



EBRO RESILIENCE

Estudio de detalle **Tramo 3B**

Ebro y Ega en

Azagra

1. INTRODUCCIÓN	3
2. ANTECEDENTES.....	4
3. PROBLEMÁTICAS DETECTADAS	6
4. ANÁLISIS DE LAS POSIBLES CAUSAS	8
4.1. Evolución histórica.....	8
4.2. Tramos más débiles del motarrón	9
4.3. Irregularidad en el trazado	9
4.4. Modelo digital del terreno (MDT).....	10
4.5. Modelo hidráulico	11
5. OBJETIVOS DEL ESTUDIO	13
6. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.....	14
6.1. Alternativas para la regularización de la canalización	15
6.2. Alternativas en la chopera de La Rotilla	17
6.3. Alternativas para evitar la inundación de la zona urbana	17
6.4. Alternativas para la “limpieza” del río.....	18
6.5. Alternativas de actuación en el paraje de Ontañón	19
6.6. Descripción de la alternativa propuesta	20
7. CONCLUSIÓN.....	22
8. ¿Y AHORA QUÉ?	22

1. INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la Estrategia Ebro Resilience, se están estudiando un total de 260 kilómetros de longitud del río Ebro, divididos en 18 tramos. El tramo 3 comprende el curso del río Ebro a su paso por los términos municipales de San Adrián, Azagra (ambas en Navarra) y Calahorra (La Rioja), más los últimos 5 km del cauce del río Ega, antes de su desembocadura en el río Ebro (figura 1). El estudio se centra, principalmente, en la propuesta de soluciones para la reducción del riesgo de inundación de las zonas urbanas de San Adrián y Azagra, considerando que el núcleo urbano de Calahorra no presenta problemas de inundación en cuanto a las avenidas del Ebro, ni del río Cidacos, para avenidas inferiores a 100 años de periodo de retorno.

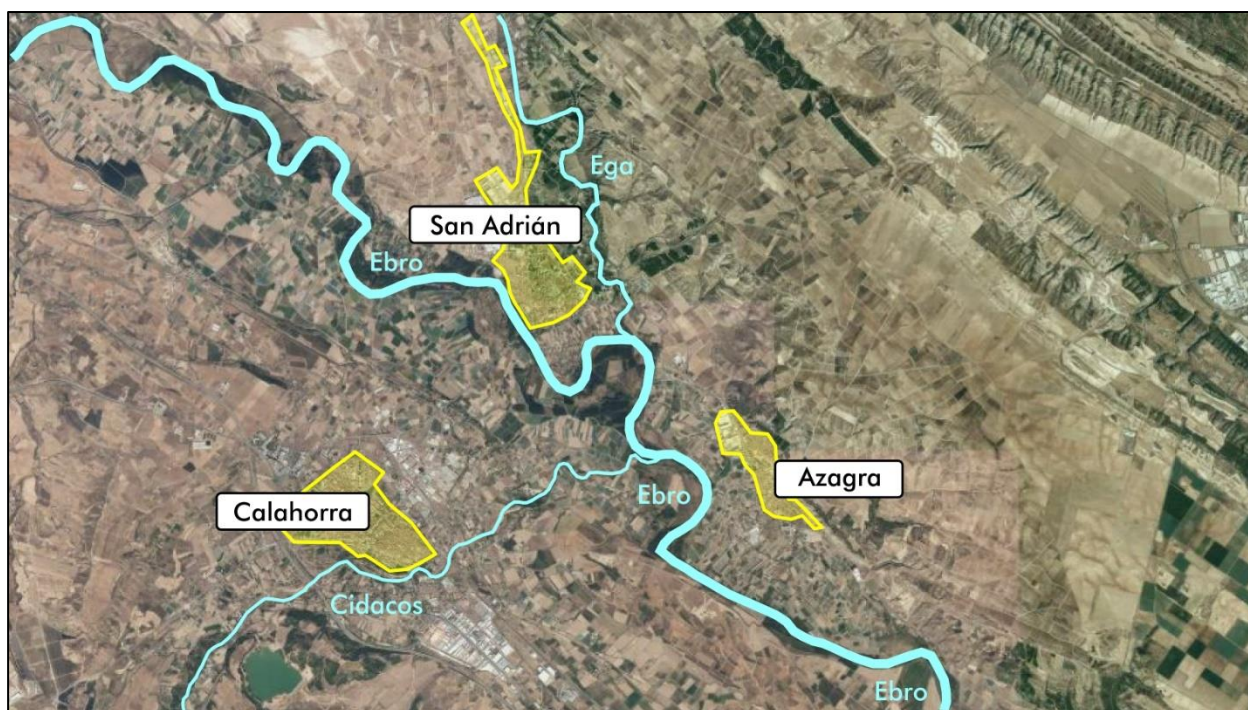


Figura 1. Tramo de estudio sobre fotografía aérea del PNOA 2018 (elaboración propia).

Debido a que las soluciones propuestas para la reducción del riesgo de inundación en la localidad de Azagra y San Adrián son independientes y no crean sinergias con las propuestas en el otro municipio, se ha optado por fragmentar el estudio para su presentación. De esta forma las partes interesadas y el público general pueden focalizar sus aportaciones, comentarios y sugerencias en cada una de las localidades objeto del estudio.

El presente documento expone las soluciones propuestas para la reducción del riesgo de inundación en la localidad de **Azagra** (Navarra).

2. ANTECEDENTES

La localidad de Azagra se ubica inmediatamente aguas abajo de la confluencia de los ríos Ebro y Ega, en la margen izquierda del primero (figura 1). El casco histórico de la población se sitúa a una cota aproximada de 291 msnm¹, rodeando el relieve de un antiguo meandro del río Ebro (figura 2). Debido a esta posición topográfica, Azagra es muy vulnerable respecto a las crecidas del Ebro. Históricamente, las aguas del río han alcanzado la población en numerosas ocasiones. Según el historiador Félix Martínez San Celedonio², las más importantes del siglo XX tuvieron lugar en 1930, 1941, 1959 y 1960.

