

**EBRO
RESILIENCE**

Estudio de detalle

Tramo 5

Huecha en

**Mallén, Cortes
y Novillas**

1. ANTECEDENTES Y PROBLEMÁTICAS DETECTADAS.....	3
2. ANÁLISIS DE LAS POSIBLES CAUSAS	6
2.1. Análisis geomorfológico.....	6
2.2. Modelo digital del terreno (MDT).....	8
2.3. Modelo hidráulico	10
3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO	12
4. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.....	13
4.1. Alternativas para evitar la inundación de los núcleos urbanos.....	13
4.2. Alternativas para reducir los efectos de las infraestructuras sobre el flujo.....	14
4.3. Descripción de la alternativa propuesta	15
5. CONCLUSIÓN.....	18
6. ¿Y AHORA QUÉ?	18

1. ANTECEDENTES Y PROBLEMÁTICAS DETECTADAS

En el ámbito de la Estrategia Ebro Resilience, se están estudiando un total de 260 kilómetros de longitud del río Ebro, divididos en 16 tramos. El tramo 5 comprende el curso del río Huecha a su paso por los términos municipales de Mallén, Cortes y Novillas, con una longitud del tramo de 9 kilómetros (figura 1).

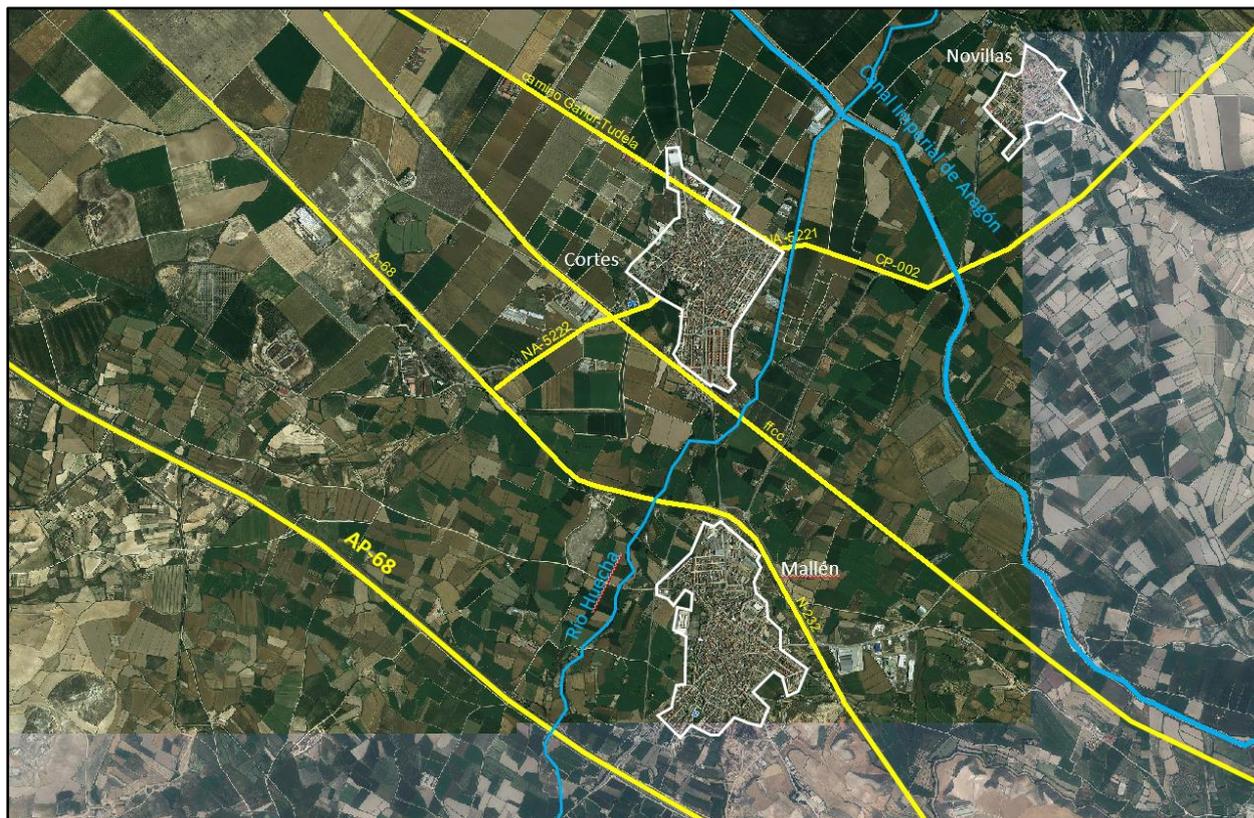


Figura 1. Tramo de estudio sobre fotografía aérea del PNOA 2018 (elaboración propia).

