PROYECTO DE RESTAURACIÓN HIDROMORFOLÓGICA Y AMBIENTAL DEL RÍO ELORZ,

A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE MONREAL – NAVARRA

DOCUMENTO 1.- MEMORIA Y ANEJOS



OCTUBRE 2021

PROYECTO DE RESTAURACIÓN HIDROMORFOLÓGICA Y AMBIENTAL DEL RÍO ELORZ, A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE MONREAL – NAVARRA

DOCUMENTO 1.- MEMORIA Y ANEJOS

1 INTRODUCCIÓN 3
1.1 EQUIPO REDACTOR 4
1.2 OBJETIVOS 5
1.3 ÁMBITO DEL PROYECTO 6
2 PROPUESTAS VALORADAS PARA LA MEJORA DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS Y DE LA CONECTIVIDAD 8
3 FASES DE EJECUCÍÓN DE LA PROPUESTA 15
3.1 FASE I.- ENTORNO DEL PUENTE MEDIEVAL Y CAMINO DE SANTIAGO. 15
3.2 FASE II. APERTURA DEL CANAL DEL RÍO 16
4 INTERVENCIONES EN FASE I 17
4.1 INTERVENCIONES DE MEJORA DE LAS CONDICIONES HIDROMORFOLÓGICAS Y DE LA CONECTIVIDAD 17
4.1.1 Retirada de los rellenos junto al puente Medieval 17
4.1.2 Rebaje de la escollera existente 22
4.2 NUEVO SENDERO PARA EL CAMINO DE SANTIAGO 26
5 INTERVENCIONES EN FASE II 28
5.1 INTERVENCIONES DE MEJORA HIDROMORFOLÓGICA Y DE LA CONECTIVIDAD 28
5.1.1 Apertura del canal del río Elorz entre el Puente Nuevo y la escollera. 28
5.2 RESTAURACIÓN DE LAS RIBERAS CON MAYOR RIESGO DE EROSIÓN 33
5.2.1 Análisis de las zonas de mayor riesgo 34
5.2.2 Consolidación de las riberas aguas abajo del Puente Medieval mediante entramado vivo de doble pared 35
5.2.3 Consolidación de zonas con riesgo de erosión entre el vado de hormigón y el Puente Nuevo con esteras de ramas 39
6 LABORES DE REGENERACIÓN A EJECUTAR EN AMBAS FASES 45
6.1 REGENERACIÓN DEL BOSQUE DE RIBERA 45
6.1.1 Plantación de árboles y arbustos propios del bosque de ribera 45
6.1.2 Hidrosiembra de todas las superficies afectadas. Recuperación de la cubierta herbácea46
7 MEDIDAS PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS 48
7.1 ACCESOS 48
7.2 MAQUINARIA 48
7.3 DESTINO DE LOS EXCEDENTES DE EXCAVACIÓN 48

7.4 MEDIDAS GENERALES DE CORRECTA EJECUCIÓN 49

7.4.1 Movimientos y control de la maquinaria 49

7.4.2 Acopios e instalaciones auxiliares 49

7.4.3 Buenas prácticas respecto a la inundabilidad 50

7.4.4 Épocas de ejecución y protección de la fauna 50

7.4.5 Protección a la vegetación que permanece 51

8 PLAZOS DE EJECUCIÓN Y PLAN DE OBRA 52

9 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y FUENTES DE DOCUMENTACIÓN 53

1 INTRODUCCIÓN

El presente proyecto se redacta a petición del Ayuntamiento de Monreal (Navarra), que manifiesta su voluntad de acometer la mejora hidromorfológica y ambiental del cauce del río Elorz, a su paso por este municipio.

La propuesta que aquí se recoge se basa en las conclusiones de una primera fase anterior de estudio llevada a cabo por este mismo equipo redactor, en la que se realizó el modelo hidráulico del cauce y se testaron diferentes soluciones, buscando la alternativa que optimizase la ganancia hidráulica y ecológica, a un menor coste económico y con menos impactos ambientales ocasionados por la ejecución de las obras.