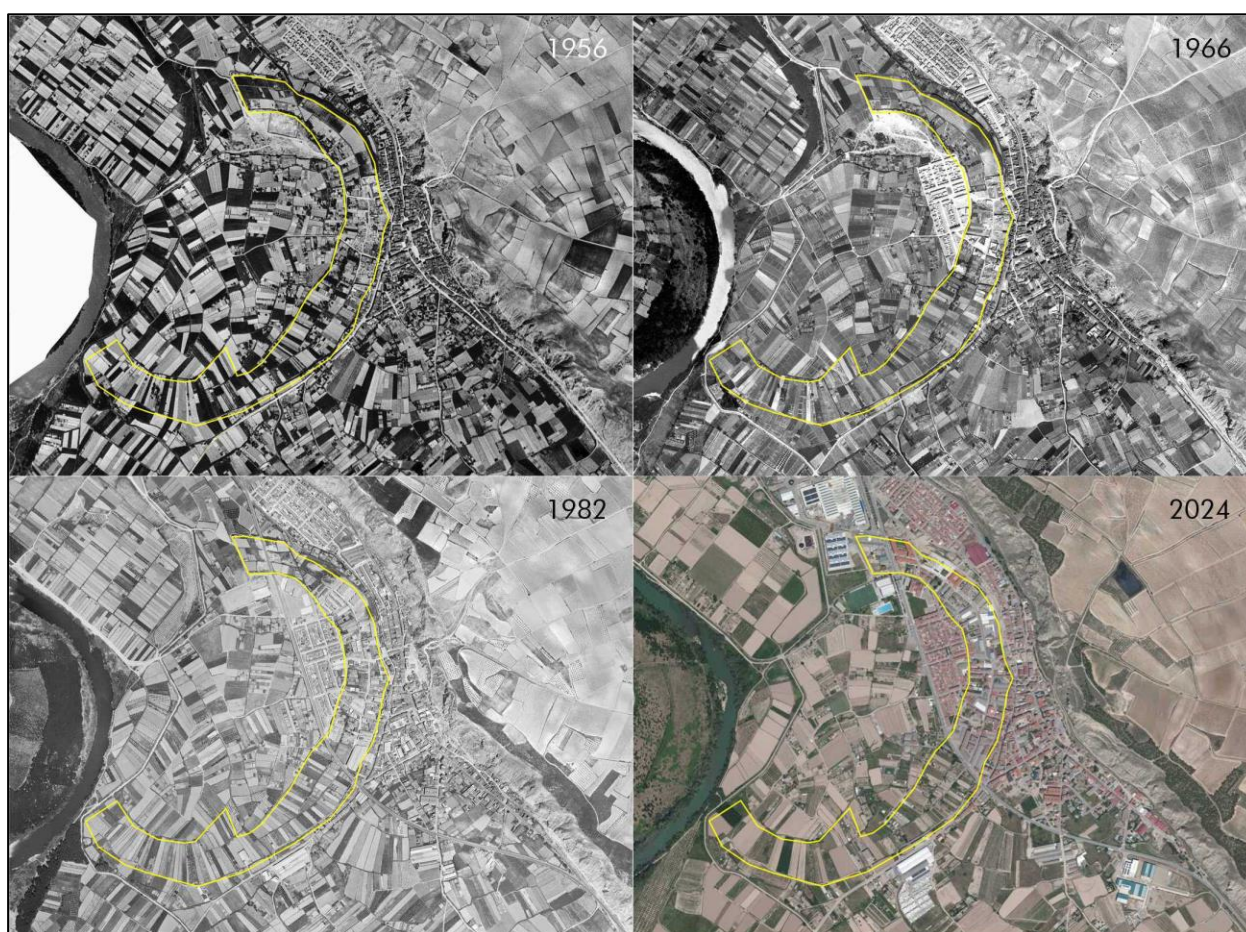


Figura 2. Fases de expansión de la zona urbana de Azagra. El antiguo meandro se señala en amarillo (elaboración propia mediante fotointerpretación sobre ortofotografías IDENA).

Para protegerse de las inundaciones, los azagreses construían diques de defensa denominados localmente “motarrones”, aunque resultaban insuficientes para la contención de las riadas y, a menudo, eran destruidos por estas. Tras las crecidas de 1960 y 1961, el Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario (IRYDA) construye un nuevo dique de defensa frente a

¹ Metros sobre el nivel del mar en Alicante, punto de referencia, o cota cero, de las alturas topográficas en España.

² La Venecia del Ebro. Diario de Navarra del 10/10/2004. <https://hispagua.cedex.es/documentacion/noticia/40717>.

las inundaciones unificando y reforzando los existentes. Este dique es denominado “**nuevo motarrón**”.

Tras la construcción del nuevo motarrón, la localidad se expande hacia la llanura de inundación (figura 2). En un primer momento, salvando el trazado del antiguo meandro, cuyos terrenos se sitúan a una cota aproximadamente un metro más baja que el casco histórico de la población. Aunque desarrollos urbanísticos posteriores ya urbanizan y construyen en esta zona.

La construcción del motarrón supuso una mejora de la zona urbana respecto al riesgo de inundación para avenidas frecuentes, inferiores a 10 años de periodo de retorno³. Sin embargo, la población se ha expandido hacia terrenos situados a cotas bajas (figura 3). Esto quiere decir que a cambio de reducir ligeramente las veces que se inundaría Azagra (la zona urbana no se inundaría para avenidas inferiores a 10 años de periodo de retorno, pero se inundaría las mismas veces para avenidas de 10 años de periodo de retorno o superiores), se han aumentado las zonas que se inundarían y la inundación causaría ahora daños más importantes y costosos.

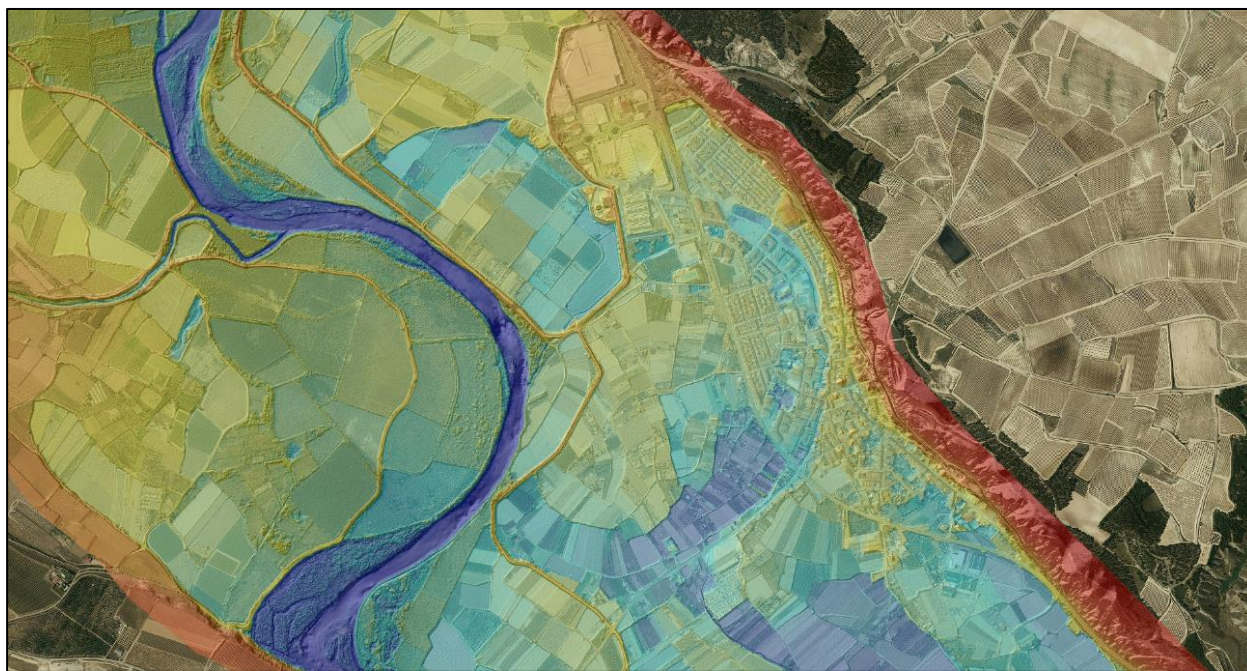


Figura 3. Modelo digital del terreno de Azagra (elaboración propia). Los colores indican la cota en el siguiente orden: zonas más elevadas rojos, naranjas, amarillos, azul claro, azul oscuro zonas más bajas.

³ El periodo de retorno es el tiempo promedio teórico, medido en años, que tardaría una avenida de determinado caudal en acontecer.

3. PROBLEMÁTICAS DETECTADAS

Aunque la construcción del nuevo motarrón ha conseguido evitar la inundación de la zona urbana para avenidas frecuentes, su objetivo principal no fue la protección de la localidad, si no la defensa de la huerta de Azagra. El motarrón se aleja del área urbana, acercándose todo lo posible al cauce del río, al que hace de límite. Su trazado discurre por terrenos situados a cotas bajas, por ello y para mantener su cota de coronación, debe alcanzar más altura sobre las tierras que lo soportan. Esta circunstancia hace que, **en los tramos donde el motarrón tiene más altura sobre el terreno, sea más vulnerable al empuje de las aguas durante las crecidas.**

Adicionalmente, **el nuevo motarrón presenta un trazado irregular respecto al cauce del río**, generando secciones en el cauce de anchura y capacidad de desagüe variable, **con estrechamientos importantes** (figura 4). Estos estrechamientos reducen la sección de desagüe del río, el agua afluente no cabe por la sección reducida y se acumula en el tramo inmediatamente aguas arriba de la zona estrecha, generando sobreelevaciones en el nivel de las aguas que pueden facilitar el desbordamiento por coronación del dique.



Figura 4. Distancia entre defensas sobre ortofotografía IDENA 2023 (elaboración propia).

