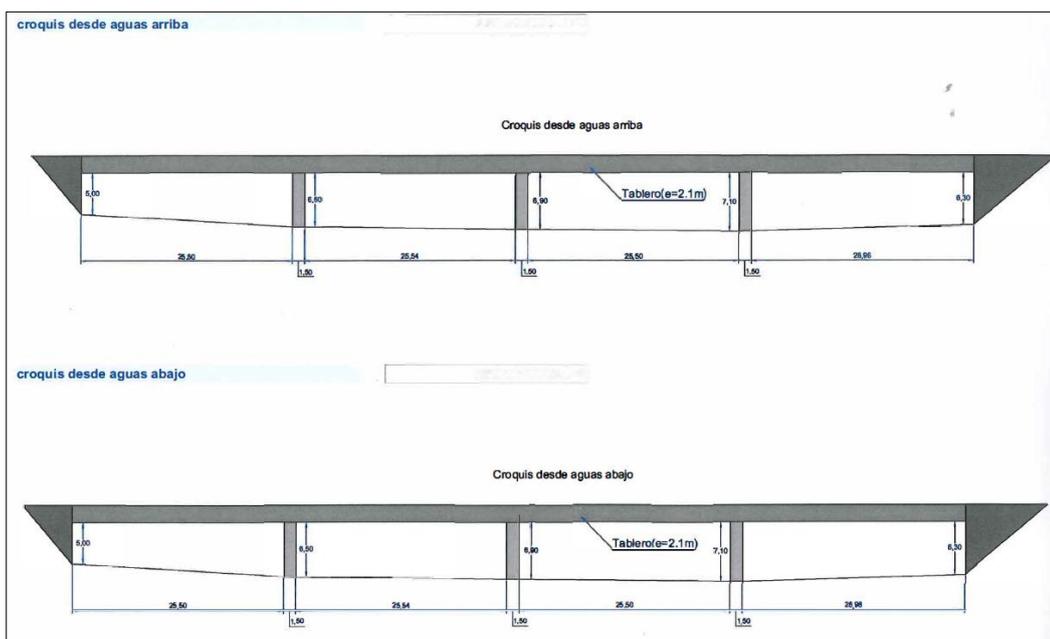
Figura 7. Discretización vertical de la malla de cálculo



Estructuras

Se ha incluido la obra de fábrica de la carretera RM-D6 que conecta Puerto de Mazarrón y Bolnuevo, introduciendo en el modelo los datos necesarios para su simulación. La información fue aportada por la CHS para el estudio del SNCZI.

Figura 8. Puente de la carretera RM-D6 (Fuente: CHS)



Condiciones de contorno

La condición de contorno en el cauce del río (entrada del modelo) es el caudal correspondiente al periodo de retorno simulado, y que se corresponde con los valores adoptados en el estudio del SNCZI (ver Tabla 1).

En el lado del mar la condición de contorno es el nivel medio, que se corresponde también con las condiciones utilizadas en el estudio del SNCZI (ver Tabla 1).

Tabla 1. Condiciones de contorno establecidas en el modelo

Periodo de retorno (años)	Caudal (m ³ /s)	Nivel medio del mar (m)
10	490	0.72
50	1,120	0.78
100	1,430	0.80
500	2,290	0.85

La frontera de entrada al modelo hidrodinámico se encuentra a una distancia de 1.400 m del punto donde comienza la inundación (ver Figura 5), de forma que el flujo dispone de una distancia suficiente para estabilizarse hasta su llegada a la zona de interés.

Hidrograma y tiempo de simulación

Para cada uno de los caudales de entrada se ha mantenido una condición de contorno de caudal constante a lo largo de toda la simulación, manteniéndose el cálculo hasta alcanzar una estacionaria. Por ejemplo, en el caso del caudal de avenida de 500 años el tiempo de simulación ha sido de 83 minutos.

Parámetros del modelo

Los parámetros del modelo adoptados en este estudio son los siguientes:

- Ecuaciones para profundidades reducidas: “*Higher order*”, tanto para la integración en el tiempo como para la discretización espacial
- Viscosidad “eddy” horizontal: formulación de Smagorinsky. Valor constante del coeficiente: 0.28
- Viscosidad “eddy” vertical: Formulación logarítmica
- Resistencia del fondo: Formulación de altura de rugosidad, con un valor de 0.5 m

Mike 3D no incluye la formulación de Manning para el cálculo de la resistencia del fondo, la cual viene determinada por la rugosidad del fondo. Como se verá más tarde, ha sido necesario aumentar la rugosidad hasta el límite recomendado en modelo para obtener un resultado de inundación similar al del SNCZI.

3.3. ESCENARIOS SIMULADOS

La explotación del modelo se ha llevado a cabo en los siguientes escenarios:

- Situación actual: caudal de avenida de 50, 100 y 500 años
- Alternativa diseñada: caudal de avenida de 50, 100 y 500
- Rotura del encauzamiento: dos puntos de rotura para la situación actual y para la alternativa, con el caudal de avenida de 500 años

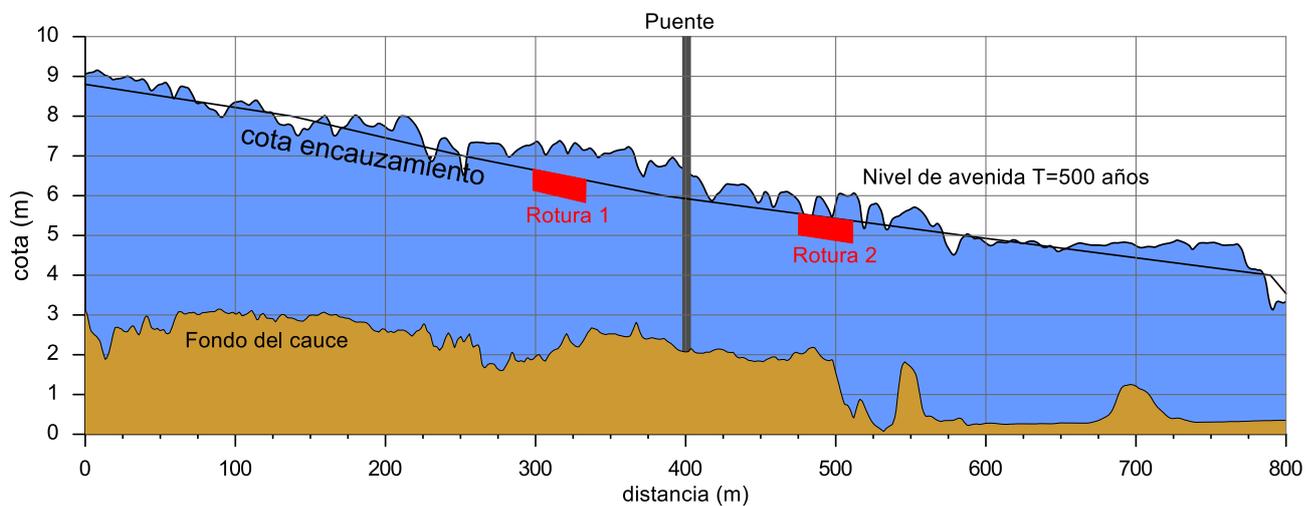
3.4. PUNTOS DE ROTURA DEL ENCAUZAMIENTO

Los puntos de rotura del encauzamiento se sitúan en los tramos que se indican en la Figura 9. Estos puntos, de 40 m de longitud cada uno, se localizan en aquellos lugares en los que el nivel de la avenida sobrepasa con mayor altura a la cota actual del encauzamiento, de forma que la entrada de caudal a los terrenos inundables sea máxima, provocando con ellos las situaciones más desfavorables a los efectos del estudio (ver Figura 10).

Figura 9. Escenarios de rotura del encauzamiento



Figura 10. Nivel de avenida de 500 años, cota de coronación del encauzamiento y localización de los puntos de rotura seleccionados



4. CALIBRACIÓN DEL MODELO

4.1. PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS

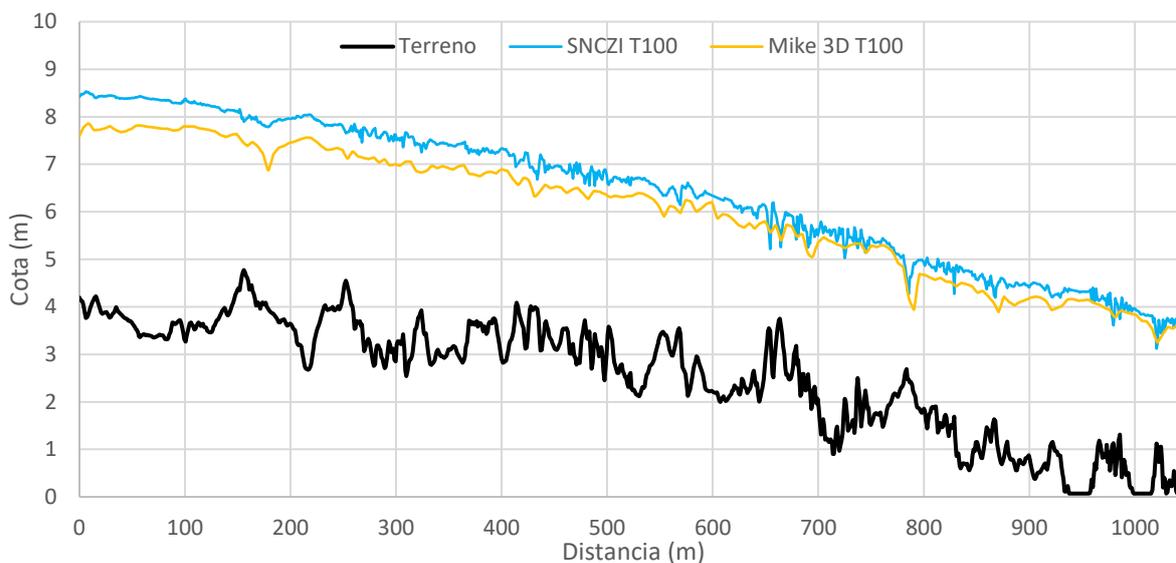
Para llevar a cabo la calibración del modelo 3D se ha procedido a comparar los resultados obtenidos en la situación actual con los correspondientes al SNCZI, realizados con el modelo GUAD-2D. En la Figura 11 se ha dibujado el límite de inundación resultante en el SNCZI para el caudal de avenida de periodo de retorno 100 años, así como el obtenido para el mismo caudal con el modelo Mike 3D. Se aprecia cómo la inundación en el SNCZI se inicia unos 200 m aguas arriba en comparación con el modelo 3D, siendo también el alcance lateral de la inundación superior en el SNCZI.

Figura 11. Límite de inundación para el caudal de avenida de 100 años. Resultados del SNCZI (línea amarilla) y resultados obtenidos con el modelo Mike 3D (línea naranja).



La Figura 12 muestra los niveles de avenida en la rambla para T=100 años a lo largo del último kilómetro previo a la desembocadura. Los niveles correspondientes al SNCZI son ligeramente superiores a los obtenidos mediante el modelo 3D. Se ha comprobado que los niveles en la rambla dependen principalmente de la pérdida por rozamiento en el fondo, pérdida que en el modelo 2D se expresa mediante el coeficiente de Manning y en el 3D mediante la rugosidad de fondo. Una mayor rugosidad del fondo supone el aumento de los niveles, de forma que en el modelo 3D ha tenido que elevarse la rugosidad al máximo recomendable para acercar los niveles resultantes a los del SNCZI.

Figura 12. Niveles de avenida en el último kilómetro de encauzamiento. Avenida de periodo de retorno de 100 años.



La Figura 13 muestra una comparación de los perfiles transversales del nivel de inundación en la margen derecha de la rambla para el periodo de retorno de 100 años. A pesar de que el nivel en el cauce del SNCZI es ligeramente superior al del modelo 3D, los niveles en la zona inundable son muy similares. La zona inundable del SNCZI se extiende más hacia el oeste que en el modelo 3D, aunque con niveles de inundación extremadamente reducidos o prácticamente nulos.

En la Figura 14 se muestra el perfil transversal de inundación en la margen izquierda de la rambla cercano a la desembocadura. En este sector el límite de inundación del SNCZI alcanza una distancia superior hacia el este que el modelo 3D, pero la altura del agua en esa zona es prácticamente nula y, en cualquier caso, inferior al nivel de precisión habitual de este tipo de modelos.

Por tanto, se puede afirmar que el ajuste de ambos modelos es suficientemente satisfactorio, ya que la extensión del límite de inundación se produce con niveles extremadamente reducidos, próximos al nivel de precisión de los modelos.