A lo largo de la historia se han registrado múltiples episodios de inundación provocados por el río Huecha. Las referencias históricas que se han encontrado son las siguientes:

- Año 1555 – 1556. En aquellos años, se produjeron inundaciones del río Huecha en el término de Borja, que destruyeron las obras de la bóveda de la Balseta, que el 14 de febrero de 1555 se habían empezado a construir.
- 29 de junio de 1871. En esta fecha, con motivo de la crecida que registró el río Huecha, la localidad de Agón quedó inundada hasta 1,90 metros de altura aproximadamente, según la medición realizada en azulejos situados en la pared de una casa. También se produjeron daños en la agricultura.
- Agosto 1892. Durante el mes de Agosto, el río Huecha se desbordó afectando a la localidad de Ambel.

- Septiembre 1892. Durante el mes de septiembre el río Huecha tuvo una fuerte crecida que afectó a la localidad de Magallón.
- 3 de mayo de 1910. En la fecha señalada, el río Huecha registró una fuerte crecida que afectó de forma muy grave a la localidad de Agón. La población fue inundada bajo 2 metros de agua, la carretera quedó cortada y numerosas casas quedaron destruidas, muriendo una persona y numerosos animales domésticos. Otra localidad muy afectada por la crecida fue la de Mallén, donde se inundaron muchas casas y la mayoría de los campos.
- Año 1934 – 1935. Aunque la fecha no ha podido obtenerse con mayor exactitud se sabe que la crecida que tuvo el Huecha entre los años 1.934 -1.935 arruinó el puente de la carretera de la localidad de Mallén, pereciendo una mujer que se encontraba sobre él.
- Septiembre de 2004, más recientemente se produce una importante crecida del río Huecha que provoca importantes inundaciones en los núcleos urbanos de Mallén, Cortes y Novillas.

La inundación de 2004, la más reciente y de la que se disponen de datos y documentos gráficos que permiten determinar las afecciones sufridas, nos muestra un inundación de poco calado pero muy extensa. Entre los días 6 y 7 de septiembre de 2004, una gran borrasca descargó fuertes precipitaciones en la cuenca media del río Ebro. Esta borrasca pasó por las comunidades de Navarra, La Rioja y Aragón, afectando a las cuencas de los ríos Yalde, Mayor, Arba, Queiles, Huecha, Jalón y a numerosos barrancos de ambas márgenes del río Ebro entre las provincias de Navarra y Zaragoza, provocando grandes escorrentías que superaron la capacidad hidráulica de los cauces, originando importantes avenidas y el posterior desbordamiento de los ríos.

En este episodio la población más afectada fue Cortes. Un fallo en el terraplén de la vía del ferrocarril ocasionó la inundación de gran parte de la zona urbana (figura 2).

En Novillas las aguas también llegaron a la zona urbana y el río arrastró el puente de “El gato”, que da acceso a la zona cultivable de la margen derecha del Ebro (figura 3).

Las aguas del Huecha y otros barrancos alcanzaron el Canal Imperial de Aragón, que resultó dañado en sus orillas y sirvió de propagador de la avenida, trasladando las aguas hasta los términos de Boquiñeni y Luceni (Zaragoza).



Figura 2. Inundación de septiembre de 2004 en Cortes (Gobierno de Navarra).



Figura 3. Puente de "El Gato" en Novillas, instantes antes de ser arrastrado por las aguas (Confederación Hidrográfica del Ebro).

2. 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 sobre la corrección de 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.

2.1. Análisis geomorfológico

El río Huecha nace en las faldas del Moncayo, una zona que suele verse afectada por fenómenos tormentosos. Se trata generalmente de fenómenos convectivos¹ de difícil predicción y que producen importantes precipitaciones en un corto espacio de tiempo en zonas localizadas. Debido a la configuración de la cuenca, este tipo de precipitaciones provoca crecidas torrenciales² con súbitos incrementos de caudal, lo que reduce la capacidad de respuesta.

Aguas abajo de Fréscano el río Huecha entra en contacto con la llanura aluvial³ del río Ebro. Este repentino cambio de pendiente ha fomentado a lo largo de los siglos que los sedimentos del río Huecha se haya expandido en forma de abanico sobre esta llanura en lo que se conoce como un "cono de deyección". Esta topografía condiciona la forma en la que se producen las inundaciones del río Huecha cuando se producen crecidas.

Una vez el río Huecha alcanza la llanura aluvial del río Ebro las aguas desbordadas durante una crecida se distribuyen por el abanico sin posibilidad de retornar al cauce (figura 4). Este es un fenómeno natural que se produce en el río Huecha y en otros cauces con característica similares.

¹ Movimientos del aire caliente y húmedo que asciende por la ladera de la montaña y se enfría al llegar a cierta altura. En ese momento se produce la condensación del vapor de agua y se forman nubes.

² Corriente de agua con gran velocidad y, generalmente, poco calado que se comporta de manera impetuosa.

³ Terreno sensiblemente plano o con muy poca pendiente que se ha conformado con los sedimentos de un río a través de miles de años.