Asimismo, el motarrón linda con un río, que es un espacio natural. **Los taludes de esta defensa tienen vegetación y pueden servir de refugio para animales.** En el primer caso, los árboles pueden caer por múltiples causas: crecidas, viento, enfermedades, golpes, edad, etc. La caída de un árbol implica la elevación del sistema radicular que lo soporta, ocasionando un desplazamiento de gran cantidad de tierra perteneciente al cuerpo del dique. En el segundo caso, el anidamiento de

mamíferos en el motarrón mediante la construcción de madrigueras puede implicar el debilitamiento de la estructura, al abrir vías de penetración del agua en el cuerpo de la defensa.

Por otra parte, **durante los periodos de avenida en el río es necesario realizar labores de inspección del estado del motarrón**, examinando los resguardos existentes respecto al desbordamiento, el estado general del dique, posibles caídas de la vegetación y la existencia de filtraciones en el trasdós. Es previsible que estos trabajos de inspección se deban realizar en malas condiciones climatológicas (en invierno, con lluvia, barro, etc.) y de poca visibilidad (nocturnidad o nieblas). La seguridad de las personas que van a realizar estos trabajos debe quedar garantizada en todo momento, siendo necesario tener previstas antes del inicio de la inspección vías seguras para el retorno y de escape, en caso de fallo de la defensa. En estos momentos, el motarrón dista de la población 450 metros en su tramo más próximo y 1650 metros en su tramo más alejado, promediando una distancia de 1 kilómetro. Considerando que el dique intersecta terrenos de baja cota, las filtraciones a través del freático y la gran distancia a recorrer, actualmente, **la inspección del motarrón en avenidas no cumple unas condiciones de seguridad adecuadas para las personas involucradas en los trabajos**.

En la situación actual, para una avenida de 10 años de periodo de retorno o superior, los **diques serían desbordados en varios tramos** (figura 5). Las aguas desbordadas se dirigirían hacia los terrenos situados a cotas más bajas, entre los que se encuentran varias zonas urbanizadas.

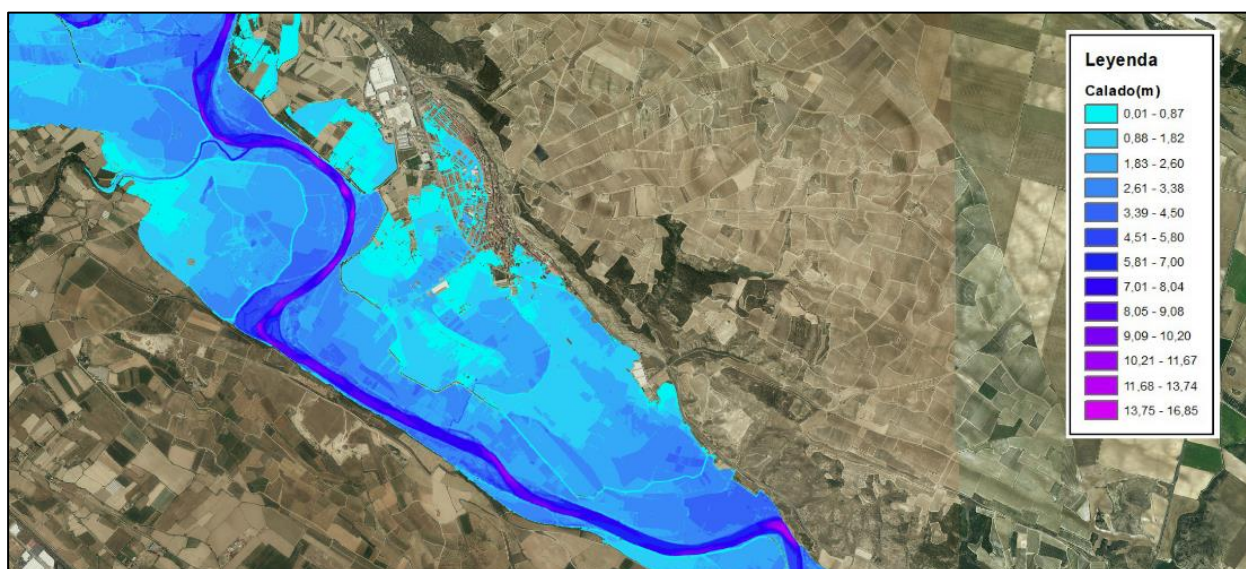


Figura 5. Mancha de inundación para una avenida de 10 años de periodo de retorno (elaboración propia).

4. ANÁLISIS DE LAS POSIBLES CAUSAS

Una vez expuestas las afecciones detectadas, es necesario estudiar las posibles causas de estas problemáticas, de manera que la propuesta de intervención que derive de este estudio se centre en actuar sobre las causas y no sobre sus consecuencias.

Para la elaboración del estudio se han realizado una serie de trabajos técnicos con las últimas tecnologías disponibles que han permitido evaluar la situación actual del tramo respecto a los objetivos planteados. Una vez evaluada la situación actual se han estudiado distintas alternativas de actuación, de forma individual y combinada, seleccionando aquellas que han producido los efectos deseados y descartando las menos favorables o contraproducentes.

4.1. Evolución histórica

Los ríos Ebro y Ega han sufrido un proceso paulatino de canalización en el tramo de estudio. Aunque la construcción de diques de defensa longitudinales (también denominados motas, mazones o motarrones) en ambas orillas comenzó con la aparición de la gran maquinaria de construcción en la década de los sesenta del siglo XX, la canalización generalizada de este tramo finaliza entre los años 1980 y 1984.

Estos diques se construyen, en la mayoría de los casos, con sedimentos del propio río, en consecuencia, su impermeabilidad y consolidación no es la óptima para la funcionalidad a la que están destinados. Es habitual que las defensas presenten filtraciones a través de su cuerpo durante las crecidas y sean sensibles a ciclos de humedad-sequedad bruscos. Debido a su composición, los diques no resisten el desbordamiento de las aguas por coronación, produciéndose un colapso repentino de la estructura en esos casos. Además, su ubicación en un ambiente natural y su posición en las orillas de los ríos hacen que sean colonizadas por vegetación y sirvan de cobijo para las especies animales de la zona, creando vías de agua y puntos débiles.

Cuando las defensas fallaban en episodios de avenidas, eran reparadas y, habitualmente, recrecidas en altura, pero rara vez ensanchadas en su base. Como resultado, los diques presentan unos taludes excesivamente verticales e inestables.

Es incuestionable que **las canalizaciones del Ebro y del Ega han reducido las secciones efectivas de desagüe de ambos cauces y, como resultado, para un mismo caudal las aguas deben circular con más altura por los estrechamientos producidos.** Esta circunstancia, unida a los puntos débiles de la canalización citados en los párrafos precedentes, nos hacen prever que **los daños originados por las avenidas futuras sean mayores a los de avenidas precedentes de caudales similares.** De la misma forma, las aguas llegarán a zonas nunca antes inundadas, al tender a armonizarse la altura de las aguas acumuladas en la margen con el nivel de las aguas en circulación por el cauce.



Figura 6. Diques de defensa, en amarillo, existentes en el área de estudio (elaboración propia).

4.2. Tramos más débiles del motarrón

Como se ha explicado anteriormente, existen tramos del motarrón que discurren por terrenos de cota inferior a los colindantes. Esto obliga a que en esos tramos el motarrón tenga que alcanzar mayor altura, al mantener su coronación una pendiente similar a la del cauce.

Durante el estudio se analizarán los efectos de esta circunstancia y se propondrán medidas para su corrección.

4.3. Irregularidad en el trazado

Las canalizaciones del Ebro y del Ega no fueron construidas con criterios hidráulicos. El objetivo de su construcción fue obtener la mayor superficie de terreno disponible para el cultivo. Ambas canalizaciones presentan zonas muy estrechas combinadas con otras de más anchura. En las zonas estrechas las aguas se elevan por encima de su nivel y el río se profundiza. En los tramos anchos el nivel de las aguas se reduce y también su velocidad de circulación, produciéndose el depósito de los sedimentos excavados en las zonas estrechas.