Figura 13. Perfil transversal de inundación para el caudal de avenida de 100 años. Margen derecha de la rambla. Comparación entre el SNCZI y el modelo Mike 3D.

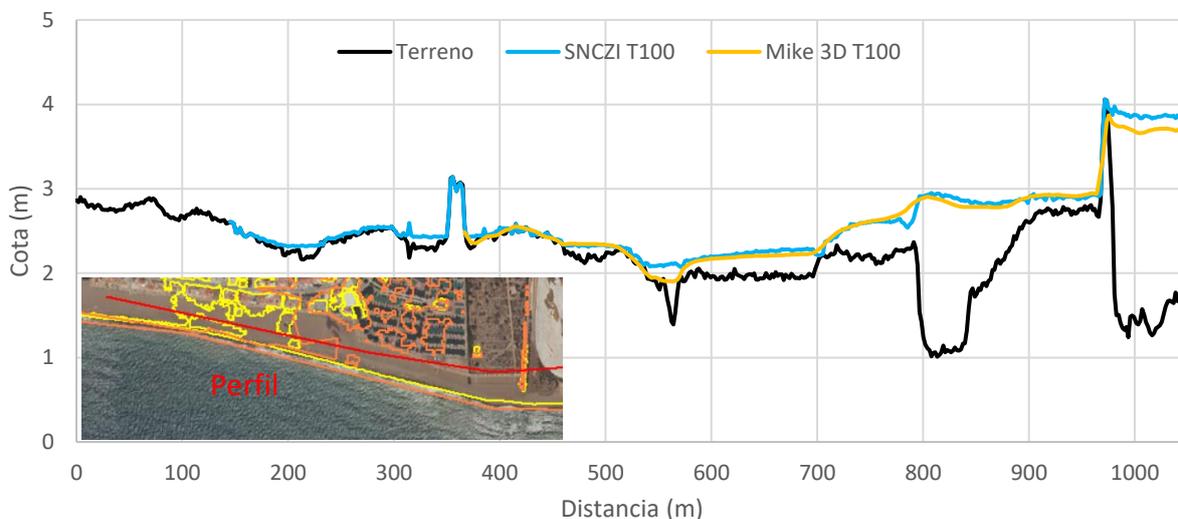
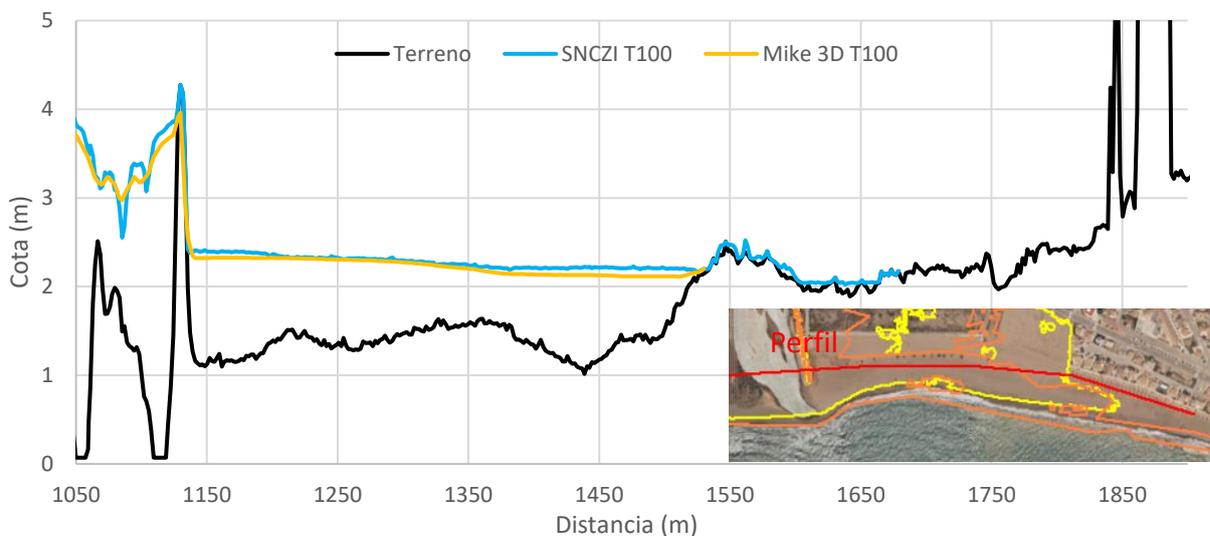


Figura 14. Perfil transversal de inundación para el caudal de avenida de 100 años. Margen izquierda de la rambla. Comparación entre el SNCZI y el modelo Mike 3D.



4.2. PERIODO DE RETORNO DE 500 AÑOS

En la Figura 15 se ha dibujado el límite de inundación del SNCZI para el caudal de avenida de periodo de retorno 500 años, así como el correspondiente al modelo Mike 3D. Se aprecia un buen ajuste de ambos modelos en toda la zona inundable, aunque de nuevo los límites del SNCZI se extienden a mayor distancia de la rambla.

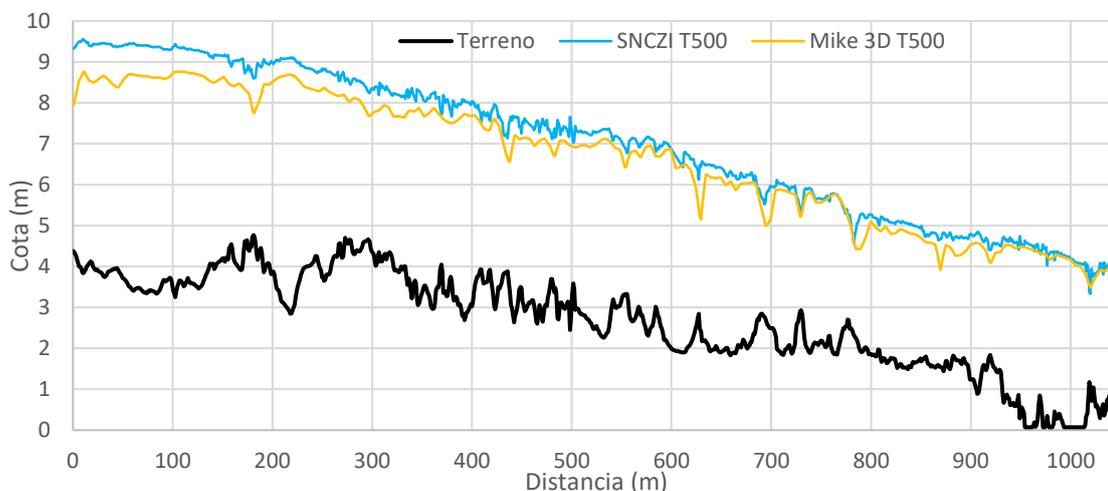
Para determinar el origen de estas diferencias, la Figura 16 muestra los niveles de avenida en el eje de la rambla para $T=500$ años a lo largo del último kilómetro previo a la desembocadura. Al igual que ocurría para $T=100$ años, los niveles del SNCZI son

superiores a los del modelo 3D. Al inicio del tramo la diferencia entre ambos niveles es de 0.75 m, y los niveles se van igualando de forma progresiva.

Figura 15. Límite de inundación para el caudal de avenida de 500 años. Resultados del SNCZI (línea amarilla) y resultados obtenidos con el modelo Mike 3D (línea naranja).

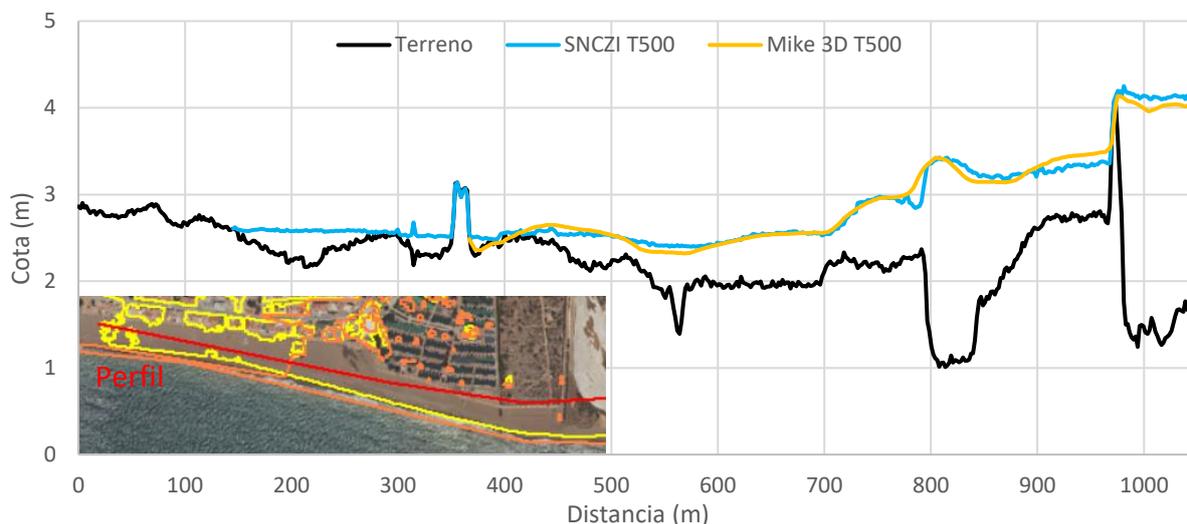


Figura 16. Niveles de avenida en el último kilómetro de encauzamiento. Avenida de periodo de retorno de 500 años.



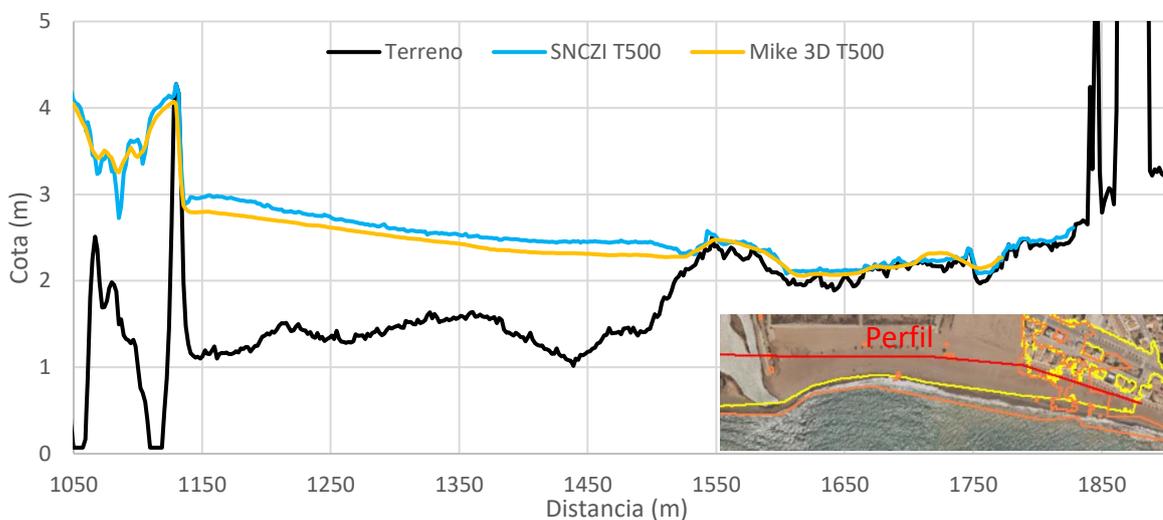
La Figura 17 muestra los perfiles transversales del nivel de inundación en la margen derecha de la rambla para el periodo de retorno de 500 años. El nivel del agua en el cauce del SNCZI es ligeramente superior al del modelo 3D, aunque los niveles en la zona inundable son muy similares. De nuevo, la zona de inundación del SNCZI llega más hacia el oeste frente a la playa.

Figura 17. Perfil transversal de inundación para el caudal de avenida de 500 años. Margen derecha de la rambla. Comparación entre el SNCZI y el modelo Mike 3D.



La Figura 18 representa los perfiles transversales del nivel de inundación a lo largo de la margen izquierda de la rambla para el periodo de retorno de 500 años. El nivel del agua en la zona cercana a la rambla es ligeramente superior en el SNCZI, de forma que la zona inundable se extiende más hacia el este. Sin embargo, los niveles en el tramo final inundable son muy reducidos, e inferiores en todo caso al margen de precisión de los modelos.

Figura 18. Perfil transversal de inundación para el caudal de avenida de 500 años. Margen izquierda de la rambla. Comparación entre el SNCZI y el modelo Mike 3D.