En esa fase previa, se valoraron y compararon varias propuestas de alternativas de intervención consensuadas con el Ayuntamiento, y que se estimaban a priori de interés para la mejora pretendida, concretamente:

- Retirada de la escollera de la margen izquierda
- Retirada del relleno aguas arriba del Puente Medieval, margen izquierda, y de los acarreos junto al puente en esta misma margen
- Apertura del cauce por excavación de la parcela 129 B – Polígono 3, entre el puente nuevo y el vado de hormigón, margen izquierda
- Mejora de la capacidad hidráulica del Puente Nuevo mediante la apertura del mismo en la margen izquierda, colocando un nuevo vano o aliviadero mediante un marco prefabricado de hormigón
- Restauración vegetal y consolidación de los tramos de las márgenes más degradados con revegetación y bioingeniería

Tal y como puede extraerse del Estudio de Alternativas que se adjunta como Anejo, las mejores intervenciones seleccionadas, con las que se logran mejoras sensibles, y que por tanto conforman el presente proyecto son, ordenadas de aguas arriba hacia aguas abajo:

- Retirada de la parte de cabecera, o primera línea de piedras de la escollera existente tras el vado de hormigón.
- Retaluzado, tendiendo el talud de ribera y dándole mayor apertura al canal del río para ganar sección hidráulica y recuperar sus funciones como corredor, desde el final de la escollera hasta el puente nuevo, margen izquierda

- Retirada del relleno antrópico aguas arriba del puente medieval, margen izquierda.
- Recreación en esta zona de una terraza fluvial inundable, que favorezca la conectividad transversal, a la vez que se recupera la accesibilidad, y la conexión, física pero también psicológica, de los habitantes de Monreal con su río.
- Retirada de rellenos antrópicos menores en esta misma margen, inmediatamente aguas abajo del Puente Medieval.
- Consolidación de riberas en riesgo de erosión o inestables mediante bioingeniería. Concretamente, se tratarán los puntos que presentan más riesgo:
    - Tramo aguas abajo del puente Medieval, margen derecha, que actualmente presenta ya claros síntomas de erosión severa, colindante con el Parque de la Barbacoa. En este tramo se prevé aplicar técnicas de cierta intensidad.
    - Toda la ribera entre el puente Nuevo y el puente Medieval, margen derecha.
- Finalmente, se contemplan medidas de regeneración del bosque de galería en toda la zona intervenida.

1.1 EQUIPO REDACTOR

ECOINGENIA ha reunido un equipo de trabajo compuesto por técnicos expertos en cada una de las materias necesarias, bajo la dirección de **Mercedes Valenzuela, Licenciada en Biología y experta en Paisajismo**.

Mercedes Valenzuela, es **Licenciada en Biología y experta en Paisajismo** y Bioingeniería, colegiada nº 19218_ARN, con 15 años de experiencia en el diseño de proyectos.

El equipo técnico que se pondrá al servicio de este contrato se podrá completar con los siguientes expertos, en función de las necesidades:

Leticia Carrero Díez, Ingeniera Técnica Forestal, Licenciada en Ciencias Ambientales y Máster en Erosion and Soil and Water Conservation. Experta en Sistemas de Información Geográfica y Modelos hidráulicos e hidrológicos aplicados a trabajos de restauración de ríos y de cuencas.

Isabel de la Morena, Doctora en Ciencias Biológicas y Paisajista, colegiada nº 1.222-G del COBCM, con más de 25 años de experiencia y cientos de proyectos realizados.

Ana Herreras Moratinos, licenciada en biología y experta en medioambiente.