Se estudiarán alternativas para la regularización y optimización de la canalización existente, de forma que se consiga el paso de un caudal constante que evite los desbordamientos prematuros.

4.4. Modelo digital del terreno (MDT)

Uno de los trabajos realizados para el estudio es la elaboración de un modelo digital del terreno⁴ (denominado MDT) que reproduzca la situación actual. Es importante que este MDT reproduzca fielmente los condicionantes del tramo de río en análisis, para ello se han realizado los trabajos enumerados a continuación.

En primer lugar, se reproduce a gran escala el terreno, utilizando topografía LIDAR⁵ que consiste en la realización de un escáner del terreno mediante el uso de medios aéreos (normalmente para grandes superficies se utiliza una avioneta, pero es común el uso de drones).

En segundo lugar, se obtiene la topografía de los elementos más importantes para el estudio como son: la coronación de los diques, muros, espigones, puentes, drenajes, etc. Este trabajo ha sido realizado mediante métodos clásicos de topografía, aumentando la precisión de los datos en estos elementos clave (figura 7).

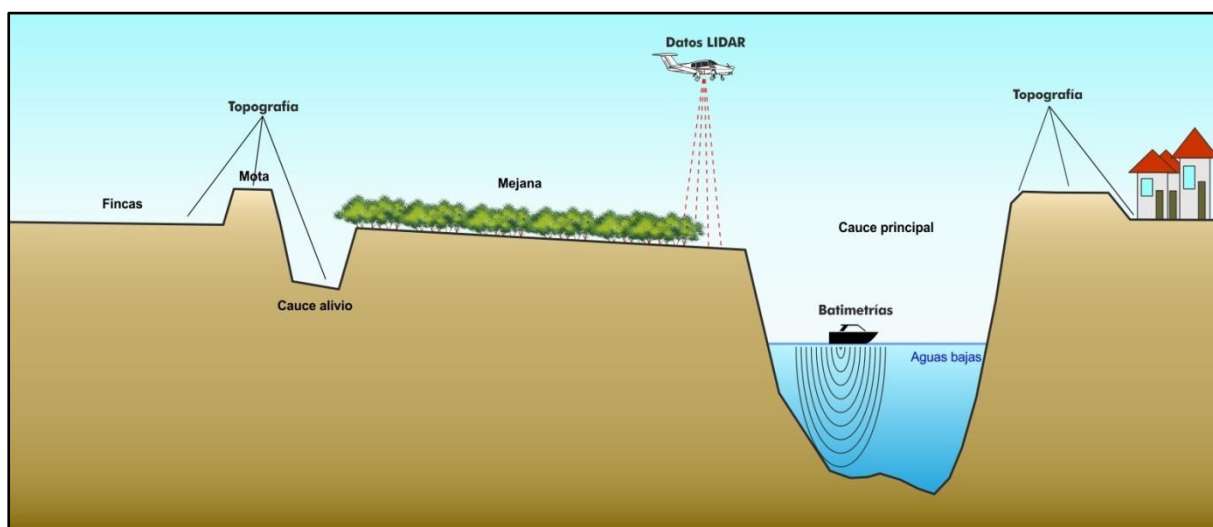


Figura 7. Esquema de la toma de datos realizada (elaboración propia).

Los métodos anteriores tienen el inconveniente de que no son capaces de obtener datos del terreno que se encuentra debajo del agua. Este ha sido el principal inconveniente que se han encontrado estudios de inundación realizados con anterioridad. Actualmente existe tecnología que permite obtener la topografía del lecho del río de manera continua.

⁴ El equivalente a una maqueta del terreno, pero en un entorno digital.

⁵ Acrónimo del inglés Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging.

Como novedad para estos estudios realizados en el marco de la Estrategia Ebro Resilience, se han utilizado medios acuáticos dotados de un sonar⁶ para la toma de datos batimétricos⁷ del lecho del cauce, incorporando estos datos al estudio. Los datos obtenidos se combinan para la elaboración del MDT (figura 8).

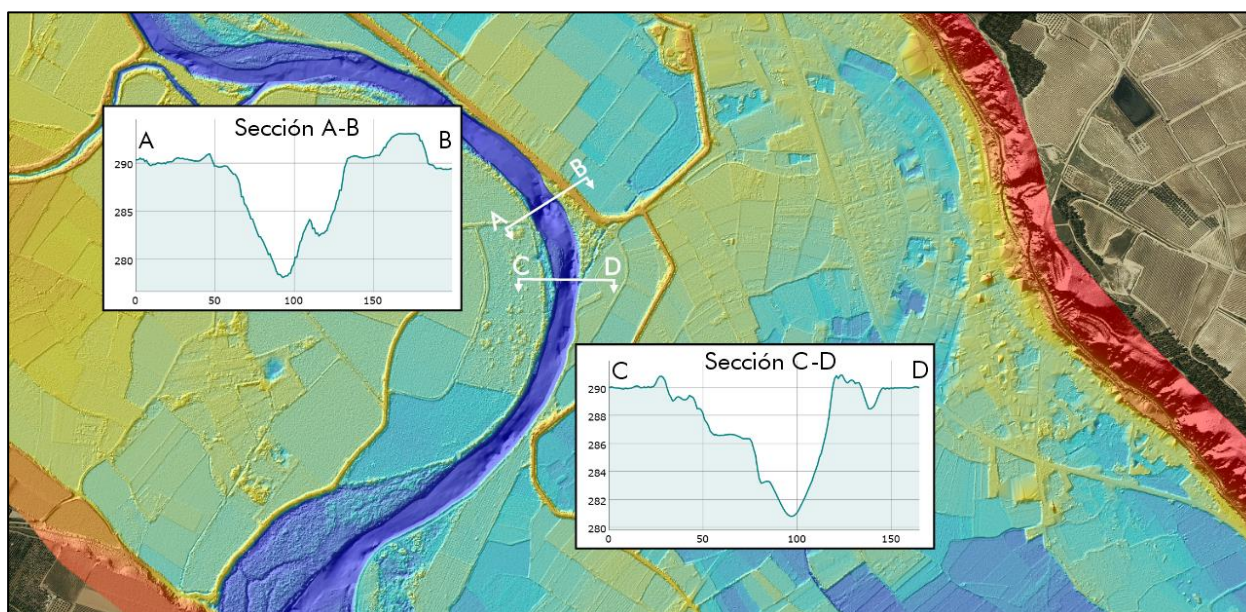


Figura 8. Fragmento del modelo digital del terreno. Colores rojizos y naranjas indican las zonas más elevadas y los tonos amarillo, azul y azul oscuro las zonas más profundas, por ese orden (elaboración propia).

El MDT constata las evidencias detectadas en la observación directa. El motarrón encierra terrenos de baja cota que conducen a la zona urbana que, a su vez, ha crecido urbanizando estos terrenos deprimidos. Las batimetrías muestran que el río Ebro se ha profundizado en todo el tramo como efecto de la canalización. La profundidad media del lecho del río es de 5 metros respecto a la ribera, existiendo grandes pozas de hasta 11 metros de profundidad (ver secciones en figura 8).

4.5. Modelo hidráulico

El siguiente paso del estudio es el análisis de los episodios de inundación. Para realizar este trabajo se utilizan modelos hidráulicos, que consisten en una herramienta informática que aplica sobre el MDT un caudal determinado y reproduce los efectos de la inundación.

Estas herramientas informáticas necesitan de un proceso denominado calibración para ajustar los resultados obtenidos a las características del tramo en estudio. En este caso, se han utilizado fotos aéreas de la avenida de abril de 2018, consiguiendo una buena calibración.

⁶ Elemento que obtiene la profundidad del fondo del mar o un río mediante la emisión de sonidos y la medición de su reflexión.

⁷ Topografía realizada debajo del agua.