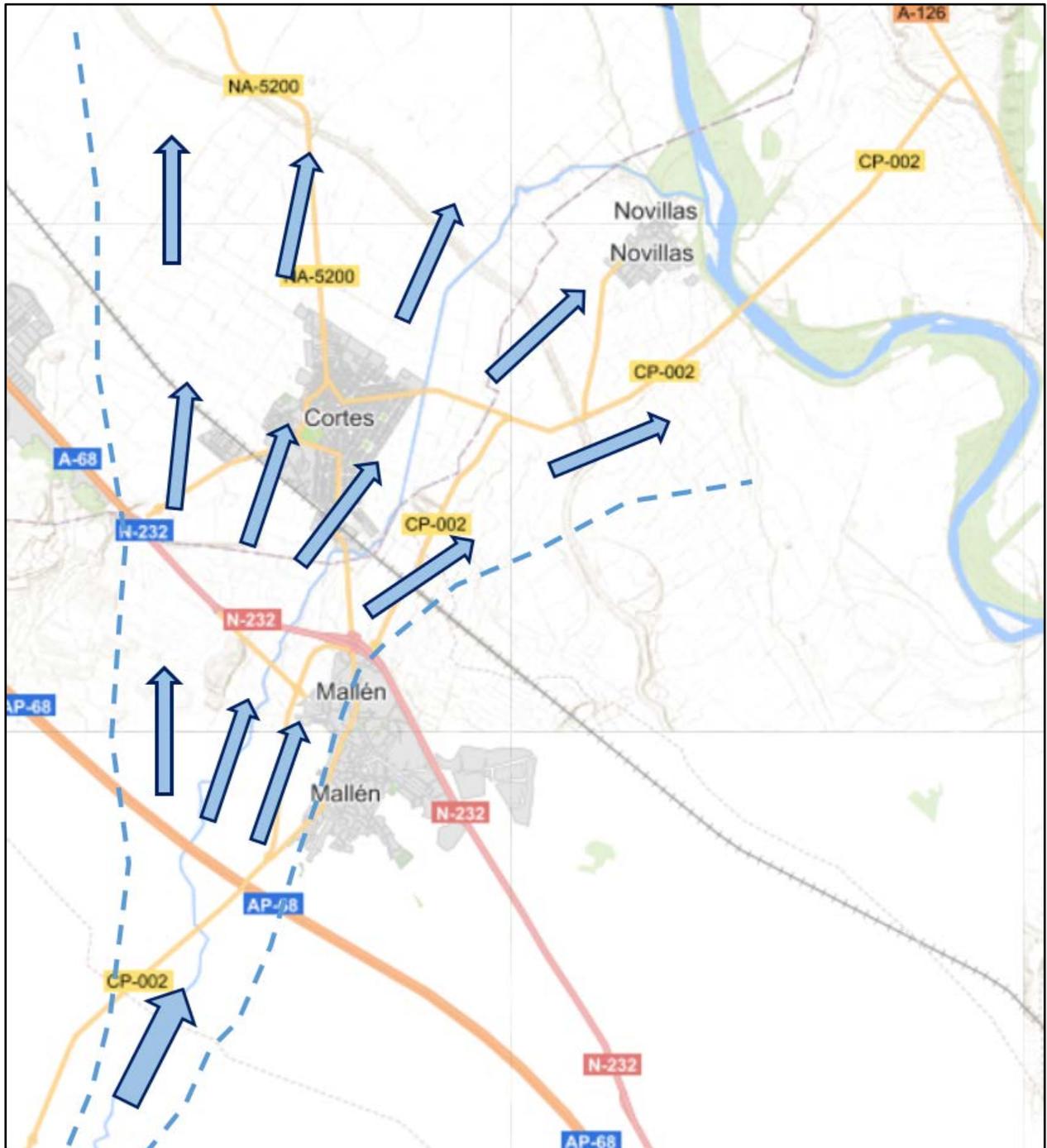


Figura 4. Comportamiento del río Huecha en avenidas en el tramo de estudio (elaboración propia).

A esta situación hay que añadir la existencia de múltiples infraestructuras transversales que suponen un obstáculo al discurrir de las aguas desbordadas por el cono de deyección (figura 5). Estas infraestructuras retienen las aguas desbordadas aguas arriba y solo pueden ser evacuadas a través de las obras de paso existentes, que son las que en buena medida condicionan la inundación.