1.2 OBJETIVOS

Los objetivos del proyecto promovido por el Ayuntamiento son:

- Mejorar las condiciones hidromorfológicas, evitando inundaciones de avenida como las sufridas en temporadas anteriores.
    - Proteger el camino de las huertas y evitar reconstrucciones periódicas del mismo.
    - Proteger y consolidar la calle Barrio Abajo y plaza de Santa Bárbara.
- Recuperar la biodiversidad fluvial, la vegetación de ribera y la continuidad del bosque ripario en este tramo, y con las zonas adyacentes.
- Retornar al río su llanura de inundación, al menos en parte, y su continuidad transversal.
- Mejorar la calidad de las aguas.
- Reducir los procesos erosivos y consolidar las riberas con técnicas de bioingeniería para evitar desprendimientos y deslizamientos.
- Recuperar la vista completa del puente Medieval, retirando rellenos antrópicos que la interfieren, de manera que se permita la interpretación y descubrimiento de los valores del lugar.
- Regenerar el Camino de Santiago en este tramo, ubicándolo junto al río por su margen izquierda, paralelo a él.
- Promover el uso de la campa junto al río (Parque de la Barbacoa), integrando la ribera como elemento de valor en el nuevo diseño.
- Si fuese posible, integrar en el diseño una zona de playa fluvial que posibilite el baño, o sencillamente el acceso al río.
- Partir de los materiales existentes y reutilizar en la medida de lo posible el material de las demoliciones y movimientos de tierra en la propia obra.



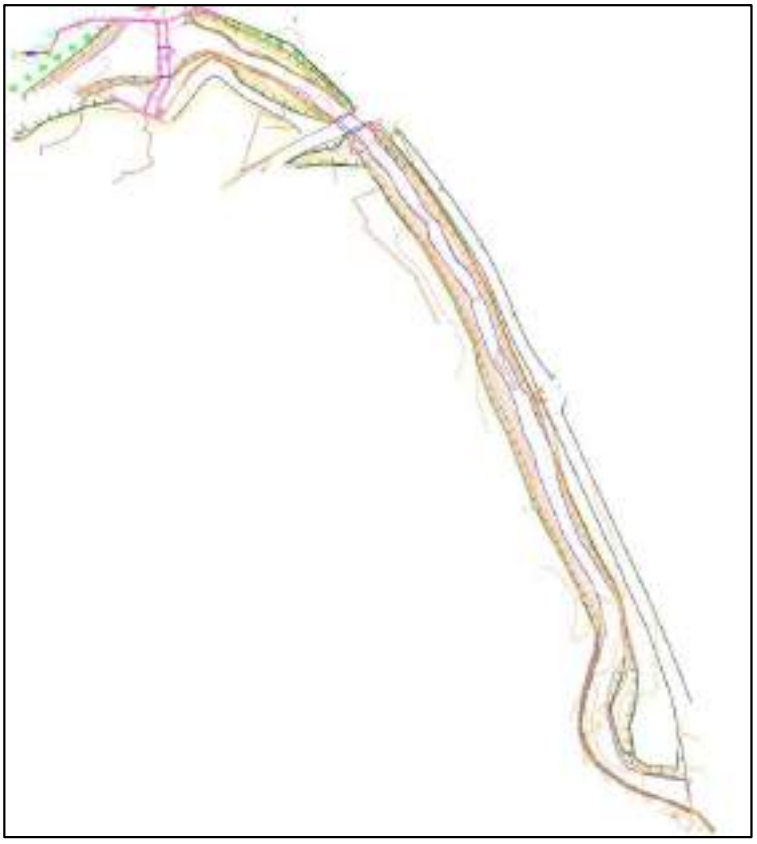
Escollera en la margen izquierda

1.3 ÁMBITO DEL PROYECTO

El ámbito que ocupa este estudio se localiza íntegramente en el término municipal de Monreal, y se corresponde con el tramo del río Elorz más relacionado con la zona urbanizada.



Ámbito del proyecto



Planta general del ámbito del proyecto, estado actual

2 PROPUESTAS VALORADAS PARA LA MEJORA DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS Y DE LA CONECTIVIDAD

El municipio de Monreal presenta problemas de inundabilidad, que afectan especialmente al camino de las huertas, y al propio casco urbano, tanto a la zona de aparcamiento de la parte baja, como a la Plaza de Santa Ana y al Parque de la Barbacoa.



Resultados de calados alcanzados en la simulación Q25. Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida en Iber.



Resultados de velocidades alcanzadas en la simulación Q25. Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida en Iber.