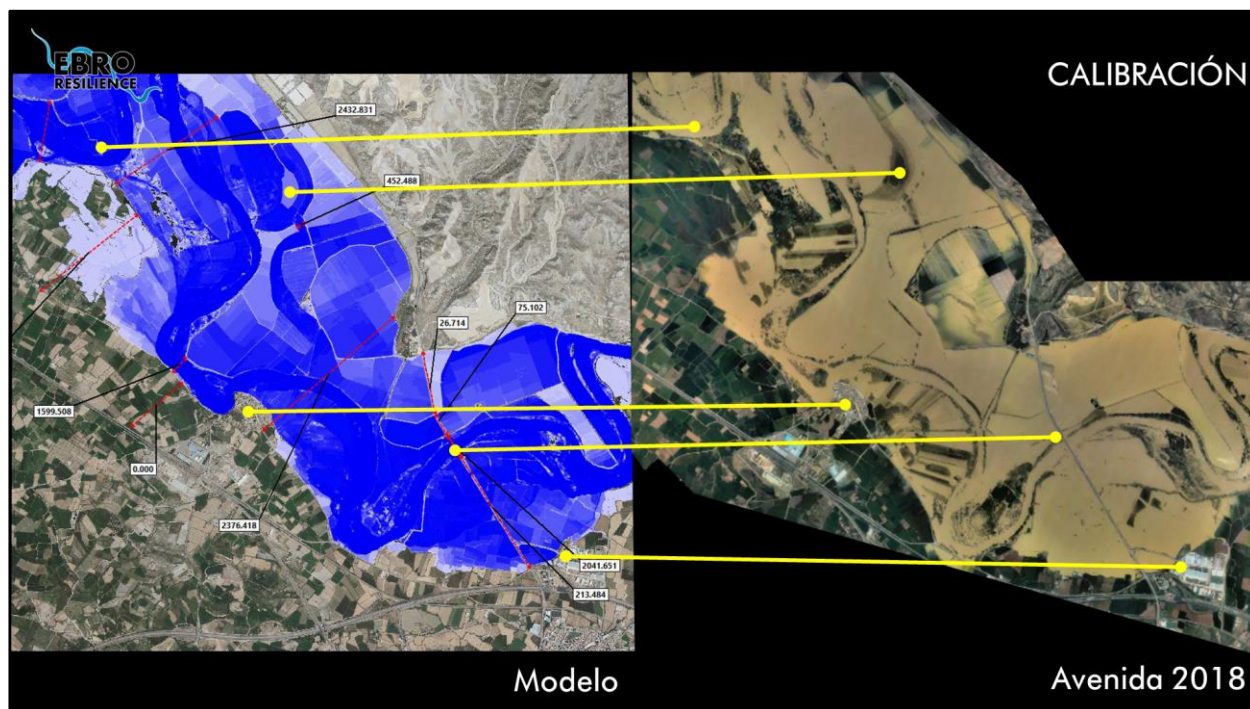


Figura 9. Ejemplo de calibración de un modelo hidráulico con la avenida de 2018 (elaboración propia).

Una vez configurado y calibrado el modelo hidráulico se reproduce la **avenida objetivo** y se analizan los efectos producidos sobre las zonas urbanas.

Respecto a los problemas que puedan originar los posibles desbordamientos hay que tener en cuenta que el modelo hidráulico considera el terreno rígido, es decir, las motas no colapsan en ningún momento, aunque sean desbordadas. Para compensar esta circunstancia, la punta de la avenida en la simulación se prolongará en el tiempo, consiguiendo efectos de inundación análogos a los producidos en un suceso real.

El resultado de la modelización se comenta en el apartado 6 "Estudio de Alternativas".

5. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

De acuerdo con los planteamientos de la Estrategia Ebro Resilience, los objetivos específicos del estudio realizado han sido:

- Evaluar el nivel de protección de la zona urbana de Azagra para avenidas de periodo de retorno de 25 años, que se corresponde en este tramo con un caudal de 2.000 m³/s en el río Ebro y de 350 m³/s en el río Ega.
- Proponer actuaciones para evitar su inundación, en el caso de que esta se produzca.
- Reducir daños en zonas no urbanas para una avenida de periodo de retorno de 10 años, que en este tramo equivale a un caudal de 1.800 m³/s en el río Ebro y de 300 m³/s en el río Ega.

Respecto a los caudales citados, hay que tener en cuenta que la combinación de posibles caudales que pueden concurrir de forma simultánea en el Ebro y en el Ega es prácticamente infinita. No obstante, en el estudio realizado se han hecho coincidir las avenidas del mismo periodo de retorno, para considerar la peor combinación en cada hipótesis.

El estudio tiene nivel de anteproyecto, estando determinado para seleccionar las alternativas más adecuadas y permitir realizar la evaluación ambiental de las soluciones propuestas. La definición de las dimensiones exactas de las actuaciones a ejecutar y sus detalles debe realizarse en el correspondiente proyecto constructivo.

6. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

En el análisis de la simulación de la avenida objetivo para un periodo de retorno de 25 años en ambos ríos se puede observar que la inundación producida sería mayor a la de diciembre de 2021, si bien el proceso de inundación sería similar.

El modelo hidráulico genera un plano con las zonas inundadas en el momento máximo de la avenida. En este plano se indica, con diferentes colores, la profundidad (calado) que alcanzarían las aguas durante la inundación (figura 10).

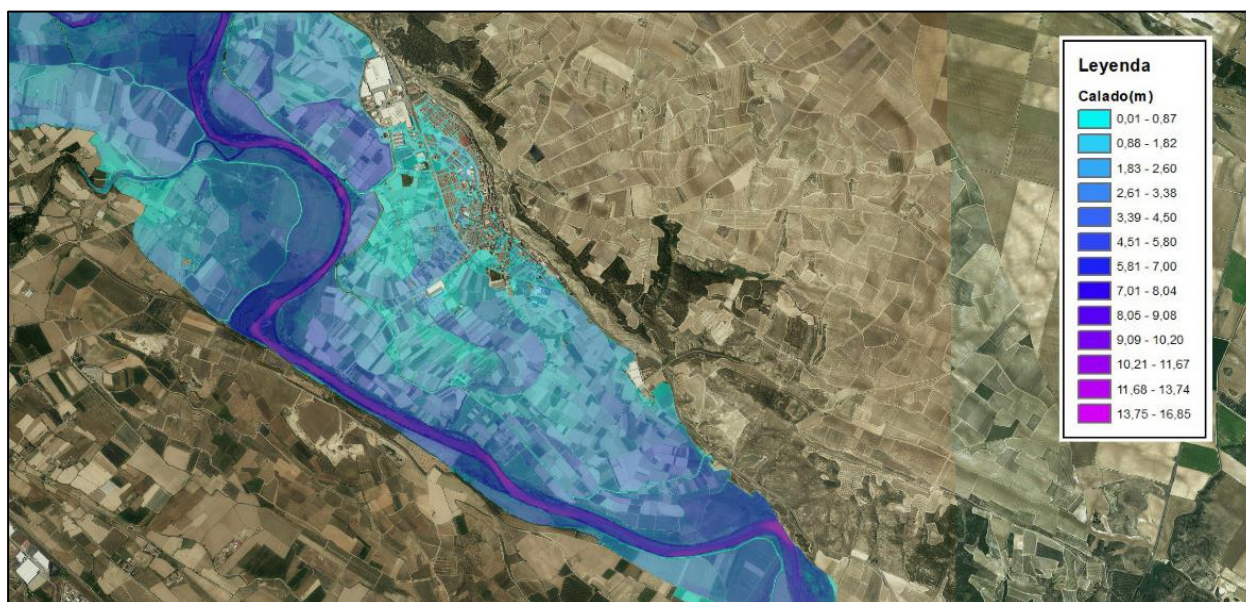


Figura 10. Resultados del modelo hidráulico para las avenidas de periodo de retorno de 25 años (elaboración propia).