4.3. CONCLUSIONES

A pesar de las discrepancias existentes en el alcance lateral de la inundación entre ambos modelos, el ajuste de los niveles es en general bastante satisfactorio. Para ello, ha sido necesario forzar al máximo la rugosidad del fondo en el modelo 3D, de forma que las velocidades en el cauce principal disminuyan y los niveles se equiparen a los del modelo GUAD-2D. De hecho, los valores recomendados de la rugosidad de fondo en el Mike 3D varían entre 0.01 y 0.3, con un valor máximo recomendable de 1, y la calibración se ha efectuado con un valor de 0.50.

Una diferencia muy significativa entre ambos modelos es el tamaño de malla. En el modelo GUAD-2D el lado máximo del triángulo empleado fue de 10 m, mientras que en el 3D varía entre 15.2 m para las zonas no inundables, 10.75 m para las zonas inundables más alejadas de la rambla, y 2.50 m para toda la zona en la que es necesaria una mayor definición: el cauce de la rambla y el entorno del PPC2. De esta forma, en el modelo 3D la definición del encauzamiento y su cota de coronación es mucho más precisa que en el SNCZI, lo cual es muy relevante para el cálculo del rebase del agua hacia las zonas inundables. De hecho, en la malla del modelo 2D la cota del terreno sobre el encauzamiento debe ser inferior a la del modelo 3D, ya que la anchura de coronación es más reducida que el paso de malla. Por ese motivo, al efectuar la interpolación con el MDT del terreno el resultado lleva forzosamente a cotas de coronación en el modelo 2D inferiores a las del modelo 3D.

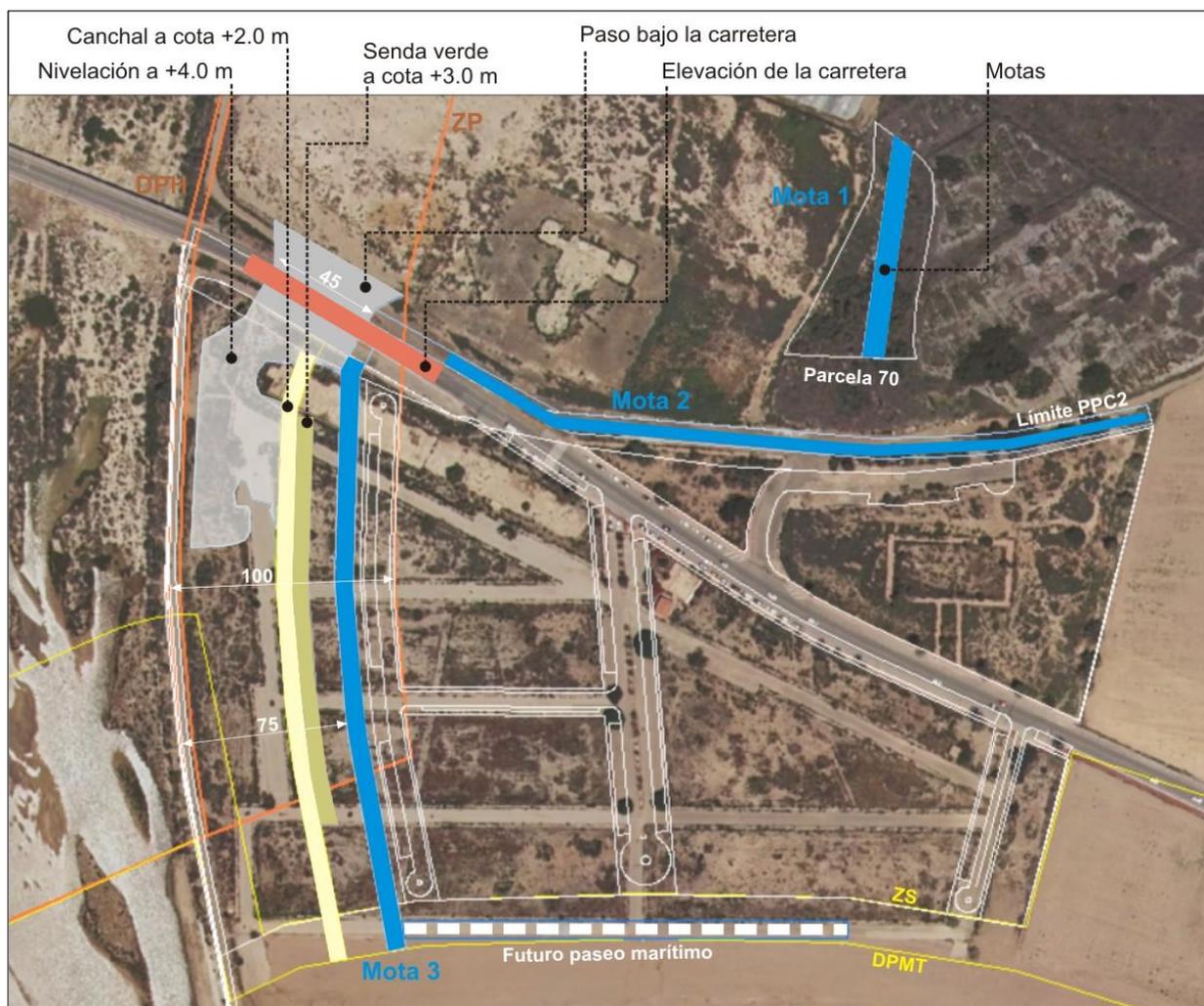
Dado que se carece de medidas de campo que permitan calibrar ambos modelos con precisión, se considera que el modelo 3D proporcionará valores de cota de inundación muy similares a los del SNCZI, y suficientes a efectos comparativos entre la situación actual y la situación con la solución proyectada.

5. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Descripción de la solución

La solución diseñada consiste en facilitar la salida del flujo de inundación a través de la Zona de Policía (ZP), paralela a la rambla y que recorre el límite oeste del PPC2. Las obras incluidas en esta solución son las que se muestran en la Figura 19, las cuales se describen con detalle a continuación.

Figura 19. Solución adoptada



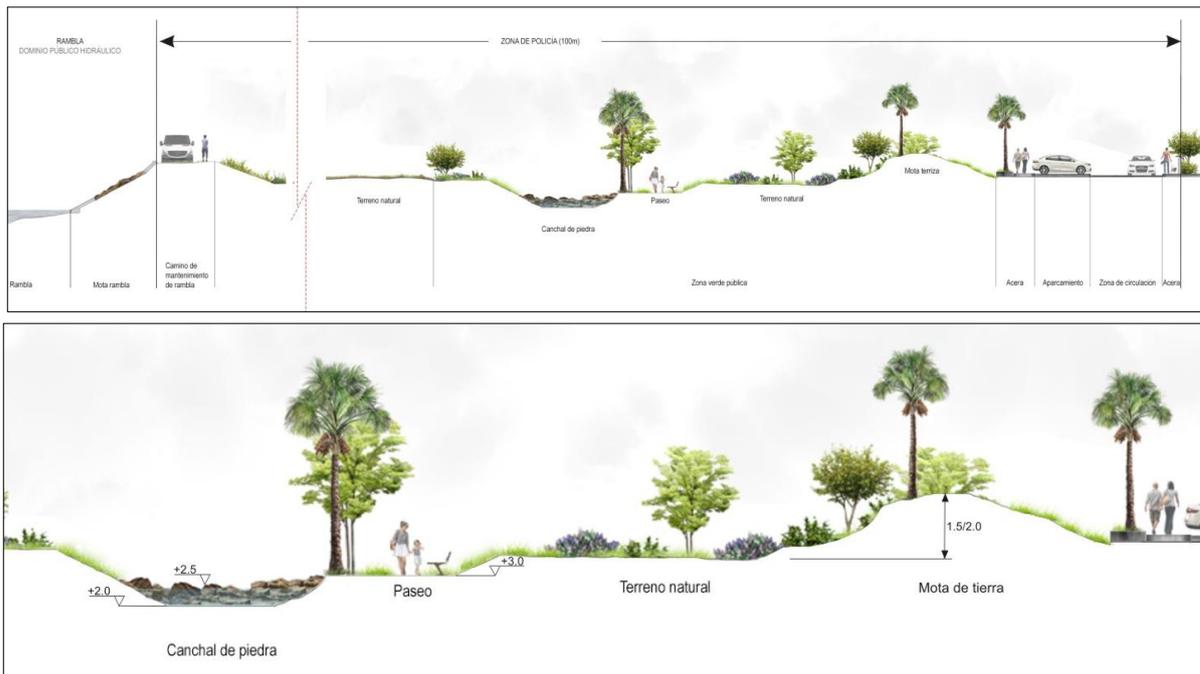
- Obra de paso de 45 m de anchura bajo la carretera RM-D6. El fondo del paso estará situado a la +4.00 m.
- Elevación de la rasante de la carretera RM-D6 a lo largo de 175 m para evitar el paso de la avenida sobre la misma.
- Nivelación del terreno a la cota +4.0 m a la salida del paso de la carretera
- Tres tramos de mota de tierra compactada, situados al norte y oeste del PPC2:

- Mota 1, de 100 m de longitud, recorriendo la parcela catastral 70 que comparte propiedad con el PPC2.
 - Mota 2, de 320 m de longitud, que discurre por el límite norte del PPC2.
 - Mota 3, de 240 m de longitud, que discurre paralela a la rambla por la ZP, a 75 m del deslinde del DPH.
- Canchal de piedra de 5 m de anchura excavado a la cota +2.0 m y relleno de escollera a lo largo de la zona de policía
 - Nivelación a la cota +3.0 m para la construcción de una senda peatonal de 5 m de anchura paralela al canchal

Actuaciones dentro de la zona de policía

Como ya se ha indicado anteriormente, la solución excluye el aprovechamiento inmobiliario de toda la ZP, en cuya superficie sólo estarán incluidos el canchal, el paseo o senda verde, la mota de tierra y un vial de la urbanización. La Figura 20 muestra una sección general de la zona de policía, así como un detalle de la sección del canchal, el paseo, la mota de protección y el vial.

Figura 20. Sección tipo de la actuación en la zona de policía (general y detalle)



Paseo marítimo

El estudio de los efectos de la solución diseñada ha tenido en cuenta la futura construcción de un paseo marítimo en la zona de servidumbre del DPMT. La estructura de este paseo contribuirá a evitar que parte del caudal desaguado por la ZP penetre hacia el extremo suroeste del PPC2.

6. RESULTADOS DEL MODELO

6.1. SITUACIÓN ACTUAL

6.1.1. Niveles de inundación

Como resultado del modelo 3D desarrollado, la Figura 21 muestra los niveles de inundación en la situación actual para la avenida de periodo de retorno de 50 años, mientras que la Figura 22 representa los niveles para T100 y la Figura 23 para T500.

Para la avenida de 50 años se produce actualmente una ligera entrada de caudal hacia la zona central de la urbanización, aunque la mayoría de la superficie inundable está situada dentro de la zona de policía.

Para la avenida de 100 años el rebase del caudal se inicia al norte del puente, inundándose toda la zona de policía y la carretera, y derivándose parte del caudal hacia sector oriental del PPC2.

Para la avenida de 500 años todo el PPC2 queda afectado por la inundación procedente de la rambla, propagándose hacia los terrenos situados al este y llegando hasta las primeras viviendas del casco urbano de Mazarrón.

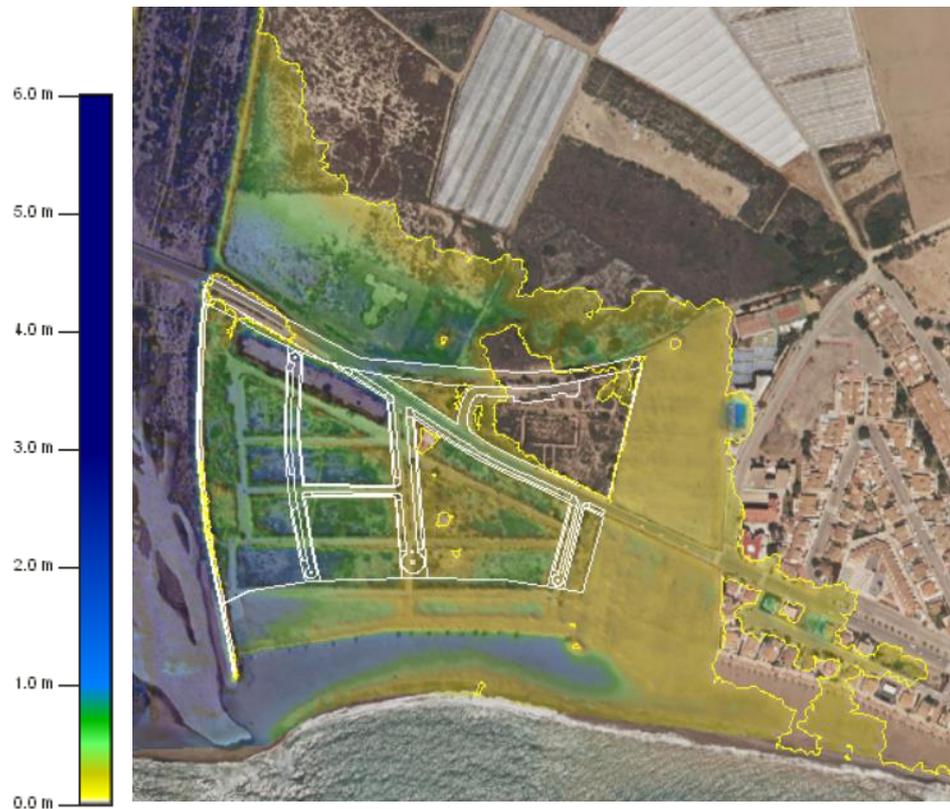
Figura 21. Niveles de inundación en la situación actual y límite de inundación (línea amarilla).
Caudal correspondiente al periodo de retorno T50.