Resultados de calados alcanzados en la simulación Q5. Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida en Iber.



Resultados de velocidades alcanzadas en la simulación Q5. Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida en Iber.

Puede observarse que incluso para un período de retorno de 5 años, los efectos de las inundaciones son remarcables.

Como primera aproximación, se detectaron 3 elementos que aparentemente pueden estar comprometiendo la capacidad hidráulica:

- **Escollera** de tamaño relevante, localizada en el tramo aguas arriba de la zona de estudio, margen izquierda. Tras modelar los efectos hidráulicos de la retirada de este elemento, se comprobó que no se generaba ninguna mejora relevante (Ver anejo II.- Estudio de Alternativas y valoración hidromorfológica), por lo que no se ha incluido su retirada total en el presente proyecto, pero sí el desmontaje de la parte alta para minimizar su altura.



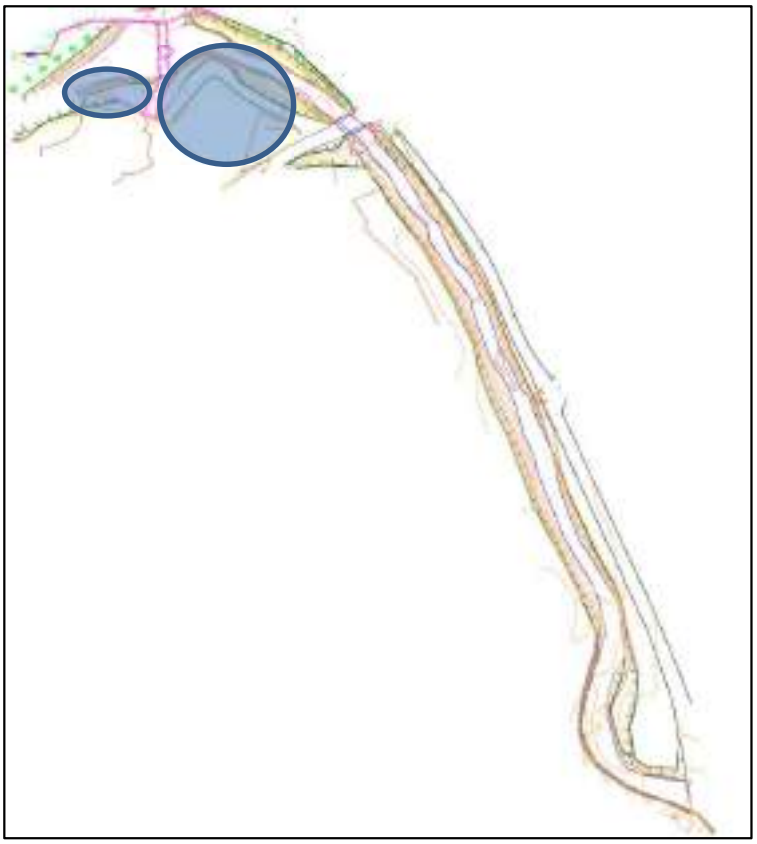
Escollera aguas arriba, margen izquierda