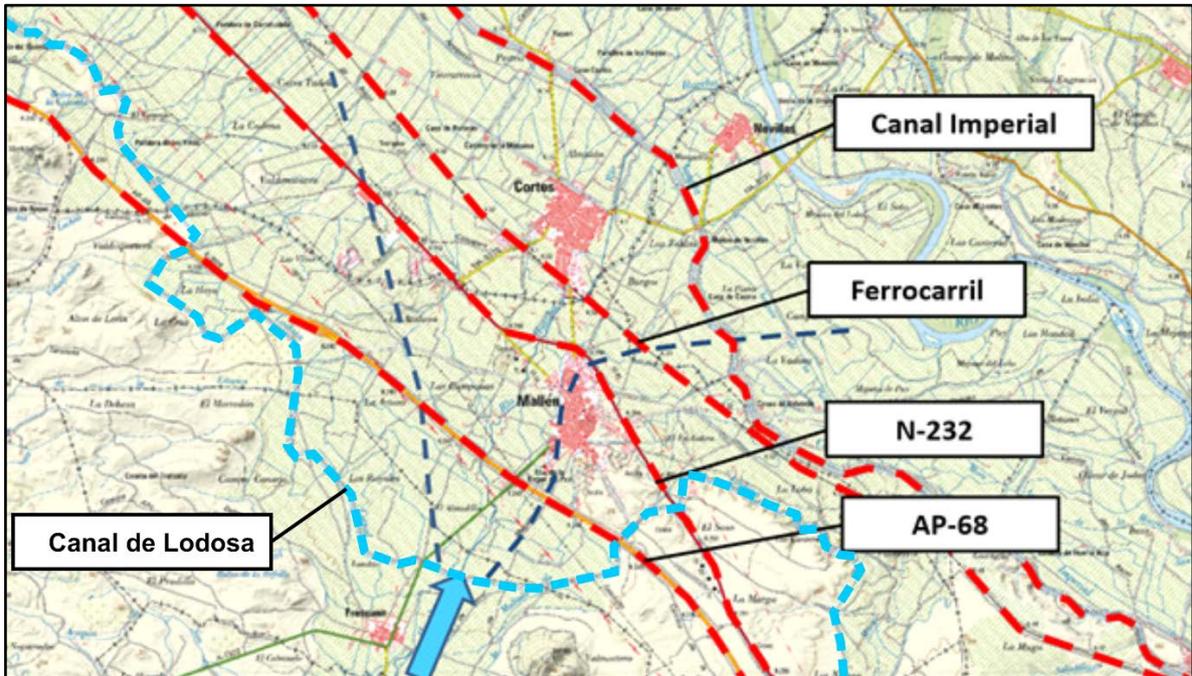


Figura 5. Infraestructuras transversales al río Huecha en el tramo de estudio (elaboración propia).

Además de las infraestructuras transversales citadas, el “cono de deyección” ha sufrido una transformación antrópica intensiva. Actualmente este terreno se ha subdividido en multitud de parcelas agrícolas, las cuales han sido niveladas en la dirección más propicia para su riego a manta⁴. También lo recorren caminos y acequias a diferente nivel y que impiden el retorno de las aguas desbordadas al cauce.

2.2. Modelo digital del terreno (MDT)

Uno de los trabajos realizados para el estudio es la elaboración de un modelo digital del terreno⁵ (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.

Primeramente se reproduce a gran escala el terreno, utilizando topografía LIDAR⁶ 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).

Seguidamente 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 6).

⁴ Por inundación, desde las zonas más hondas de la finca hacia las más elevadas.

⁵ El equivalente a una maqueta del terreno pero en un entorno digital.

⁶ Acrónimo del inglés Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging.

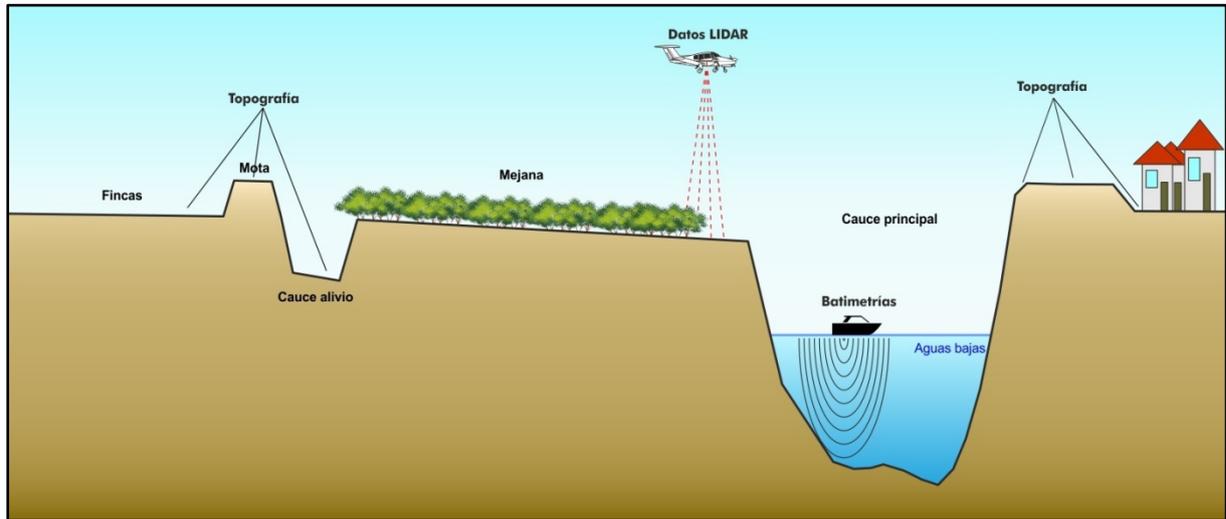


Figura 6. Esquema de la toma de datos realizada (elaboración propia).