Figura 22. Niveles de inundación en la situación actual y límite de inundación (línea amarilla).
Caudal correspondiente al periodo de retorno T100.



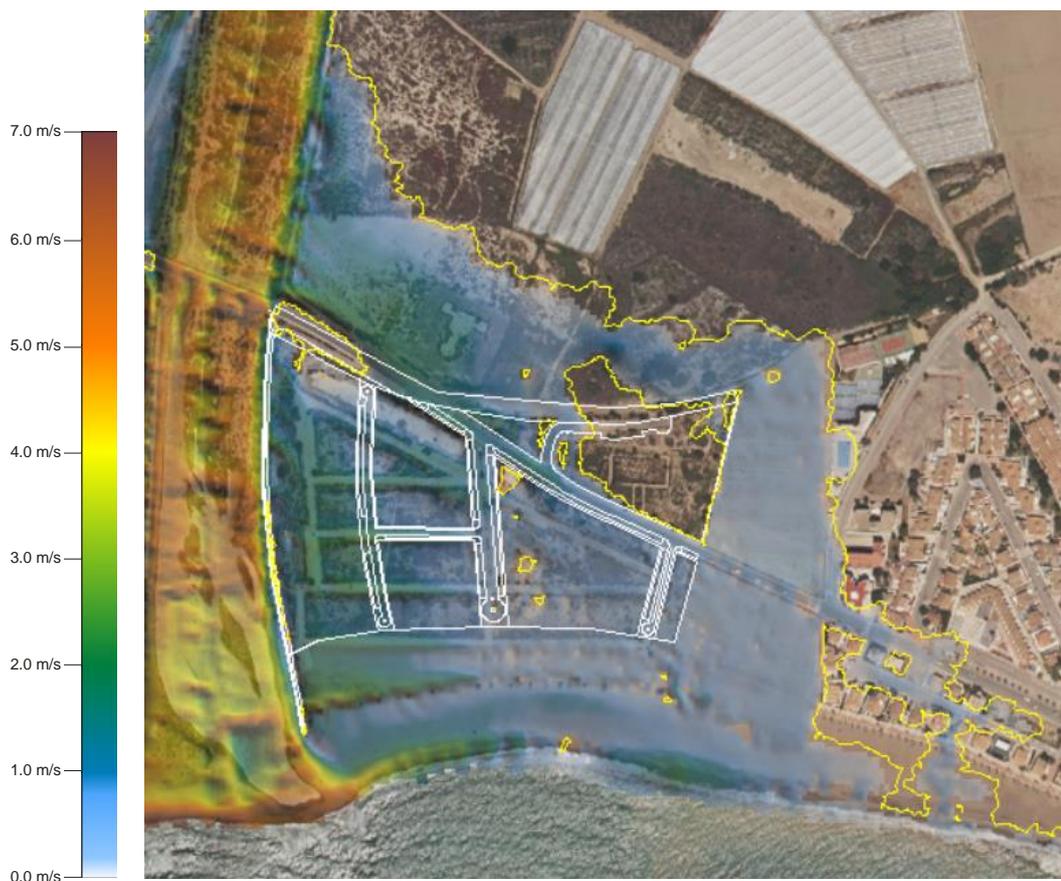
Figura 23. Niveles de inundación en la situación actual y límite de inundación (línea amarilla).
Caudal correspondiente al periodo de retorno T500.



6.1.2. Velocidad del flujo

La Figura 24 muestra la velocidad del flujo para la situación actual en la margen izquierda de la rambla. Se pueden observar valores máximos en torno a 2 m/s en la ZP, y valores decrecientes de la velocidad hacia el este del PPC2. Por encima de los actuales viales de la urbanización se llegan a registrar velocidades máximas puntuales de 2.50 m/s, ya que éstos se encuentran ligeramente elevados sobre el terreno natural.

Figura 24. Velocidades del flujo en la situación actual. Caudal correspondiente al periodo de retorno T500.



6.2. SOLUCIÓN ADOPTADA

6.2.1. Niveles de inundación

La Figura 25 muestra los niveles de inundación con la solución adoptada para el caudal correspondiente a un periodo de retorno de 50 años. La Figura 26 muestra los niveles correspondientes al periodo de retorno de 100 años, mientras que la Figura 27 muestra los niveles para la avenida de 500 años.

Para la avenida de 50 años, la nivelación del terreno y la construcción del canchal reducen el alcance de la inundación, que ahora ya no llega a penetrar en la zona edificable de la

urbanización y queda limitada a la ZP. La superficie del PPC2 queda fuera por completo de la zona de inundación.

La parte de caudal de la avenida de 100 años que rebasa el encauzamiento al norte del puente, logra ser encauzada totalmente por el paso proyectado bajo la carretera, de forma que los niveles de inundación únicamente aumentan a lo largo de la ZP.

Para la avenida de 500 años de periodo de retorno, la solución adoptada permite encauzar todo el flujo procedente de la rambla hacia la ZP que recorre su margen izquierda. De esta forma, todo el terreno situado al este del PPC2 queda fuera de la zona inundable, ya que el flujo que actualmente lo inunda es encauzado a través de la obra de paso proyectada bajo carretera. Con la alternativa adoptada se prolonga ligeramente la zona de inundación al norte de la carretera.

Figura 25. Niveles de inundación en la solución adoptada, límite de inundación actual (línea amarilla) y límite de inundación con la solución adoptada (línea naranja). Caudal correspondiente al periodo de retorno T50.

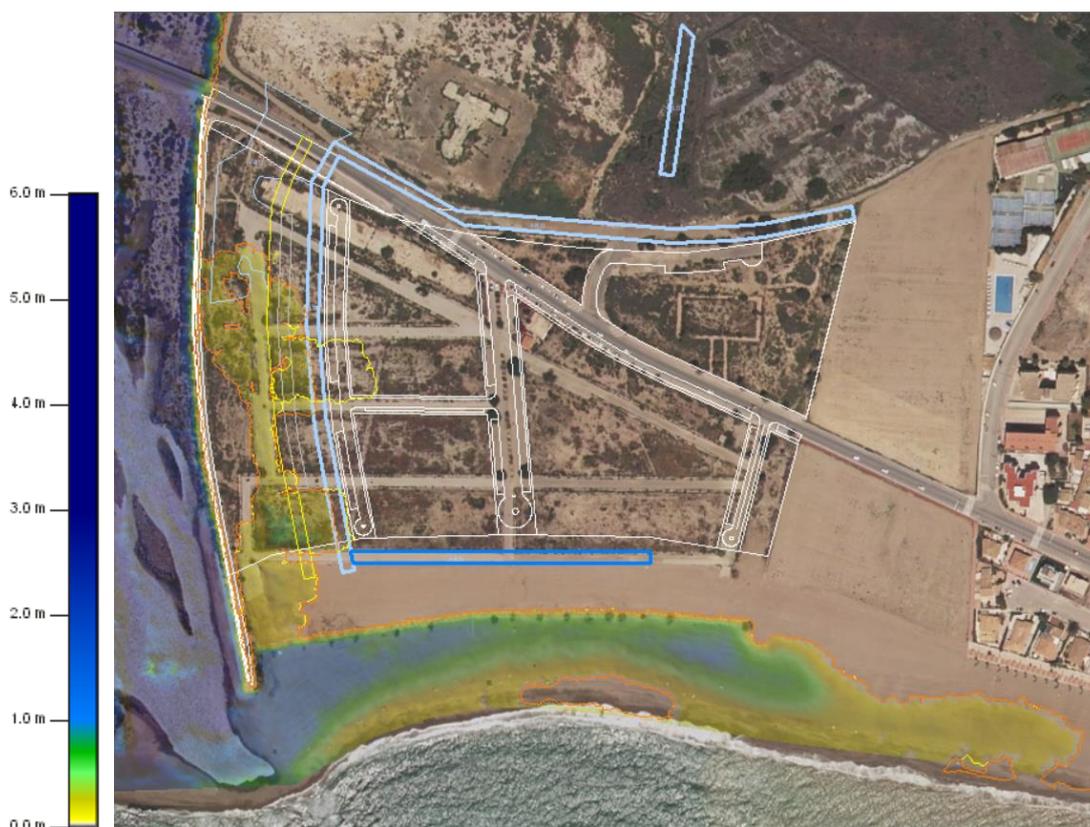


Figura 26. Niveles de inundación en la solución adoptada, límite de inundación actual (línea amarilla) y límite de inundación con la solución adoptada (línea naranja). Caudal correspondiente al periodo de retorno T100.

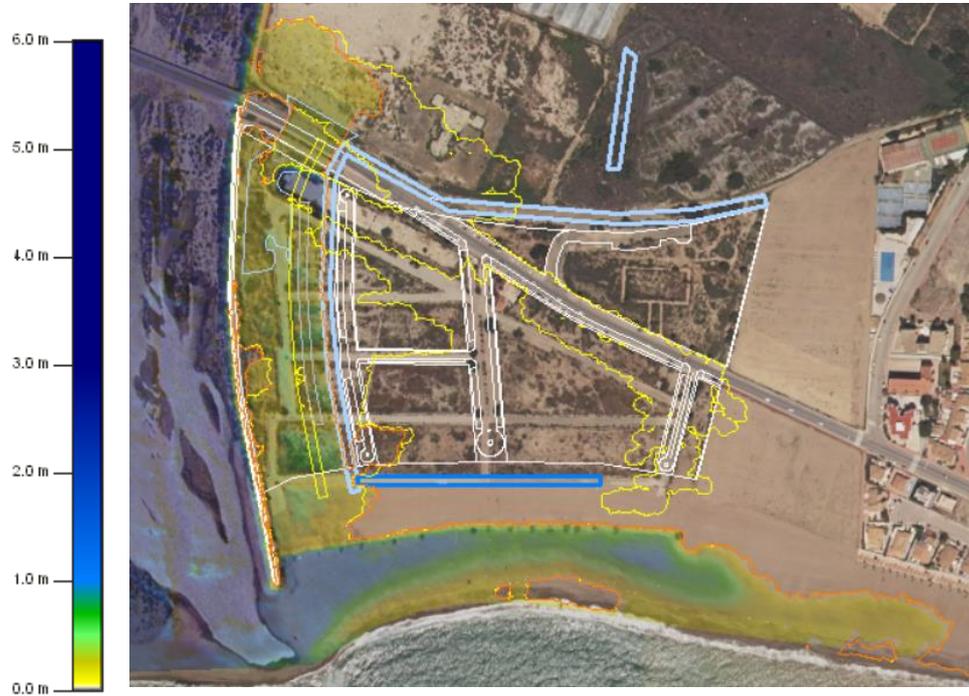
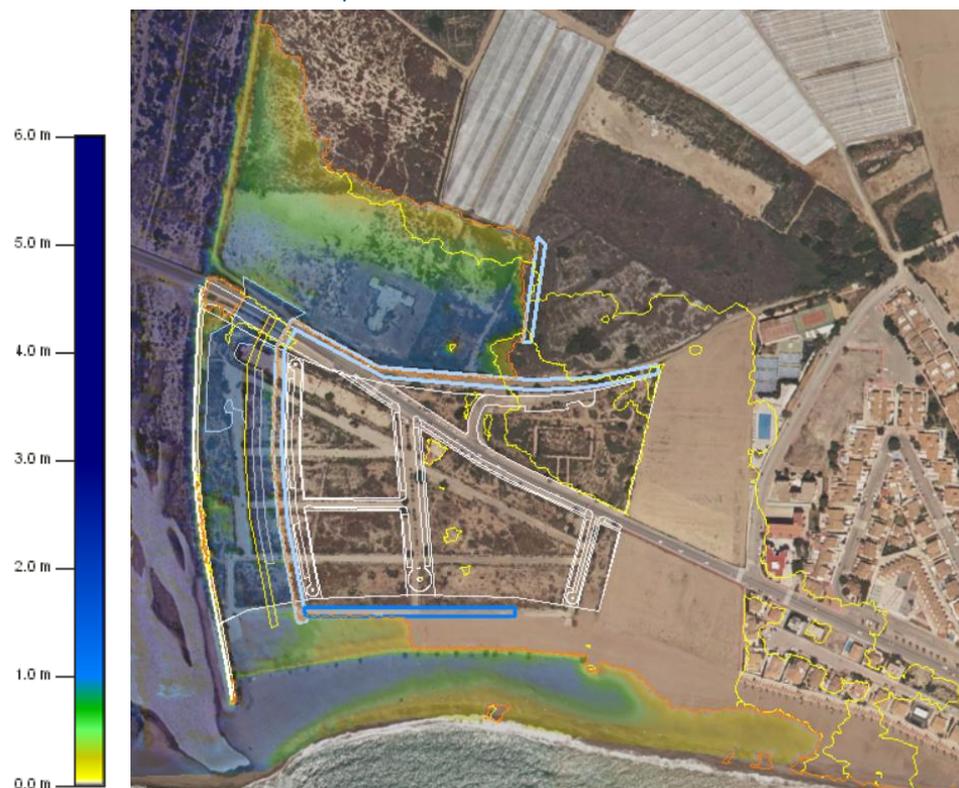


Figura 27. Niveles de inundación en la solución adoptada, límite de inundación actual (línea amarilla) y límite de inundación con la solución adoptada (línea naranja). Caudal correspondiente al periodo de retorno T500.