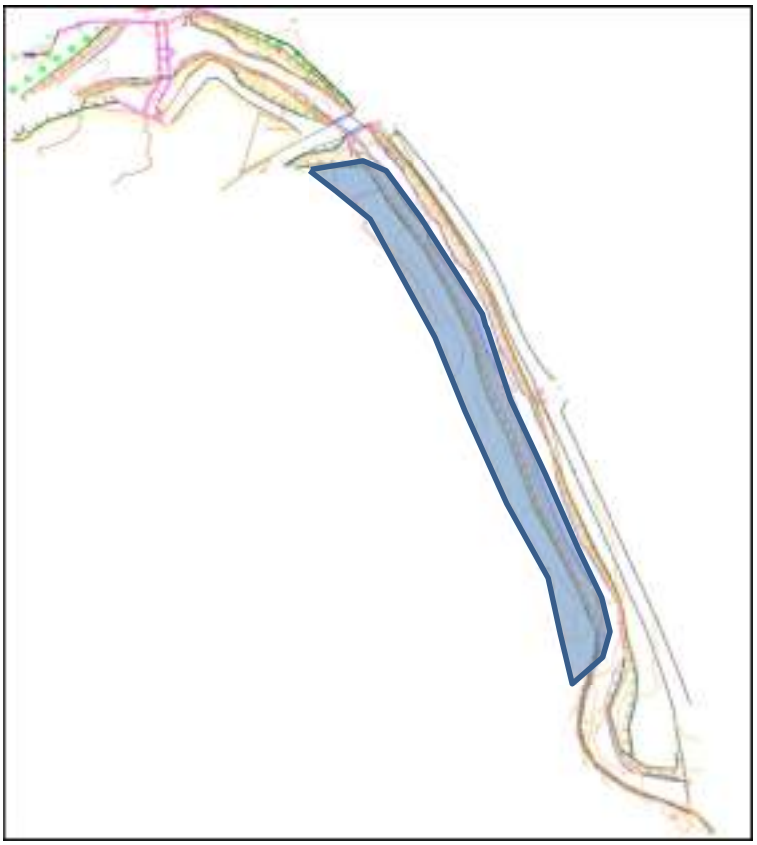
- **Relleno antrópico** que prácticamente tapa el lado izquierdo del puente Medieval, generando una plataforma elevada, y haciendo muy difícil observar este elemento patrimonial en su totalidad desde aguas arriba, y que invade también el cauce aguas abajo del mismo.



Relleno aguas arriba del puente medieval, margen izquierda



- Además, todo el tramo entre puentes, al igual que pasa de forma generalizada en los ríos de la cuenca y de la zona, se ha ido invadiendo por el **relleno y avance de las tierras de cultivo**. Se ha simulado los efectos que tendría modificar la morfología del cauce entre el Puente Nuevo y el vado de hormigón en su margen izquierda, a la vista de fotos históricas que ponen de manifiesto cómo el Elorz tenía más anchura disponible en el pasado. Los resultados obtenidos analizando en el modelo bidimensional esta propuesta ponen de manifiesto que la mejora obtenida con la restauración morfológica de este tramo del cauce en su margen izquierda es relevante. Se plantea por tanto la acción de tender esa ribera y abrir la capacidad hidráulica en ese tramo.



3 FASES DE EJECUCÍÓN DE LA PROPUESTA

Para facilitar la ejecución de esta propuesta, se ha dividido el proyecto completo en dos fases de ejecución de la siguiente manera:

3.1 FASE I.- ENTORNO DEL PUENTE MEDIEVAL Y CAMINO DE SANTIAGO.

La primera fase de obra incluirá los trabajos en dos focos:

- Tratamiento del entorno del Puente Medieval:
    - M**ejora hidráulica** mediante la retirada de los rellenos antrópicos en margen izquierda, aguas arriba y aguas abajo del puente,
    - R**egeneración de estas riberas**, creando una zona de apertura de la llanura de inundación a modo de playa fluvial
    - Regeneración del **bosque de galería** en esta zona

- C**onsolidación con bioingeniería de la ribera de la margen derecha** a esta altura, tratando el talud colindante con el Parque de la Barbacoa.

- Recreación del Camino de Santiago en la margen izquierda y tratamiento de la escollera:
  - **Rebaje de la escollera** aguas abajo del vado de hormigón, margen izquierda, hasta una altura aproximada de 2 m
  - **Integración mediante técnicas de bioingeniería** de la parte de escollera que permanece
  - Creación del **sendero para el Camino de Santiago** conectado por la margen izquierda la pasarela peatonal, hasta el Puente Medieval.