El análisis del MDT ha corroborado la existencia de este cono de deyección y la dificultad de que las aguas desbordadas retornen al cauce (figura 7).

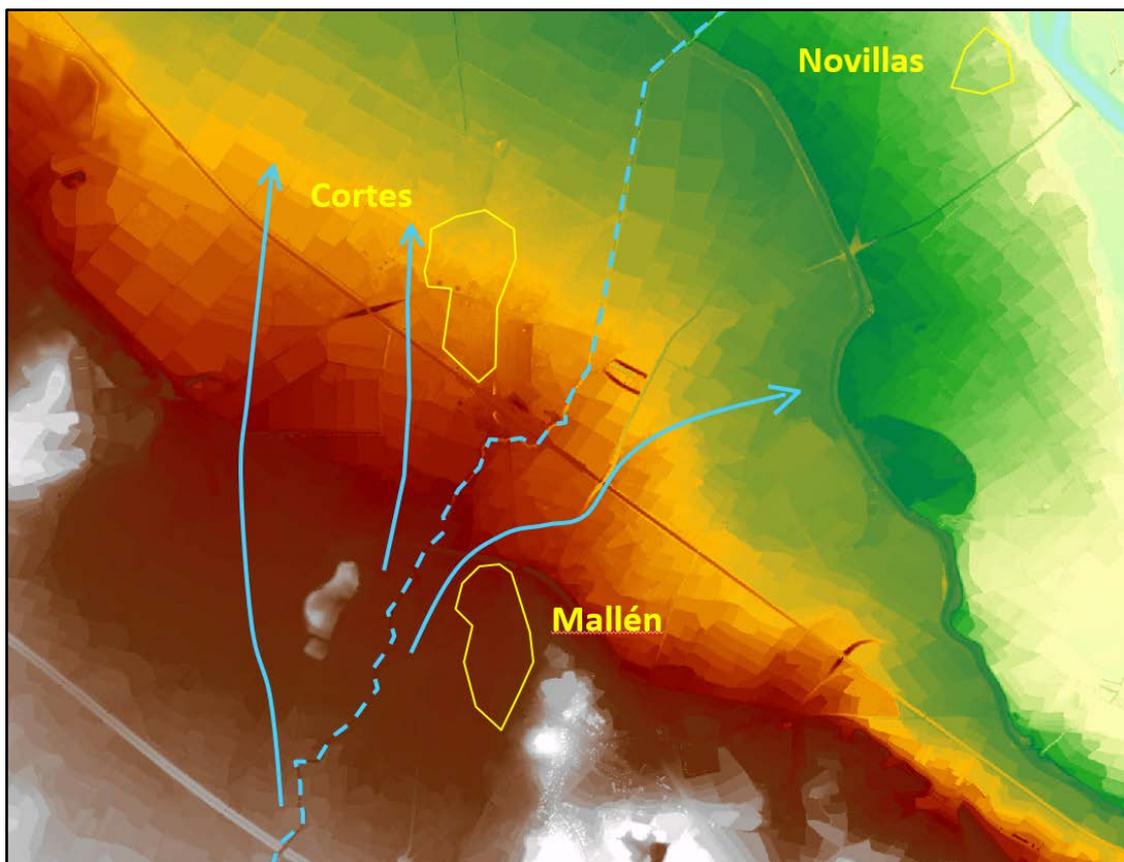


Figura 7. Fragmento del modelo digital del terreno. Colores blancos, rojizos y naranjas indican las zonas más elevadas y los tonos verde oscuro, verde claro, amarillo claro y azul las zonas más profundas, por ese orden (elaboración propia).

Del mismo modo se han inventariado y medido las múltiples obras de paso y obras de drenaje existentes en todas las infraestructuras. En total se han estudiado 50 obras de esta tipología en el tramo.

2.3. 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 inundación⁷.

En el caso de este tramo del río Huecha no existen referencias de caudales de las crecidas históricas. Por una parte, el tipo de crecidas, de corta duración y que se distribuye por todo el cono de deyección, dificultan enormemente su medición. Por otra parte, no existen datos de estaciones de aforo⁸, pues la única existente se construyó tras la avenida de 2004 a la altura de Cortes y, por su ubicación, solo mide los caudales que pasan por el paso del río Huecha bajo el ferrocarril, situado aguas arriba.

Por estos motivos, en este tramo se ha tratado de reproducir la crecida que se produjo en septiembre de 2004 y plantear actuaciones para evitar que se deriven afecciones a los núcleos urbanos.

El proceso por el que en los modelos hidráulicos se trata de reproducir con la mayor fidelidad posible una crecida concreta se denomina calibración. En este caso, se ha recurrido a las imágenes de las que se dispone de la crecida de septiembre de 2004 y se han reproducido diferentes caudales de avenida hasta conseguir una inundación similar a la ocurrida en ese momento (figura 8).