6.2.2. Diferencias de nivel con la situación actual

En la Figura 28 se muestra la diferencia del nivel en la solución adoptada con respecto al nivel en la situación actual para la avenida de 100 años. El nivel de inundación aumenta ligeramente a lo largo de la ZP, pero disminuye en todo el resto de la zona inundable actual.

En la Figura 29 se muestra la diferencia del nivel de inundación para la avenida de 500 años. El nivel de inundación se mantiene constante a lo largo de la ZP situada al norte de la carretera, mientras que aumenta en el lado sur, ya que su superficie se utiliza para encauzar toda la avenida. Toda la PPC2, los terrenos situados al este de la misma y el casco urbano de Mazarrón quedan excluidos de la zona inundable, gracias a la protección que proporcionan las motas proyectadas.

Figura 28. Diferencias del nivel de inundación en la solución adoptada con respecto a la situación actual. Caudal correspondiente al periodo de retorno T100.

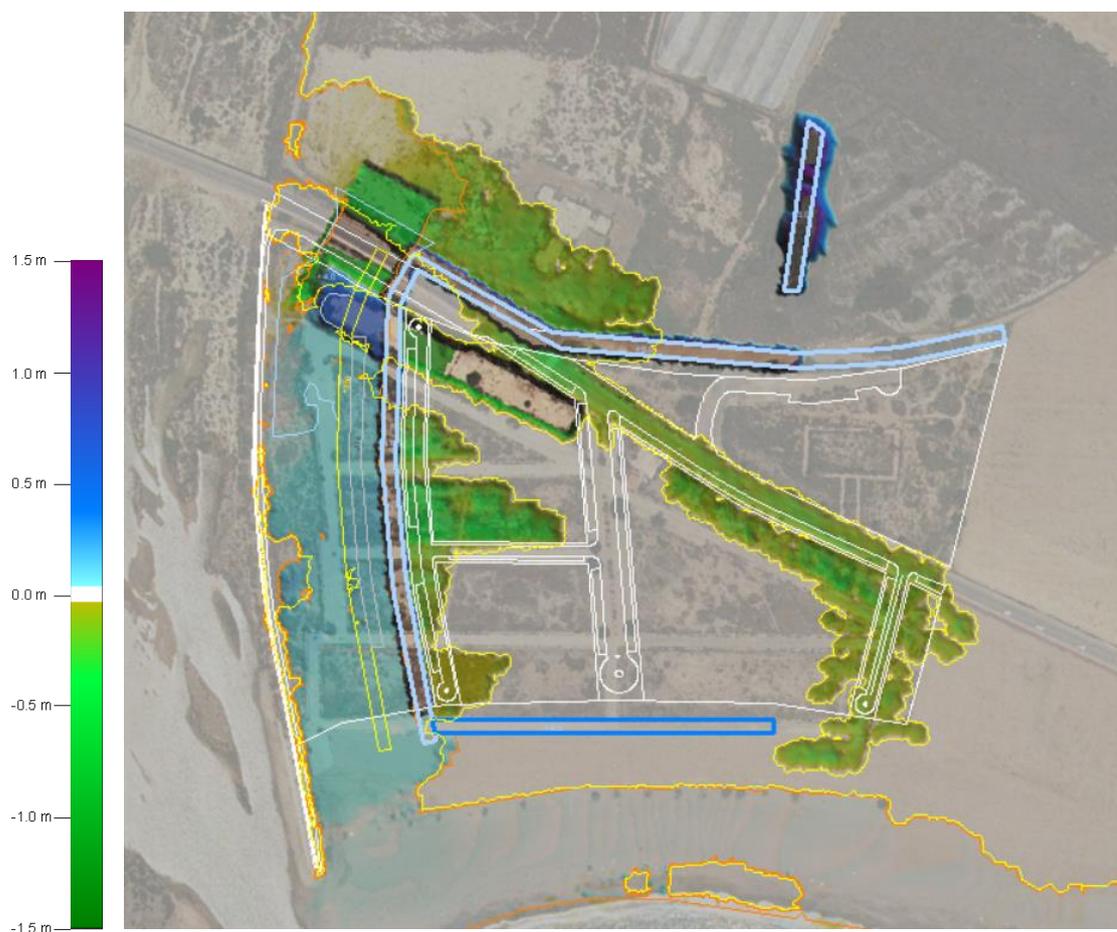
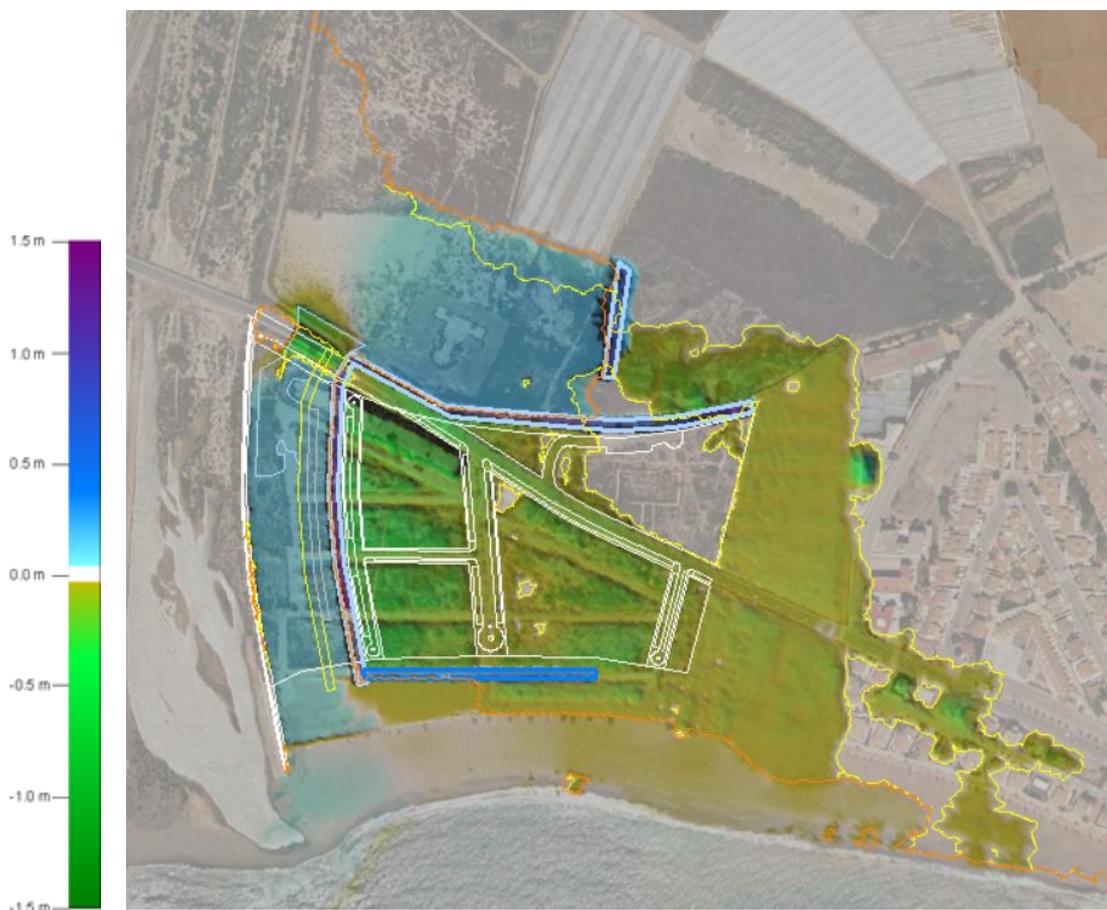


Figura 29. Diferencias del nivel de inundación en la solución adoptada con respecto a la situación actual. Caudal correspondiente al periodo de retorno T500.



6.2.3. Secciones transversales. Avenida de 500 años.

Se han extraído una serie de secciones transversales de la zona de inundación para poder comparar la diferencia de nivel en la situación actual con respecto a la solución propuesta, para la avenida máxima de 500 años.

La Figura 30 muestra una sección con los niveles de inundación a lo largo del lado norte de la carretera RM-D6. En la nueva situación se produce una sobreelevación del nivel de inundación en esa sección de hasta 0.65 m.

En la Figura 31 se muestra un perfil norte-sur que atraviesa toda la zona inundable al norte de la carretera. En esta sección la sobreelevación máxima del nivel de inundación es de 0.65 m frente a la mota.

En la Figura 32 se representa una sección transversal a la rambla que atraviesa la ZP y llega hasta la PPC2 colindante. La sobreelevación máxima alcanzada en esa sección es de 0.50 m.