En una avenida de este tipo, el dique de la chopera situada en la margen derecha del río Ebro, en término de Calahorra, sería desbordado en su inicio, originando un colapso de la defensa (① en figura 11). El agua desbordada se acumularía en la chopera por efectos de los propios diques, hasta que desbordara en su tramo final, devolviendo las aguas al río de forma súbita (② en figura 11). En los estrechamientos del motarrón, este se vería desbordado. Las aguas desbordadas se desplazarían hacia los terrenos más profundos de la margen, que los conducirían hacia la zona urbana (③, ④ y ⑤ en figura 11). En la zona de La Sarda y La Rota (⑥ en figura 11), el dique también sería desbordado, pero, en este caso, las aguas quedarían allí acumuladas.

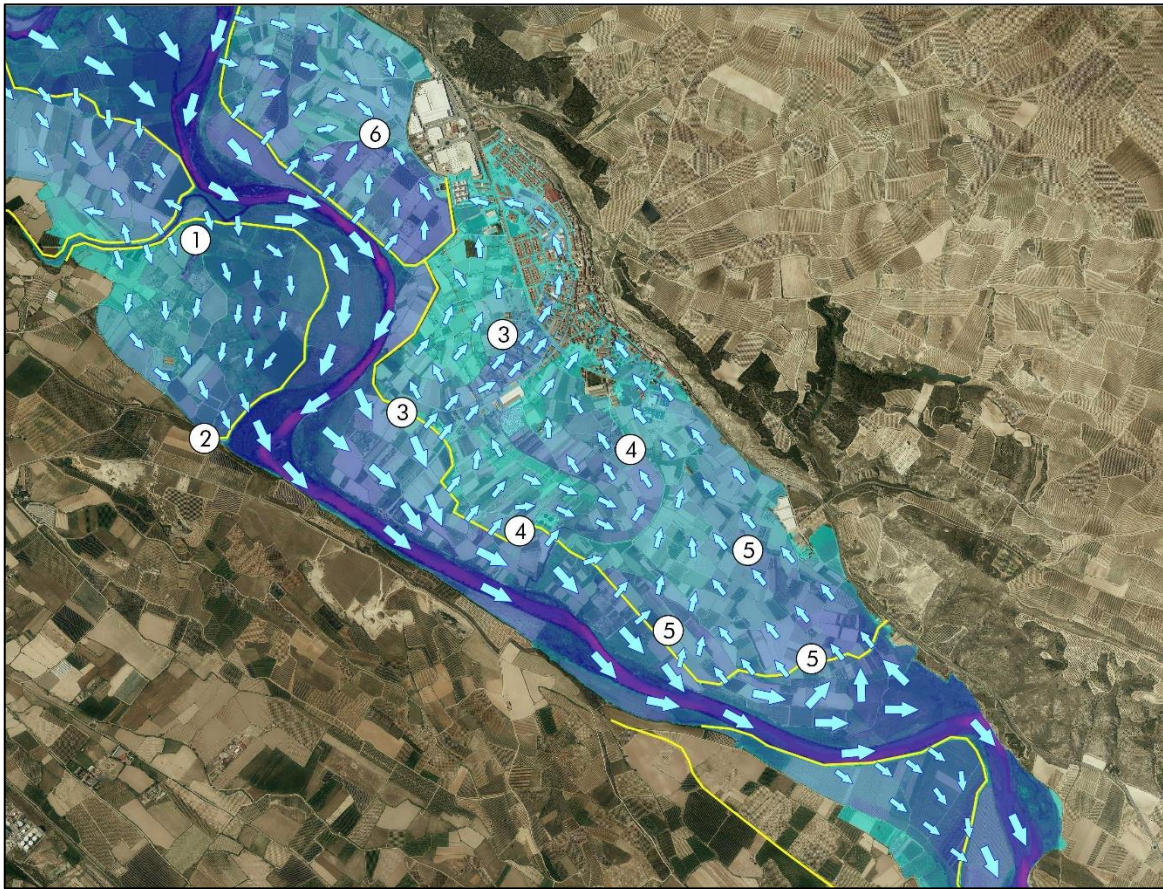


Figura 11. Esquema de inundación para una avenida de 25 años de periodo de retorno (elaboración propia).

Estos serían los efectos que nos indican los programas informáticos de modelización de inundaciones. No obstante, hay que tener en cuenta que en estos programas el terreno se considera rígido, es decir, los diques no colapsan al ser desbordados. En la realidad, un dique conformado por tierras, como es el caso del motarrón del tramo en estudio, normalmente sufre una rotura súbita al ser desbordado por su coronación, abriéndose una brecha en el dique de varias decenas de metros. Teniendo en cuenta ambos factores, en un evento real las aguas llegarían antes a la zona urbana y con mayor velocidad a lo indicado en el modelo.

Considerando este esquema, se buscarán alternativas de actuación para la resolución o mitigación de las problemáticas descritas. Estas actuaciones deben, además, funcionar correctamente de forma conjunta y, para avenidas de periodo de retorno superior a las consideradas en el estudio, no crear problemas mayores a los que existirían de no haber intervenido.

6.1. Alternativas para la regularización de la canalización

Se han analizado varias alternativas para la **regularización de la canalización y optimización de las defensas**. Ninguna de ellas permite la circulación de avenidas iguales o superiores a 10

años de periodo de retorno sin producir desbordamientos sobre el motarrón, salvo que se opte por sacrificar la mayor parte de la huerta o recrecer el motarrón a cotas más elevadas. En el primer caso, la huerta quedaría expuesta a las crecidas ordinarias del río, perdiendo, probablemente, la cosecha de invierno. En el segundo caso, el motarrón se volvería más inestable y aumentaría la probabilidad de colapso, incrementando el riesgo de inundación en la localidad, circunstancia que no entra en los objetivos de la Estrategia. Por ello, ambas alternativas han sido rechazadas.

En consecuencia, se propone eliminar las zonas más débiles del motarrón, donde transcurre por los terrenos más profundos de la margen y alcanza mayor altura sobre ellos, y trasladar la defensa en esos tramos a terrenos más elevados (figura 12). Se trata de dos tramos, uno de 780 metros inmediatamente aguas arriba de la EDAR⁸ de Azagra (④ en la figura 11) y otro de 1015 metros en la zona de El Carrascal (⑤ en figura 11).



Figura 12. Propuesta de retranqueo del motarrón, en rojo tramos a eliminar y en verde nuevos tramos a construir (elaboración propia).

En ambos casos el nuevo motarrón se construiría con la misma cota de coronación que el eliminado. Al situarse sobre terrenos más elevados, el nuevo motarrón tendría menor altura, lo que le otorgará mayor estabilidad y, al no defender terrenos situados a cota muy baja, tendrá menor riesgo de rotura por filtración en el cimiento. A su vez, en el caso de producirse la rotura del motarrón, la sección de entrada será menor y los caudales entrantes hacia la zona urbana también.

⁸ Estación depuradora de aguas residuales, en acrónimo.

6.2. Alternativas en la chopera de La Rotilla

En esta zona (① en la figura 11) se produce una rotura de la actual defensa que facilita la entrada de agua a los terrenos de la chopera. El agua que entra desde ese punto, se embalsa contra el dique hasta que gana altura suficiente para desbordarlo, en ese momento produce una o varias roturas de salida que retornan caudales de forma súbita al cauce (② en figura 11).

Este fenómeno produce importantes daños por arrastres en la tierra de cultivo y el sistema de riego de la chopera y devuelve caudales al cauce de forma incontrolada, en el espacio y en el tiempo, en el tramo donde se producen los desbordamientos principales del motarrón de Azagra hacia la zona urbana.

Para corregir ambas consecuencias, se propone la instauración de un **área inundable** en los terrenos de la chopera. Para ello, se rebajarán los diques en la zona de rotura de entrada y de salida (figura 13). Estos rebajes se diseñarán para que se produzca el llenado de los terrenos desde aguas abajo, de forma que cuando se produzca el desbordamiento desde la zona de entrada, las aguas embalsadas funcionen como un colchón, amortiguando la caída y la velocidad del agua entrante.