⁷ Elementos que miden la cantidad de agua que pasa por una sección concreta del cauce.

⁸ El equivalente a verter agua en la maqueta.



Figura 8. Calibración del modelo hidráulico con la avenida de 2004 (elaboración propia).

En este caso la crecida de diseño para la que se analizan los efectos producidos sobre las zonas urbanas es la de **2004**, y que de acuerdo con la calibración realizada supuso un caudal aproximado de **100 m³/s**.

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. En este tramo concreto también hay que tener en cuenta, además, que la gestión que se realice del sistema de riego puede condicionar en buena medida el comportamiento de la inundación. En este estudio se ha considerado que todas las tajaderas⁹ de riego se encuentran abiertas.

El resultado de la modelización se comenta en el apartado 4 "Estudio de Alternativas".

⁹ Compuertas accionables manualmente que permiten o impiden el paso de las aguas a través de una acequia de riego.

3. 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 las zonas urbanas para una avenida equivalente a la de septiembre de 2004.
- Proponer actuaciones para evitar su inundación, en el caso de que esta se produzca.

4. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

En el análisis de la simulación de la avenida objetivo, equivalente a la de septiembre de 2004 ($100 \text{ m}^3/\text{s}$ aproximadamente), se concluye que cuando el río Huecha alcanza la llanura aluvial del Ebro las aguas desbordadas se extienden y distribuyen a lo ancho y largo de todo el cono de deyección, haciendo imposible que estas puedan retornar al cauce (figura 9).

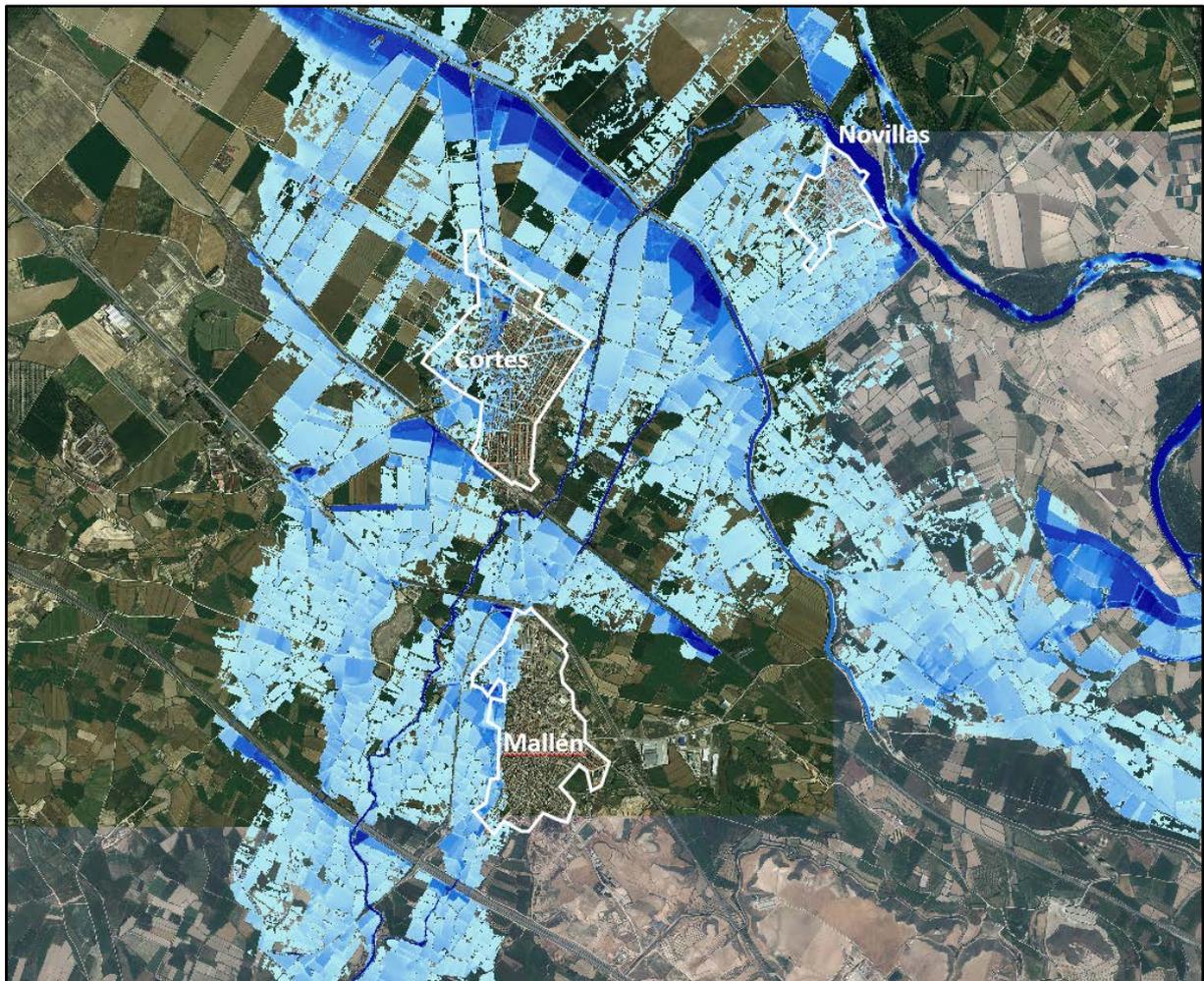


Figura 9. Resultados del modelo hidráulico para la avenida equivalente a la de septiembre de 2004 (elaboración propia).