3.2 FASE II. APERTURA DEL CANAL DEL RÍO

En una segunda fase se llevarán a cabo estas intervenciones

- Apertura del canal del río y restauración de la margen izquierda
  - Excavación de la ribera creando un cauce de aguas bajas y una terraza de inundación ampliada
  - Consolidación con bioingeniería de los puntos más delicados por velocidades del agua y tensión tangencial en avenido, según estudio hidráulico bidimensional
  - Revegetación con especies propias del bosque de ribera de toda la zona
- Restauración y consolidación de la margen derecha, en el tramo del camino de las Huertas
  - Consolidación con bioingeniería de los puntos más delicados por velocidades del agua y tensión tangencial en avenido, según estudio hidráulico bidimensional
  - Revegetación con especies propias del bosque de ribera de los puntos en los que actualmente se interrumpe el arbolado
- Restauración y consolidación de la margen derecha, en el ámbito del parque de la Barbacoa
  - Consolidación con bioingeniería de la zona aguas abajo del puente Medieval

4 INTERVENCIONES EN FASE I

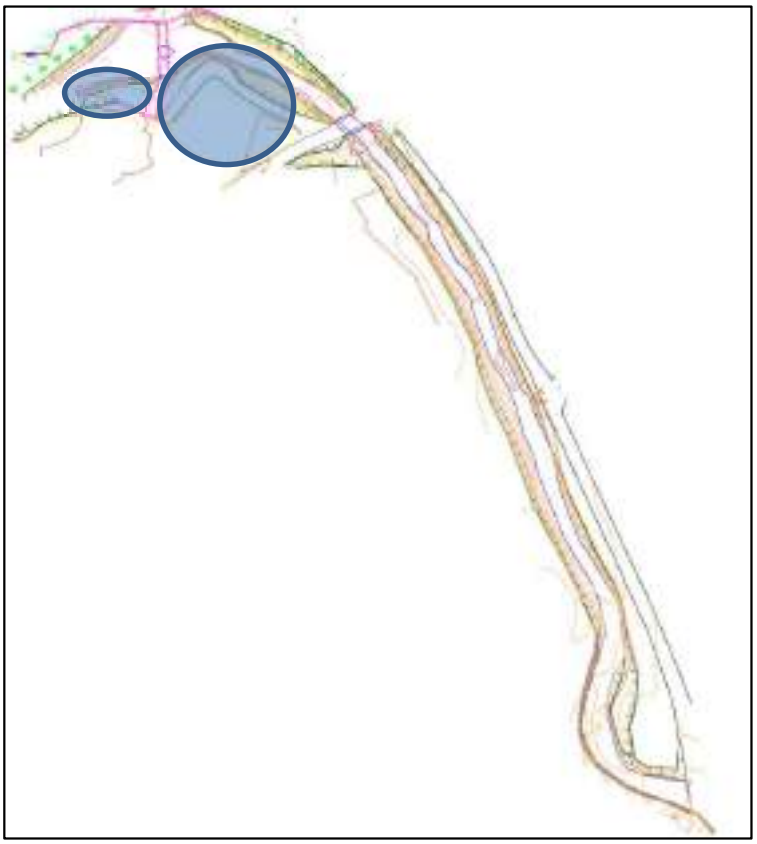
Las intervenciones que se definen en el presente proyecto para alcanzar los objetivos de mejora planteados, se describen a continuación.