Figura 30. Niveles en la sección paralela al lado norte de la carretera

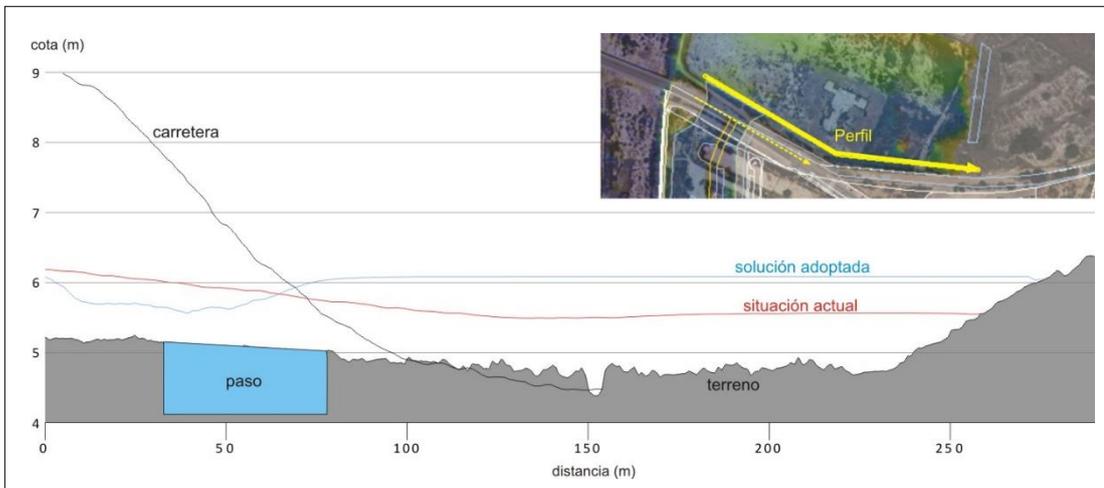


Figura 31. Niveles en los terrenos inundables al norte de la carretera

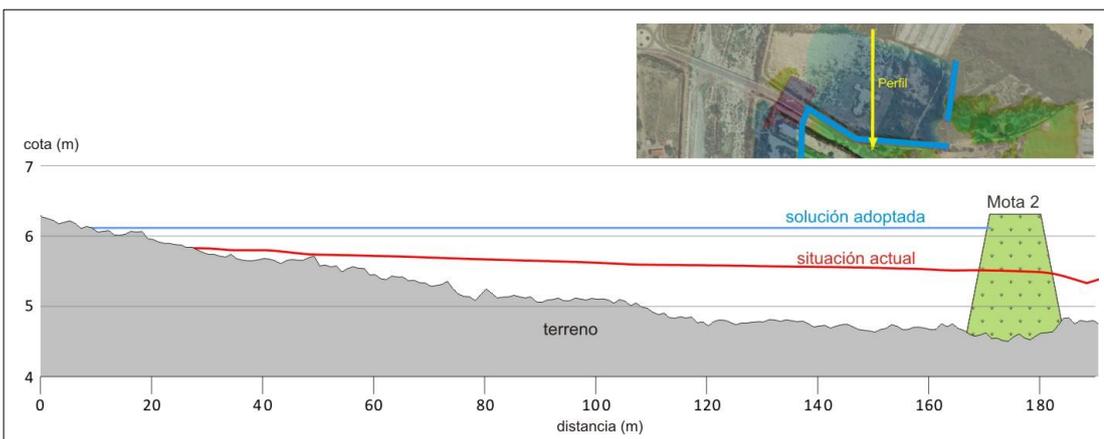
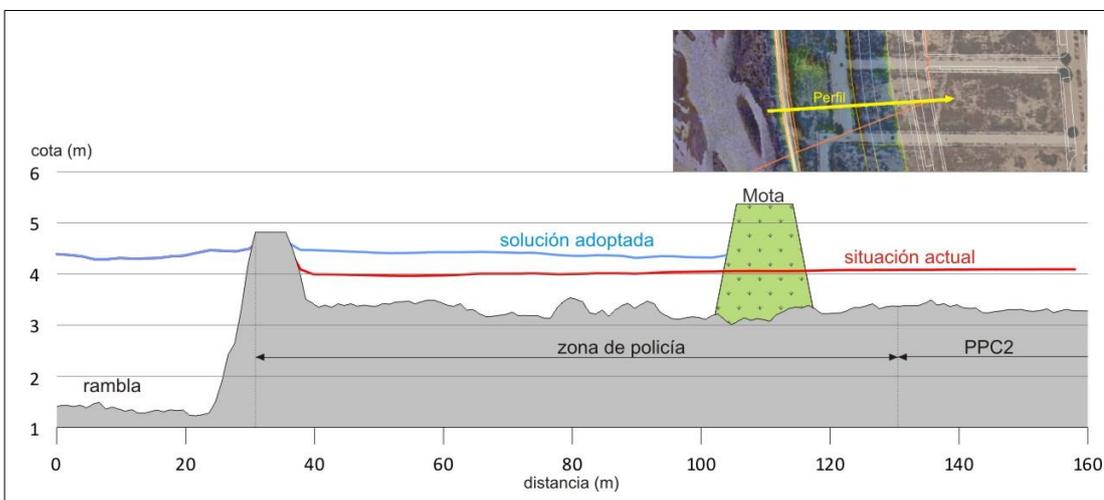


Figura 32. Niveles en la sección transversal de la zona de policía

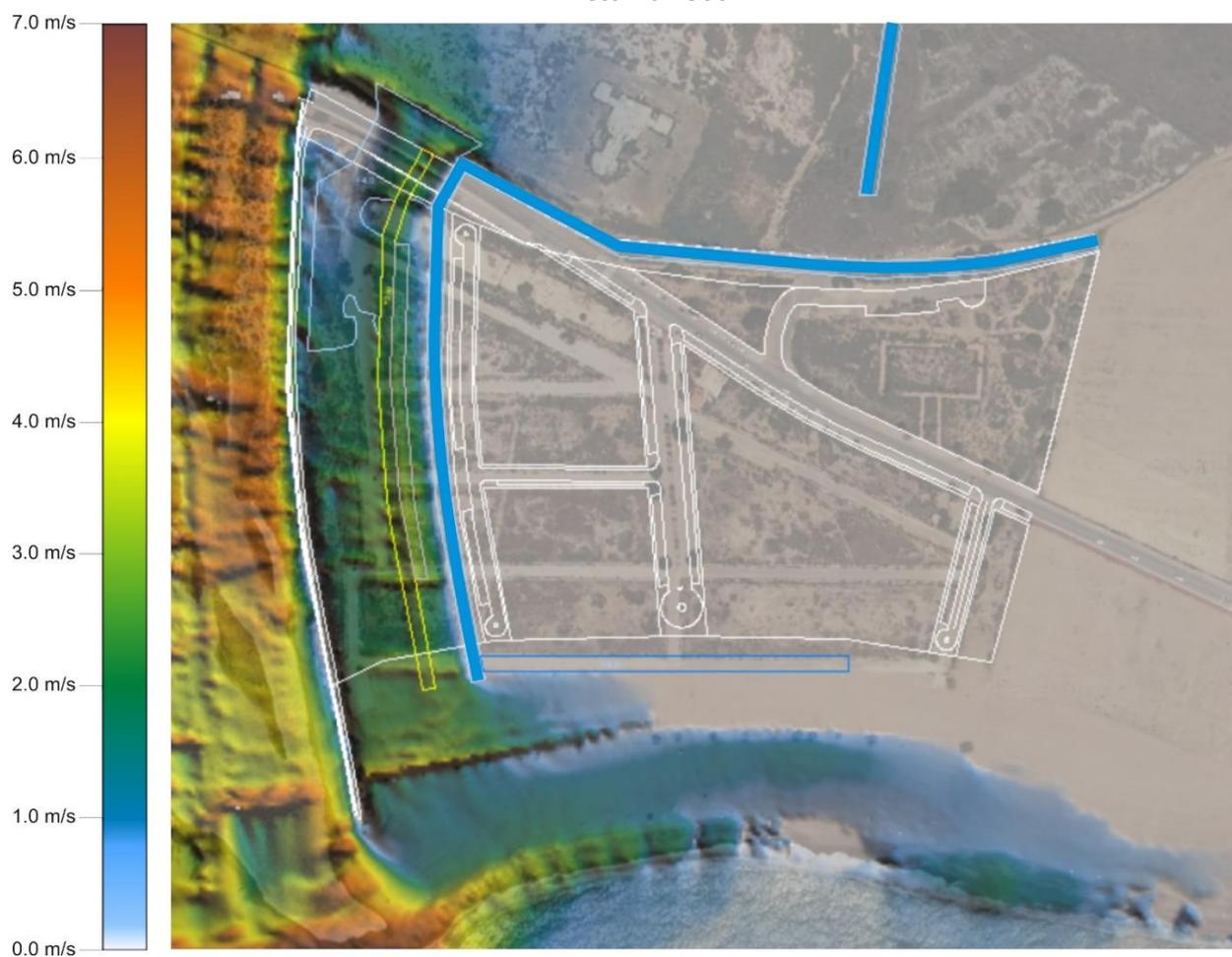


6.2.4. Velocidad del flujo. Avenida de 500 años.

La Figura 33 muestra la distribución de la velocidad del flujo en la zona inundable para la situación proyectada, en la situación de avenida máxima de 500 años. En la ZP se registran velocidades en torno a 2.5 m/s, con valores máximos de 3.35 m/s por encima de los viales de la urbanización. La demolición de los viales actuales situados sobre la ZP permitirá reducir la velocidad máxima a valores inferiores a 3.0 m/s en todo el sector.

En el paso proyectado bajo la carretera las velocidades máximas registradas en el modelo son de 3.05 m/s.

Figura 33. Velocidades del flujo en la solución adoptada. Caudal correspondiente al periodo de retorno T500.



7. ANÁLISIS DE LA ROTURA DEL ENCAUZAMIENTO

7.1. SITUACIÓN ACTUAL

Se ha procedido a analizar el efecto de la rotura del encauzamiento en los dos puntos seleccionados que se indican en la Figura 9. Ambos escenarios de rotura se han analizado con el caudal de avenida de 500 años, para la situación actual y para la situación con la solución adoptada.

Rotura (1)

La Figura 34 muestra el nivel de inundación con la rotura (1) en la situación actual. En esta figura se incluye la línea que marca el alcance de la inundación en la situación sin rotura. Se observa cómo la rotura produce una extensión sustancial de la inundación hacia el casco urbano de Mazarrón.

La Figura 35 muestra un perfil transversal a lo largo de la PPC2 de los niveles de inundación con y sin rotura. Se puede observar cómo el aumento de nivel provocado por la rotura del encauzamiento alcanza un valor máximo de 0.13 m en esta sección, y un valor medio de 0.06 m a lo largo de la misma.

Figura 34. Nivel de inundación con rotura (1) del encauzamiento en la situación actual, para la avenida de 500 años. Línea amarilla: límite de inundación sin rotura. Línea roja: límite de inundación con rotura.

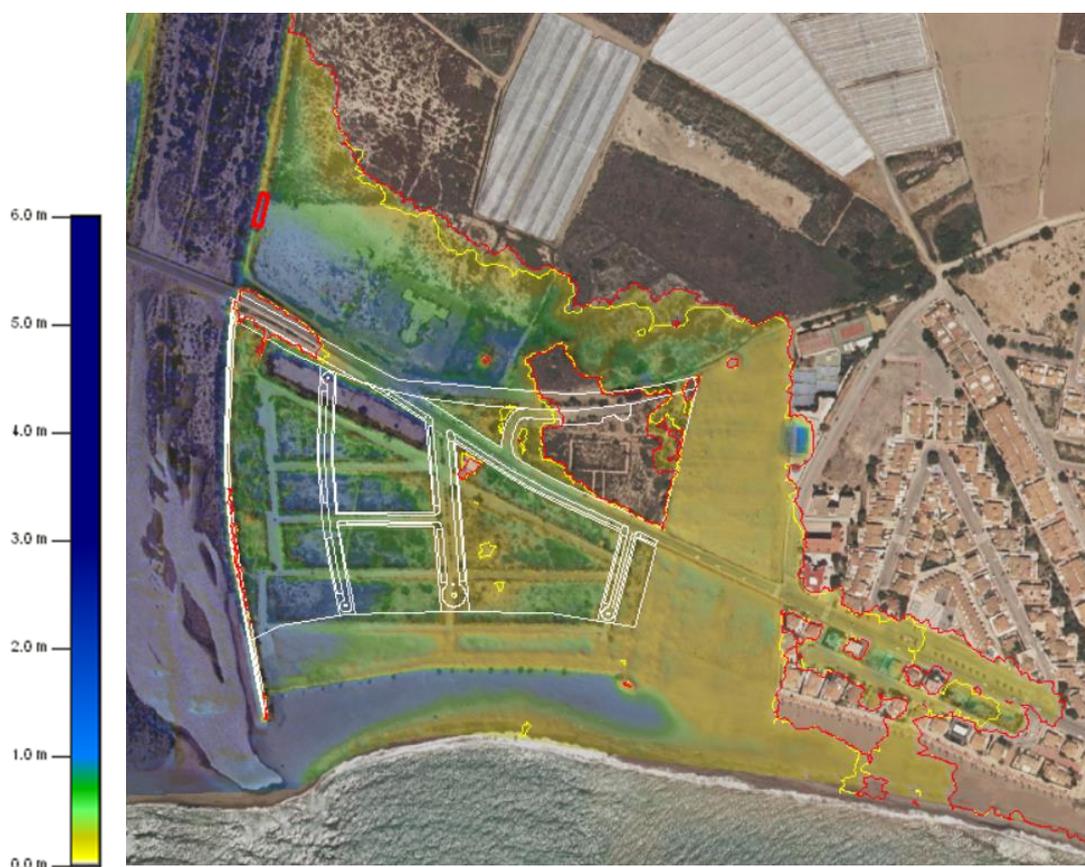
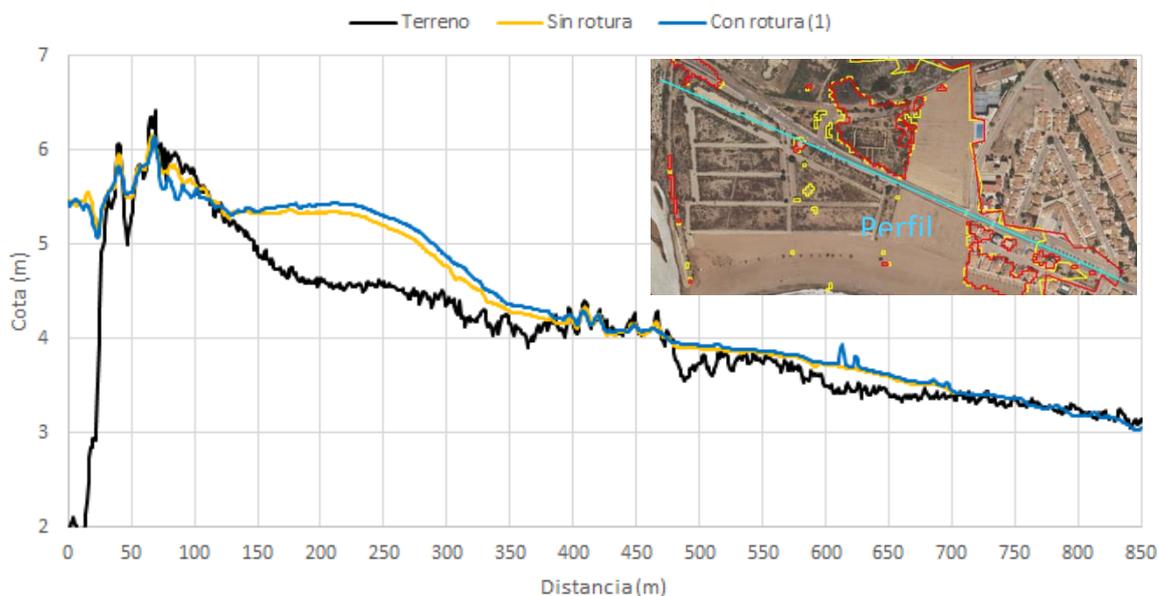


Figura 35. Nivel de inundación a lo largo del PPC2 en la situación actual, con y sin rotura (1) del encauzamiento. Avenida de 500 años.