Del mismo modo, se comprueba cómo las infraestructuras transversales potencian este fenómeno, funcionando como barreras, reteniendo las aguas, extendiendo la inundación y derivándolas a través de sus obras de paso y de drenaje.

4.1. Alternativas para evitar la inundación de los núcleos urbanos

Se han estudiado varias alternativas, encaminadas a proteger los núcleos de población frente a las aguas desbordadas del río Huecha.

Tal y como se ha comentado, las inundaciones del río Huecha se extienden a lo ancho de todo el cono de deyección y no resulta viable tratar de contenerlas en el cauce por mucho que se incremente su capacidad de desagüe en cualquiera de sus dimensiones (horizontal o vertical). Por lo tanto, se han estudiado distintas alternativas para derivar estas aguas desbordadas fuera de las zonas urbanas (figura 10).

La población de Mallén se encuentra en un lateral de este cono. Sin embargo, Cortes y Novillas se encuentran dentro del mismo, por lo que pueden verse inundados y rodeados por las aguas. Esta variada casuística condiciona la tipología de medidas a adoptar.

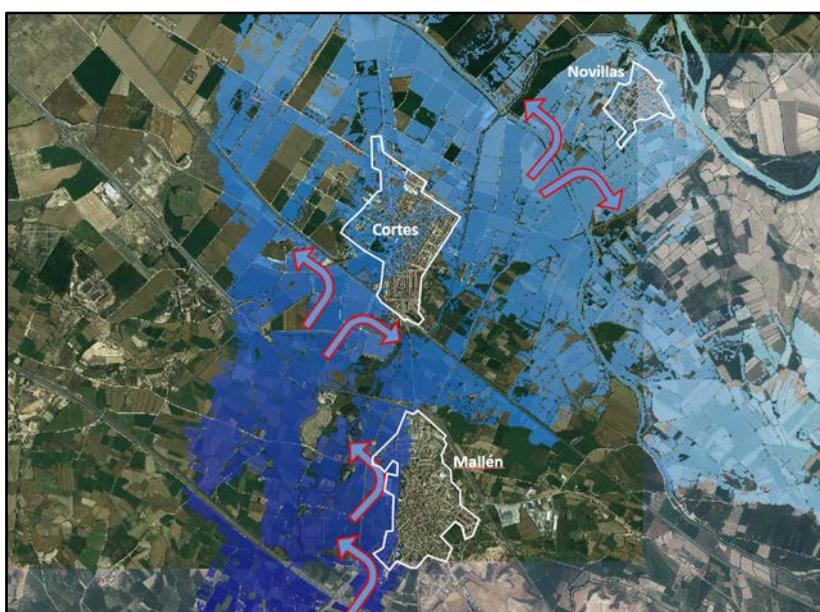


Figura 10. Planteamiento esquemático de defensa de los núcleos urbanos (elaboración propia).

El planteamiento adoptado en el diseño de las alternativas estudiadas ha sido utilizar las barreras existentes en la actualidad (caminos, carreteras, acequias, etc.) para conseguir perímetros estancos que rodeen las zonas urbanas y deriven las aguas hacia los terrenos laterales a la población.

4.2. Alternativas para reducir los efectos de las infraestructuras sobre el flujo

Las medidas anteriormente expuestas deben combinarse con la mejora de la permeabilidad de muchas de las infraestructuras existentes. En muchos casos, estas infraestructuras van a ser aprovechadas como elemento de protección de los núcleos urbanos, pero el “efecto presa” que producen incrementa el riesgo de rotura de la infraestructura y los daños aguas arriba, al registrarse mayores calados.

Evitar la inundación de los núcleos urbanos implicará derivar caudales hacia otras zonas menos vulnerables, por lo que hay que tener prevista una mejora de la capacidad de desagüe en estas zonas para evitar un incremento de los daños.

4.3. Descripción de la alternativa propuesta

La alternativa que se ha mostrado como más eficiente en las simulaciones y que cumple los condicionantes establecidos es una combinación de diferentes actuaciones.

En el entorno de Mallén las actuaciones serían las siguientes (figura 11):

- A. Permeabilización de la carretera CP-02 y de la autovía A-68 (N-232). Para dar paso a las aguas acumuladas junto a la población, en el primer caso, y para reducir la zona inundada en el segundo.
- B. Cierre perimetral del núcleo urbano, en dos zonas, para evitar que las aguas alcancen la zona urbana.
- C. Recrecimiento de la carretera CP-02 en un punto bajo que podría ser sobrepasado por las aguas.