4.1 INTERVENCIONES DE MEJORA DE LAS CONDICIONES HIDROMORFOLÓGICAS Y DE LA CONECTIVIDAD

4.1.1 Retirada de los rellenos junto al puente Medieval

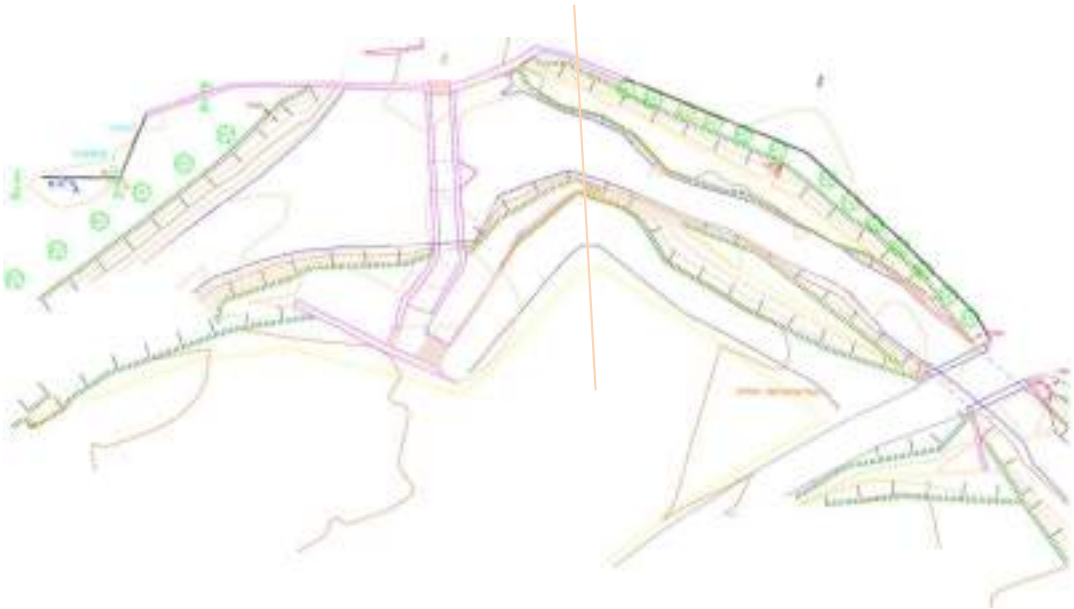
Este relleno genera una terraza elevada, sustentada en parte por un muro de piedra, que encajona el cauce y hace que el puente no se pueda apreciar en su totalidad al verlo desde el pueblo, quedando el estribo izquierdo prácticamente oculto.

La longitud de ribera afectada por él es de unos 60 m entre los dos puentes, y de 30 m aguas abajo del puente Medieval. El relleno tiene una altura total de 3 m.