Rotura (2)

La Figura 36 muestra el nivel de inundación con la rotura (2) en la situación actual. Para esta rotura el alcance de la inundación es muy similar al de la situación actual, sin diferencias relevantes.

La Figura 37 muestra un perfil transversal a lo largo de la PPC2 de los niveles de inundación con y sin rotura. Ambos niveles son prácticamente idénticos a lo largo de todo el perfil, poniendo de manifiesto la escasa influencia de la rotura (2) en la zona inundable. El aumento de nivel del agua provocado por la rotura del encauzamiento alcanza un valor máximo de 0.03 m en esta sección, y un valor promedio inferior a 0.01 m a lo largo de la misma.

Figura 36. Nivel de inundación con rotura (2) del encauzamiento en la situación actual para la avenida de 500 años. Línea amarilla: límite de inundación sin rotura. Línea roja: límite de inundación con rotura.

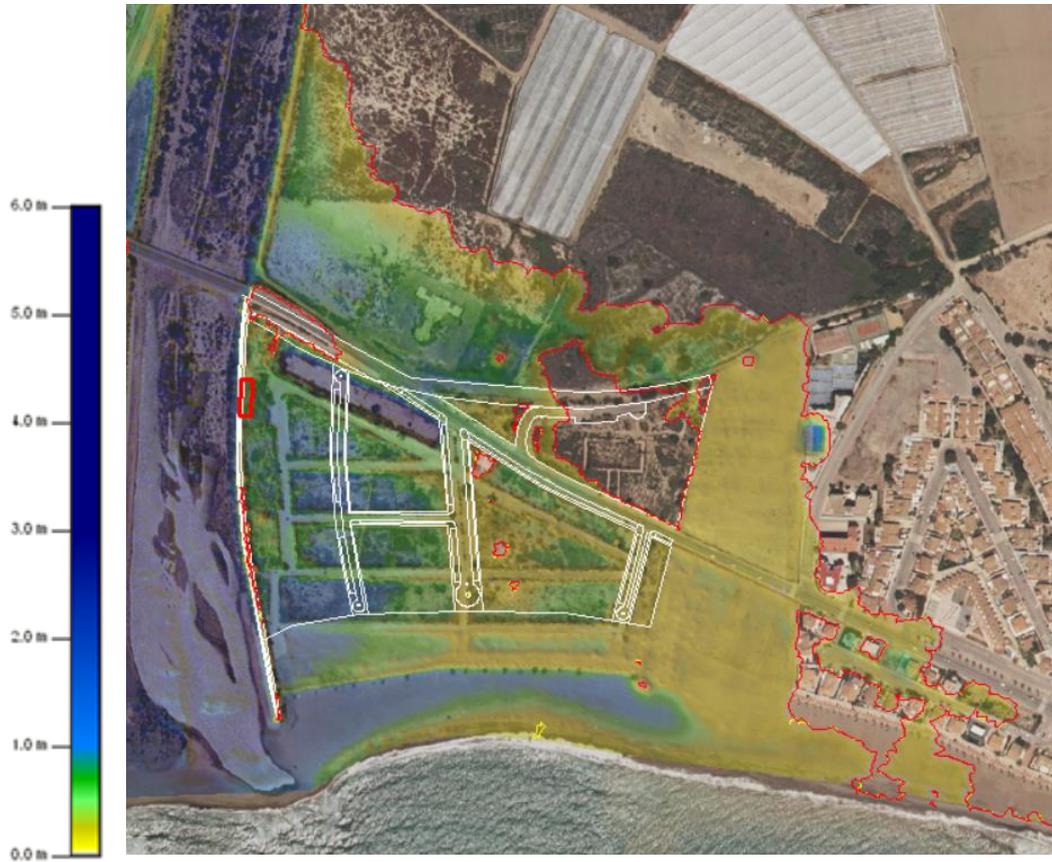
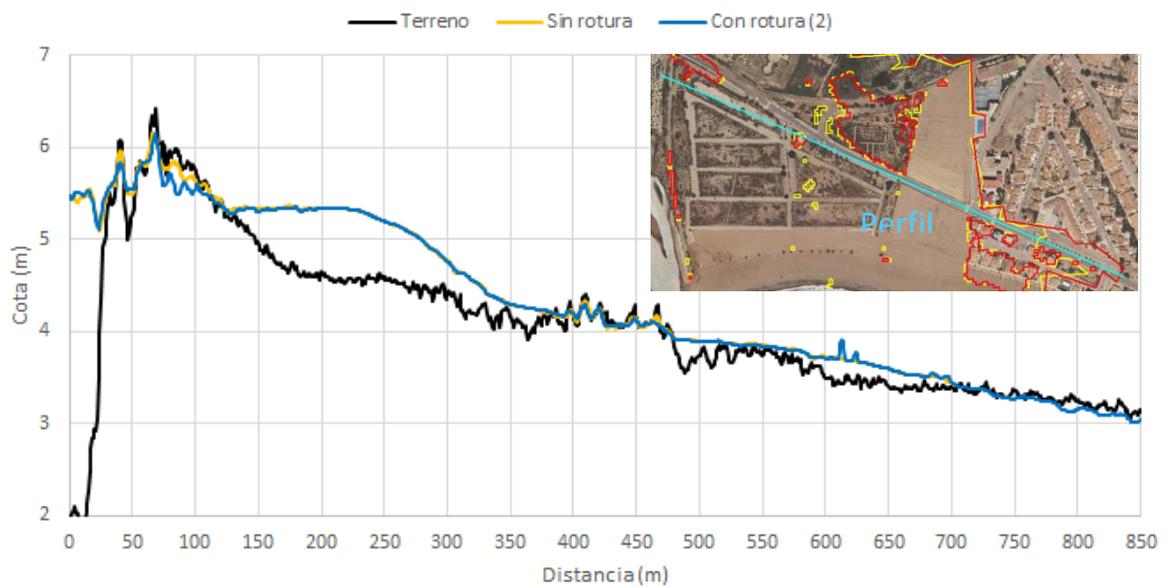


Figura 37. Nivel de inundación a lo largo de la zona inundable en la situación actual, con y sin rotura (2) del encauzamiento. Avenida de 500 años.



7.2. SOLUCIÓN PROYECTADA

Se ha analizado el efecto de las posibles roturas del encauzamiento sobre los niveles de inundación en la situación con las obras proyectadas.

Rotura (1)

La Figura 38 muestra el nivel de inundación con la rotura (1) en la situación con proyecto. En esta figura se incluye el alcance de la inundación en la situación actual con rotura. Se observa cómo la rotura produce un ligero rebase de la inundación por el extremo sur de la Mota 1, aunque este rebase queda totalmente contenido por la Mota 2.

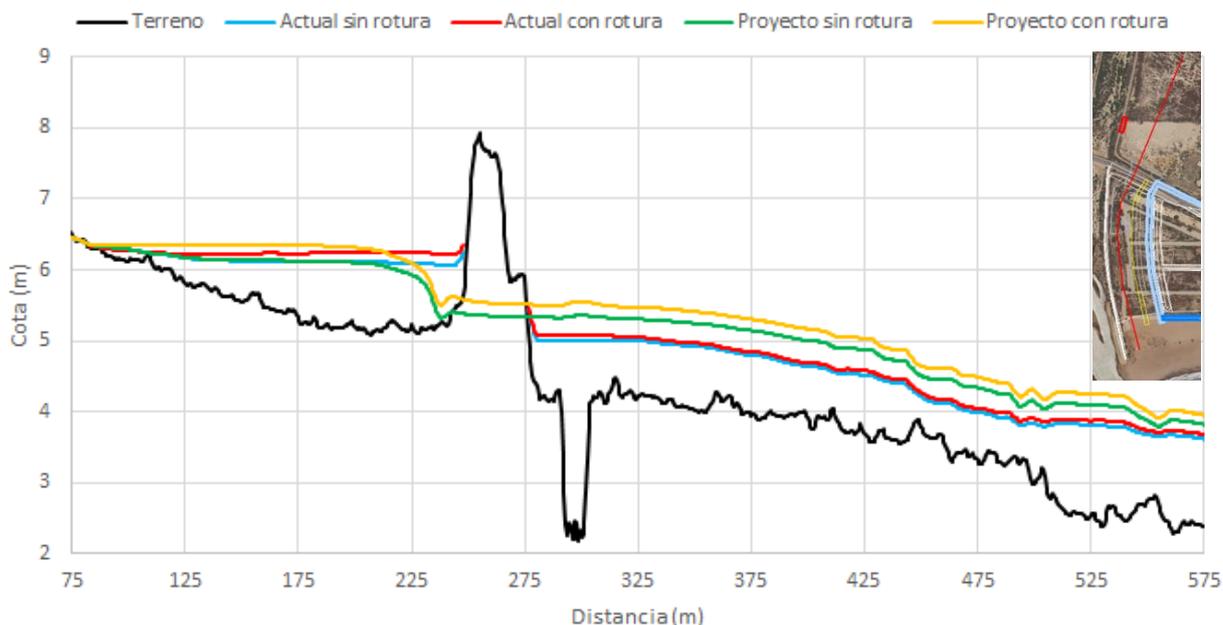
La Figura 39 muestra un perfil transversal a lo largo de la PPC2 de los niveles de inundación con y sin rotura, tanto para la situación actual como para la situación con proyecto. Se puede observar cómo el aumento de nivel provocado por la rotura del encauzamiento en la situación con proyecto alcanza un valor máximo de 0.22 m al norte de la carretera, y un valor medio de 0.13 m a lo largo de toda la sección.

Figura 38. Nivel de inundación con rotura (1) del encauzamiento en la situación con proyecto para la avenida de 500 años. Línea amarilla: límite de inundación con rotura actual. Línea roja: límite de inundación con rotura con proyecto.



La sobreelevación causada con el proyecto por la rotura (1) sobre la ZP es superior a la ocasionada en la situación actual, ya que en la situación proyectada todo el flujo se encauza a través de esta zona.

Figura 39. Nivel de inundación a lo largo de la zona de policía en la situación actual y con proyecto, con y sin rotura (1) del encauzamiento. Avenida de 500 años.



Rotura (2)

La Figura 40 muestra el nivel de inundación con la rotura (2) del encauzamiento en la situación con proyecto. Para esta rotura el alcance de la inundación es idéntico al de la situación sin rotura, y mucho más favorable para todos los terrenos situados al este de la PPC2 y en la zona urbana de Mazarrón, que se mantienen libres de inundación.

La Figura 41 muestra un perfil transversal a lo largo de la PPC2 de los niveles de inundación con y sin rotura, tanto para la situación actual como para la situación con proyecto. En la situación con proyecto el aumento máximo del nivel del agua es de 0.09 m en la ZP, mientras que el aumento medio es de 0.03 m. Al norte de la carretera esta rotura (2) no provoca efecto alguno sobre los niveles de inundación.

Figura 40. Nivel de inundación con rotura (2) del encauzamiento en la situación con proyecto para la avenida de 500 años. Línea amarilla: límite de inundación con rotura actual. Línea roja: límite de inundación con rotura con proyecto.