Figura 11. Alternativa propuesta en el entorno de Mallén (elaboración propia).

En el entorno de Cortes las actuaciones serían las siguientes (figura 12):

- D. Recrecimiento de caminos para derivar las aguas desbordadas hacia el oeste.
- E. Apertura de vaguada para reconducir las aguas procedentes de las obras de paso del ferrocarril fuera de la zona urbana.
- F. Cierre perimetral del núcleo urbano, mediante la elevación de la mota del Huecha por el este y el recrecimiento de un camino por el oeste.
- G. Permeabilización de camino para evitar la acumulación de las aguas.

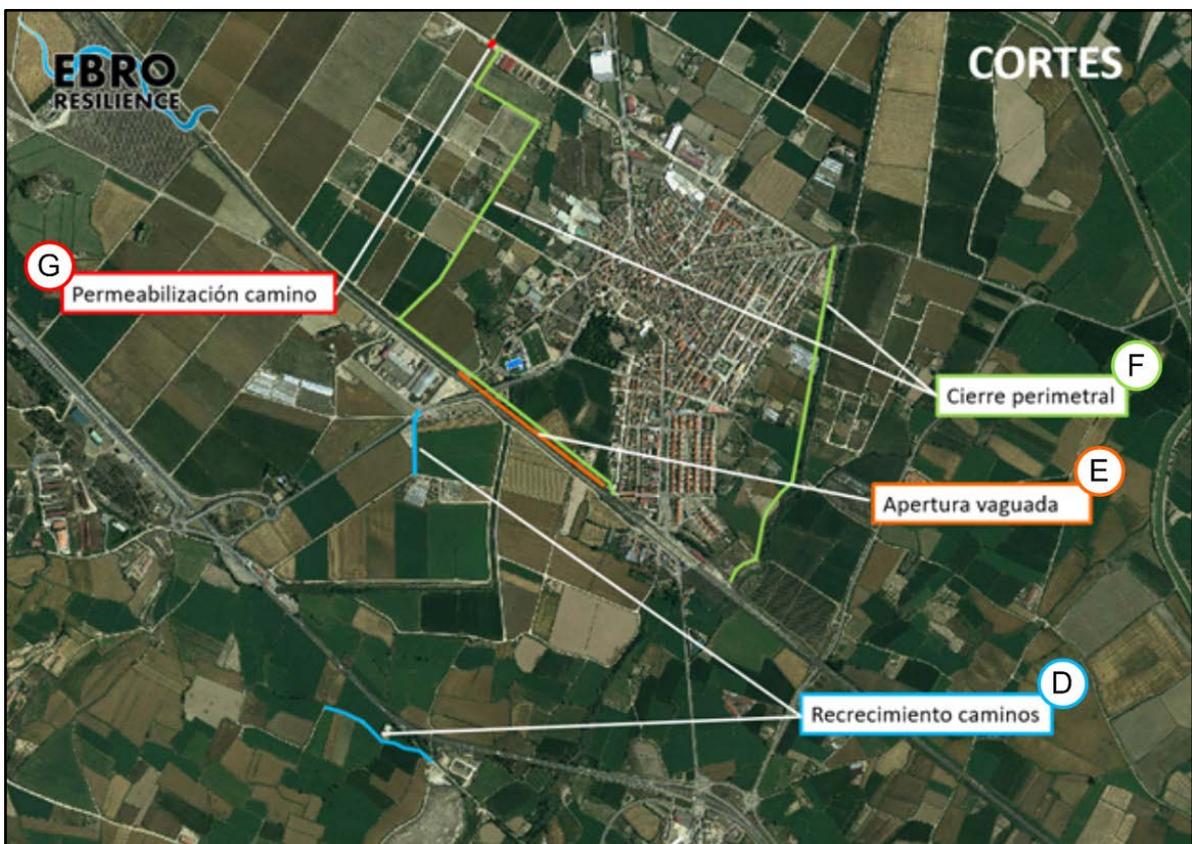


Figura 12. Alternativa propuesta en el entorno de Cortes (elaboración propia).

En el entorno de Novillas las actuaciones serían las siguientes (figura 13):

- H. Eliminación de la mota del río Huecha que evita el retorno de las aguas desbordadas, incrementando la capacidad de desagüe del cauce.
- I. Recrecimiento de la carretera CV-4/NA-5221 y del camino paralelo al cauce del Huecha. De esta forma se evita la entrada de las aguas al Canal Imperial de Aragón y su desbordamiento hacia el núcleo urbano de Novillas.
- J. Permeabilización del Canal Imperial de Aragón para dar salida a las derivadas por el recrecimiento de la carretera.



Figura 13. Alternativa propuesta en el entorno de Novillas (elaboración propia).

5. CONCLUSIÓN

Con la alternativa seleccionada como más eficiente se conseguiría evitar la inundación de los núcleos urbanos de Mallén, Cortes y Novillas para avenidas equivalentes a la producida en septiembre de 2004.

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.

6. ¿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.