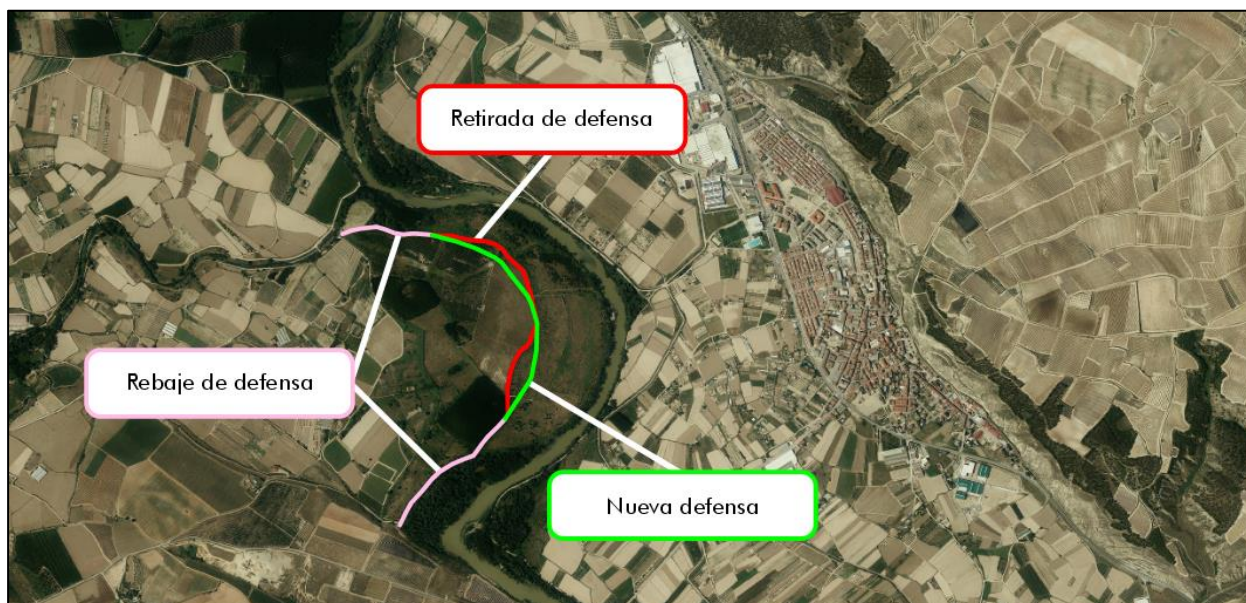


Figura 13. Alternativas propuestas en la chopera de La Rotilla (elaboración propia).

Asimismo, se propone una regularización del dique actual, eliminando los entrantes y salientes de la defensa existente, de forma que las aguas circulen de una forma más hidráulica por el cauce.

6.3. Alternativas para evitar la inundación de la zona urbana

Teniendo en cuenta que no se puede evitar el desbordamiento del motarrón, incluso para avenidas frecuentes, y que las aguas desbordadas terminarán llegando a la zona urbana debido

a la configuración del terreno, es necesario proponer actuaciones que impidan que estas aguas alcancen las zonas habitadas.

Se propone la construcción de un **perímetro de seguridad** (figura 14) que rodee la zona urbana y se configure como una segunda defensa frente a las avenidas del Ebro. Además, esta defensa estará habilitada para permitir **la inspección del motarrón durante el paso de las avenidas en unas condiciones de seguridad adecuadas para las personas involucradas en los trabajos.**



Figura 14. Alternativas para la intercepción del flujo de agua desbordado hacia la zona urbana (elaboración propia).

El trazado propuesto protege la zona urbana de Azagra, no obstante, parte de la zona industrial situada entre la variante y el río queda fuera del perímetro diseñado, al adentrarse 380 metros en la llanura de inundación. En cualquier caso, esto no empeora las actuales condiciones de inundabilidad de los usos allí instalados.

6.4. Alternativas para la “limpieza” del río

Es habitual que los problemas de inundación en el tramo medio del río Ebro se achaquen a la reducción de la capacidad de desagüe del cauce, reclamando intervenciones diversas que se agrupan bajo la denominación de “limpieza” del río. Bajo este concepto se solicitan actuaciones de retirada total o parcial de la vegetación de ribera y/o de extracción de los sedimentos depositados en el lecho.

En el tramo en estudio, la vegetación de ribera se restringe a una exigua franja longitudinal en los taludes de las defensas existentes. En las pocas zonas donde la vegetación tiene espacios para su expansión, en el soto de La Marina o La Sarda, la superficie de vegetación existente es inferior a la de décadas anteriores. Por consiguiente, no parece que la vegetación del cauce presente una dificultad para el desagüe de las aguas.

En el caso de los sedimentos, las batimetrías realizadas muestran una fuerte profundización del cauce en el tramo en estudio. No parece prudente extraer sedimentos a gran escala de un cauce en proceso de incisión. En cualquier caso, la efectividad de los dragados en los cauces ya ha sido objeto de estudio en otros tramos de la Estrategia Ebro Resilience. En el siguiente enlace puede descargarse el documento del tramo 6, donde se analiza la eficacia coste-beneficio de estas intervenciones:

<https://ebroresilience.com/wp-content/uploads/2021/05/tramo-6-pradilla-de-ebro-boquineni-v02.pdf>

Y, en este otro enlace, puede visualizarse el mismo concepto en un vídeo explicativo: <https://www.youtube.com/watch?v=VbNA6yxmUQk>.

En general, las soluciones de dragado son ineficientes, incluso a corto plazo, y no consiguen los fines perseguidos.

6.5. Alternativas de actuación en el paraje de Ontañón

Al final del tramo en estudio existe un estrechamiento importante de la sección de desagüe del río. En esa zona, el río golpea contra el escarpe yesífero, llevando su lecho hasta los diez metros de profundidad.

Aunque no tiene incidencia notable sobre la zona de estudio, sería conveniente dar más anchura al río en ese punto, para reducir el empuje que sufre el escarpe debido a la fuerza del río. Se propone un **traslado de la defensa a la terraza superior**, de forma que se facilite el paso de las aguas con una menor altura (figura 15).

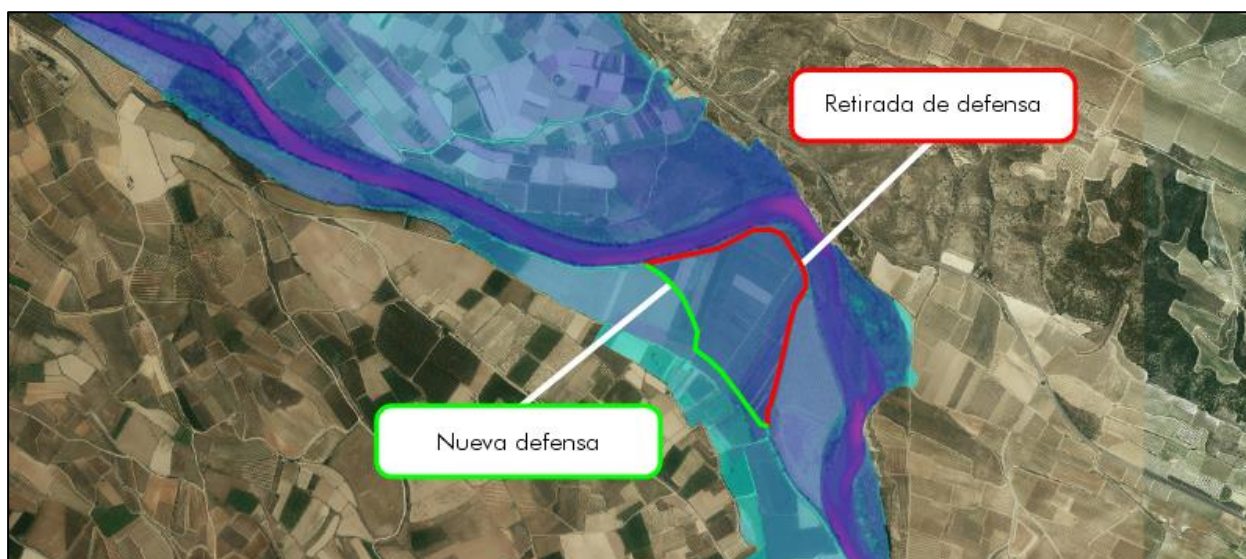


Figura 15. Alternativa propuesta en el paraje de Ontañón (elaboración propia).