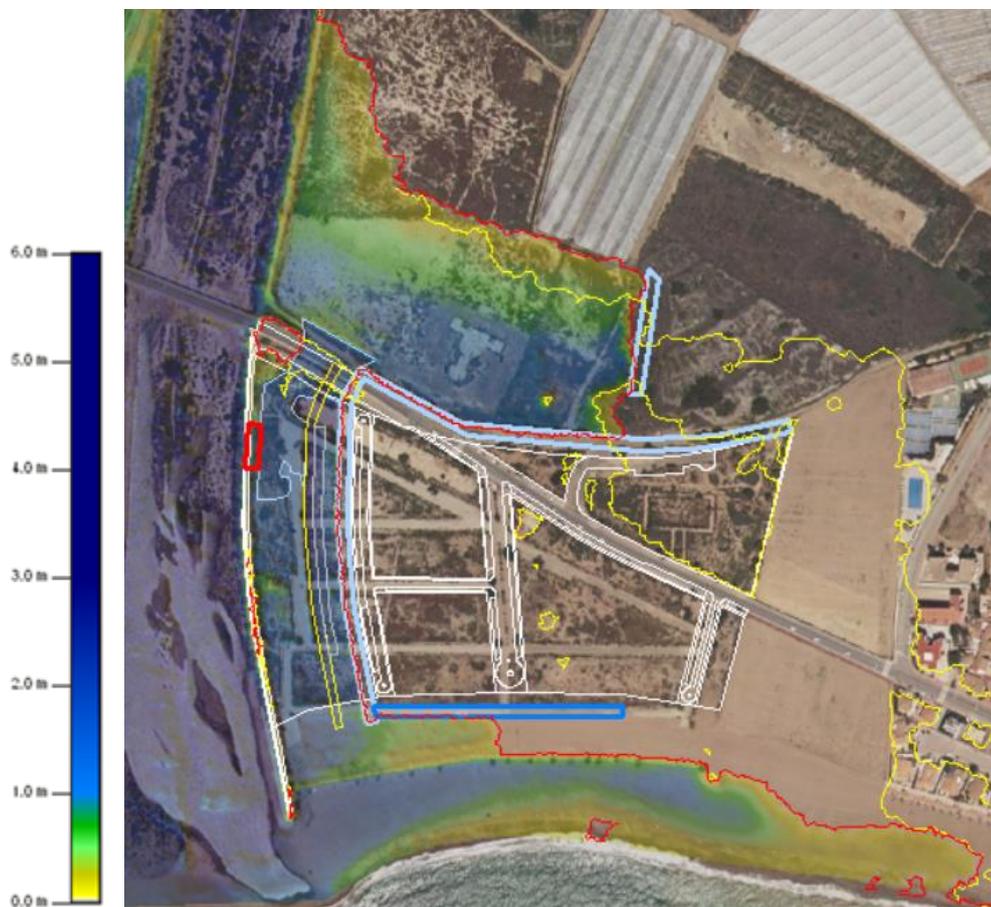
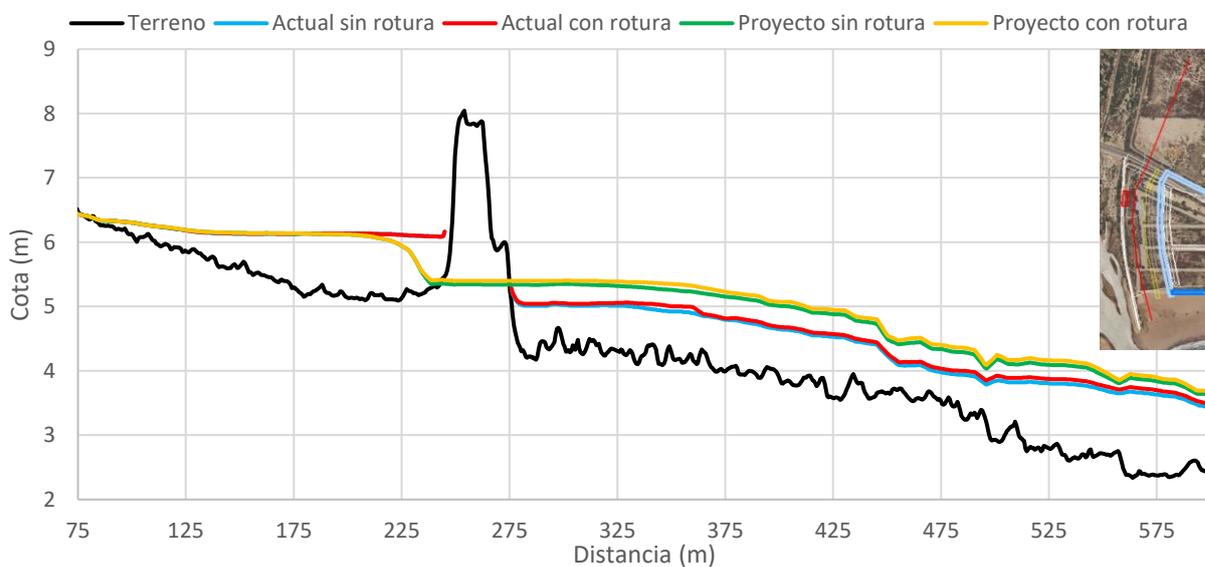


Figura 41. Nivel de inundación a lo largo de la zona inundable en la situación actual y con proyecto, con y sin rotura (2) del encauzamiento. Avenida de 500 años.



7.3. CONCLUSIONES

La solución propuesta evita la inundación de la PPC2 para la avenida de 500 años, incluso en condiciones de rotura del encauzamiento. Además, evita también la inundación en todos los terrenos situados al este de la parcela y en el casco urbano de Mazarrón.

En la situación actual, para la avenida de 500 años, la rotura (1) del encauzamiento al norte del puente de la carretera extiende la zona de inundación hacia el núcleo urbano de Mazarrón, mientras que la rotura (2) al sur del puente apenas tiene incidencia en los niveles de inundación en toda la margen izquierda de la rambla.

En la situación proyectada, la rotura (1) provoca un aumento máximo de 0.22 m en el nivel de inundación al norte de la carretera, y un aumento máximo del nivel de 0.19 m en la ZP al sur de la carretera, manteniéndose libre de inundación todo el sector situado al este de la parcela y todo el casco urbano de Mazarrón. La rotura (2) con proyecto genera un ligero aumento de hasta 0.09 m del nivel del agua en la ZP, quedando libre de inundación la PPC2 y el casco urbano de Mazarrón.

8. CONCLUSIONES

8.1. DISEÑO DE LA ACTUACIÓN

Se ha diseñado una solución que permite proteger de la inundación toda la parcela PPC2, el casco urbano de Mazarrón y todos los terrenos urbanizables situados al este de la misma, incluso en situación de rotura del encauzamiento. La solución consiste en facilitar la salida del flujo de inundación a través de la Zona de Policía paralela a la rambla, en el lado oeste del PPC2. Las obras incluidas en esta solución son las que se especifican a continuación:

- Obra de paso de 45 m de anchura y elevación de la rasante de la carretera RM-D6, a lo largo de 175 m
- Nivelación del terreno a la cota +4.0 m a la salida del paso de la carretera
- Tres tramos de mota de tierra compactada, situados al norte y oeste del PPC2:
 - Mota 1, de 100 m de longitud, recorriendo la parcela catastral 70 que comparte propiedad con el PPC2.
 - Mota 2, de 320 m de longitud, que discurre por el límite norte del PPC2.
 - Mota 3, de 240 m de longitud, que discurre paralela a la rambla por la ZP, a 75 m del deslinde del DPH.
- Canchal de piedra de 5 m de anchura excavado a la cota +2.0 m y relleno de escollera a lo largo de la zona de policía
- Nivelación a la cota +3.0 m para la construcción de una senda peatonal de 5 m de anchura paralela al canchal

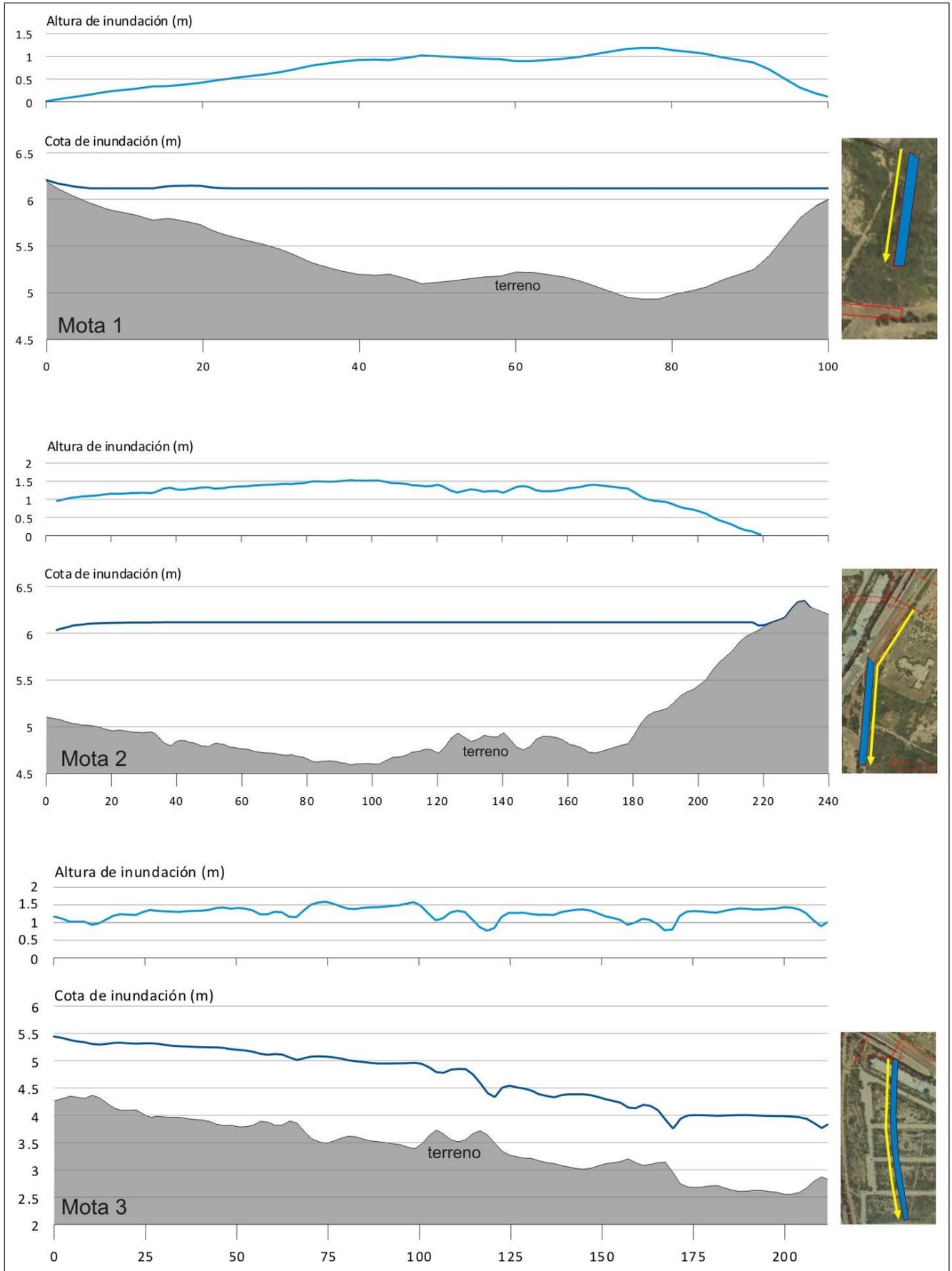
Esta solución excluye el aprovechamiento inmobiliario de toda la ZP, en cuya superficie sólo estarán incluidos el canchal, el paseo o senda verde, la mota de tierra y un vial de la urbanización. Todas las parcelas residenciales y de equipamiento público del PPC2 se situarán fuera de la ZP.

8.2. COTA DE INUNDACIÓN FRENTE A LAS MOTAS

Con el objeto de determinar la elevación necesaria de los tres tramos de mota proyectados, se han extraído los valores del nivel de la cota del agua y de la altura de inundación frente a cada uno de ellos. Las gráficas correspondientes se muestran en la Figura 42. La elevación máxima necesaria de cada una de las tres motas, considerando un resguardo de 0.50 m sobre el nivel máximo del agua, son las siguientes:

- Mota 1: 1.65 m
- Mota 2: 1.50 m
- Mota 3: 2.10 m

Figura 42. Altura y cota de inundación frente a las tres motas proyectadas



Madrid, 20 de julio de 2020

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized 'J' followed by 'E', 'F', and 'F', with a horizontal line underneath.

Fdo.: Javier Enríquez Fernández
Ingeniero de caminos, canales y puertos
Coegiado número 7.289