6.6. Descripción de la alternativa propuesta

La alternativa que se ha mostrado más eficiente en las simulaciones y que cumple los condicionantes establecidos es una combinación de las diferentes actuaciones comentadas en los párrafos anteriores (figura 16).

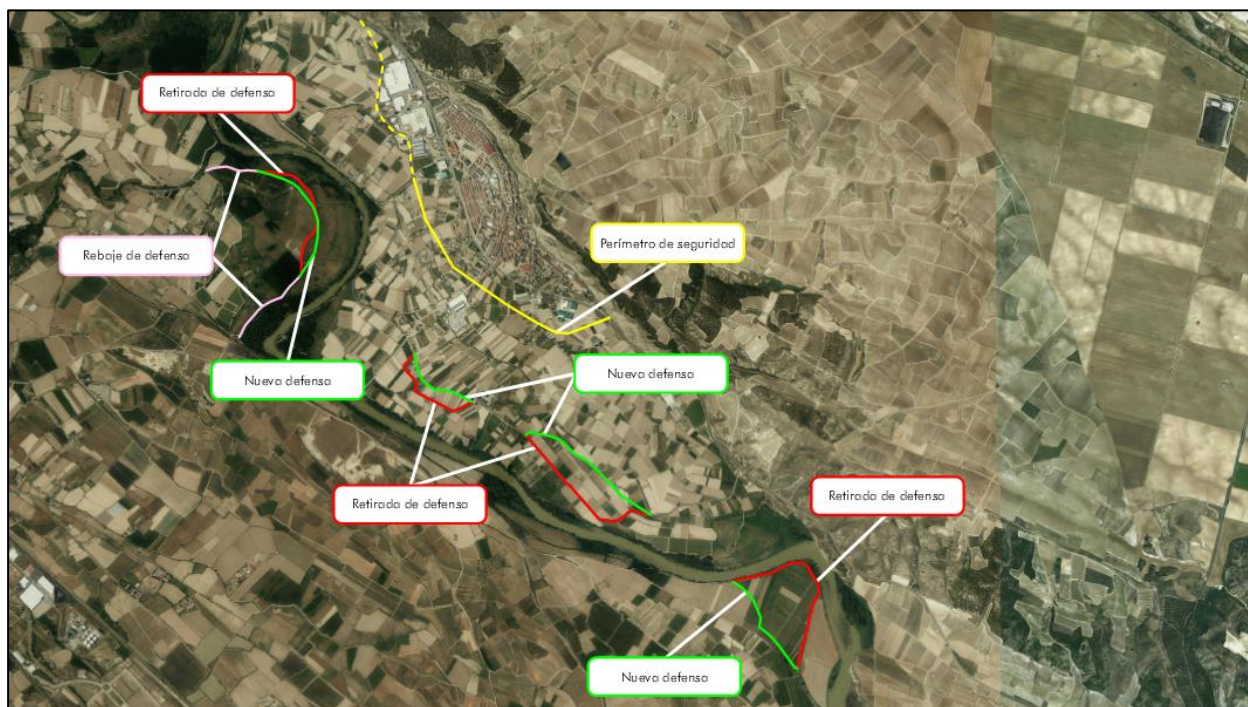


Figura 16. Alternativa propuesta (elaboración propia).

La simulación hidráulica realizada muestra que se cumplen los objetivos planteados, la zona urbana no se vería inundada (figura 17) y disminuiría la altura de las aguas en aproximadamente 500 ha de fincas agrícolas para una avenida de 10 años de periodo de retorno.

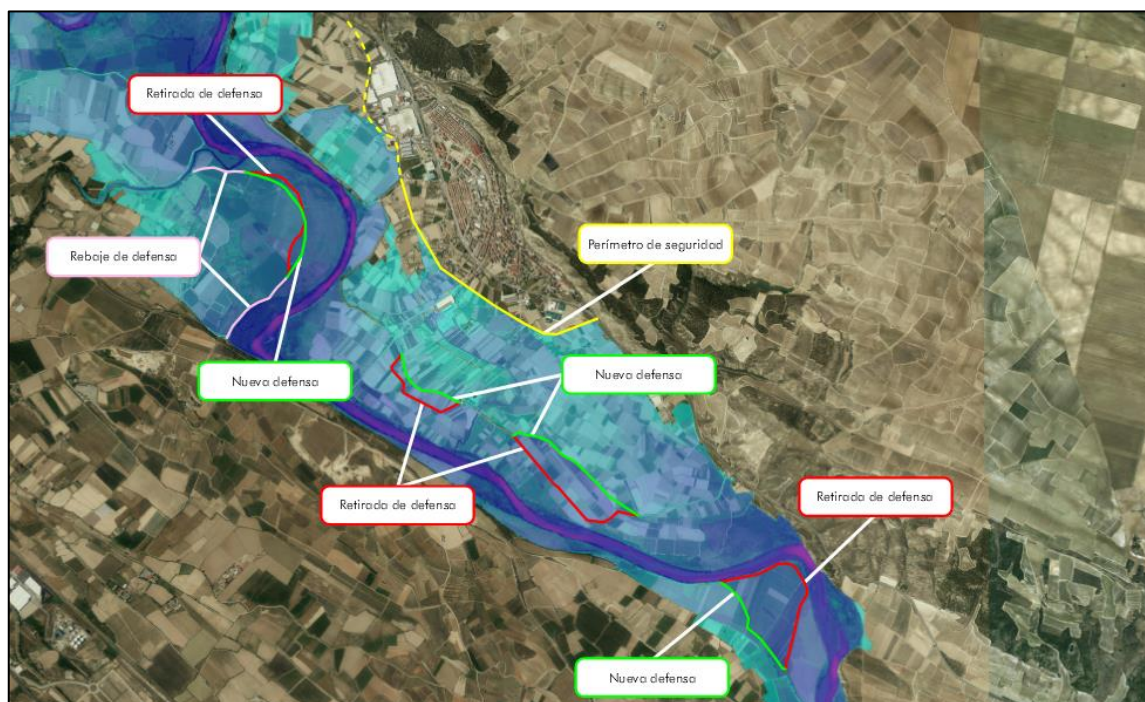


Figura 17. Modelización hidráulica de la alternativa seleccionada para una avenida de 25 años de periodo de retorno (elaboración propia).

7. CONCLUSIÓN

Con la alternativa seleccionada como más eficiente se conseguiría evitar la inundación del núcleo urbano de Azagra para avenidas con un periodo de retorno de 25 años, alcanzando los objetivos planteados inicialmente.

El estudio tiene nivel de anteproyecto, estando determinado para seleccionar las alternativas más adecuadas y permitir realizar la evaluación ambiental de las soluciones propuestas. La definición de las dimensiones exactas de las actuaciones a ejecutar y sus detalles debe realizarse en el correspondiente proyecto constructivo.

La ejecución de estas actuaciones deberá llevar asociado un seguimiento de su evolución que permita comprobar que los objetivos perseguidos se consiguen.

Asimismo, el Plan de Emergencia de la localidad podrá ser actualizado con la información del estudio y con las actuaciones que se deriven de él.

8. ¿Y AHORA QUÉ?

Una vez concluido el estudio de detalle del tramo se realizarán encuentros participativos abiertos al público para conocer la opinión de la población.

Seguidamente se realizarán los correspondientes ajustes a la propuesta, si fuese necesario, y comenzará la tramitación ambiental de las intervenciones.

Finalmente, se redactarán los proyectos constructivos y cada Administración pondrá en marcha, en el ámbito de sus competencias, las actuaciones para una mejor gestión del riesgo de inundación del tramo que corresponda.