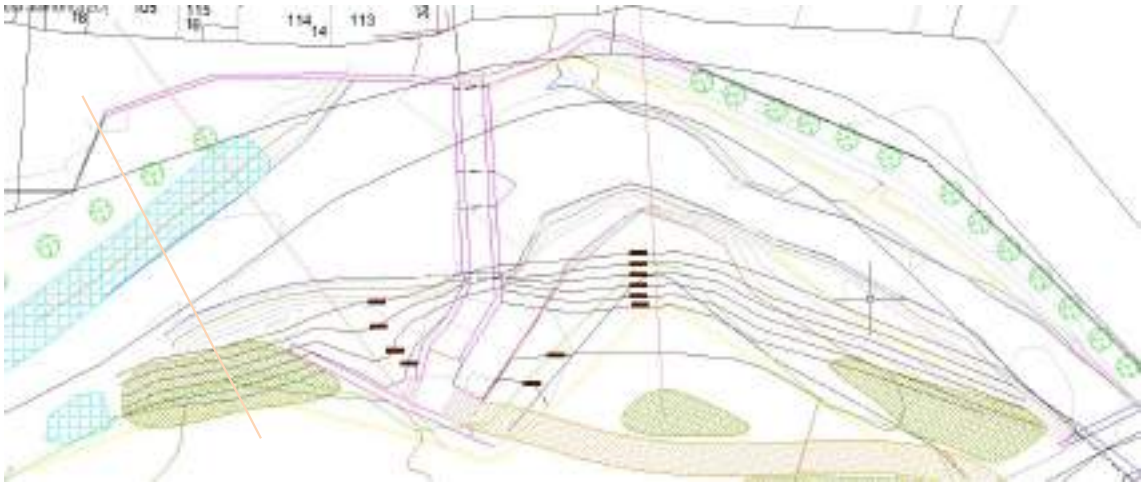




Localización de los rellenos a retirar

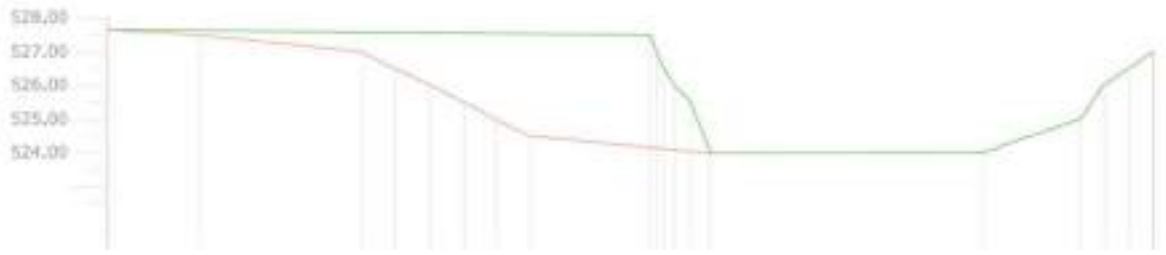


Planta de la zona del relleno, estado actual

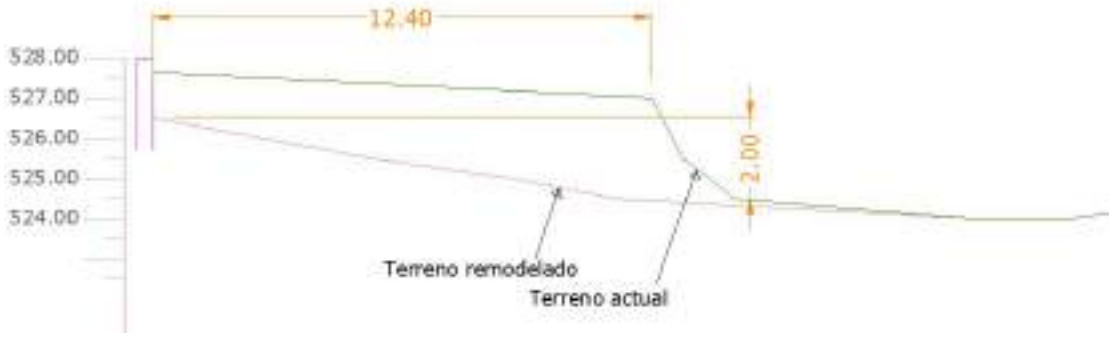


SECCIÓN E SECCIÓN D SECCIÓN C

Planta de la zona del relleno, estado intervenido



Sección tipo C, aguas arriba del Puente Medieval:
_____ Terreno actual (verde)
_____ Perfil intervenido (naranja)



Sección tipo D, aguas abajo del Puente Medieval:
_____ Terreno actual (verde)
_____ Perfil intervenido (naranja)



Sección tipo E, aguas abajo del Puente Medieval:
_____ Terreno actual (verde)
_____ Perfil intervenido (naranja)

Para la retirada de estos rellenos, se establecen las siguientes medidas:

Se llevará a cabo un replanteo previo de detalle sobre el terreno, que deberá será aprobado por la Dirección de obra antes de iniciar la excavación.

Accesos

No se habilitarán nuevos accesos a la zona. Se empleará únicamente la carretera de la Higa, y desde allí todo el tránsito se llevará a cabo por el interior de la propia obra.



Tránsito y punto de acceso al tajo

Existirá por tanto un único punto de acceso a esta zona de obra, que se señalizará adecuadamente.

En los momentos de entrada o salida de camiones, estas maniobras contarán con la señalización de un palista.

Maquinaria a emplear

La excavación y retirada de los rellenos se llevará a cabo con retroexcavadora de oruga de goma, del menor tonelaje posible:

- POTENCIA NETA: ISO 9249 entre 70 y 110 kW
- PESO DE FUNCIONAMIENTO: menos de 16 tn
- PROFUNDIDAD MÁXIMA DE EXCAVACIÓN: mínimo 5500 mm





La carga se hará en camiones adecuados para el transporte del material que no pueda ser reutilizado dentro de la propia obra. Se emplearán camiones rígidos con volquete, los cuales tienen una potencia de poco más 400 CV y una capacidad de 17,5 metros cúbicos.

Forma de ejecución

Todo el remodelado se realizará desde la parte alta de la ribera, sin que en ningún momento la maquinaria entre en contacto con el cauce.

Se irá desmontando el relleno desde la zona más cercana al río y de más altura, para ir bajando y retirándose hacia afuera progresivamente.

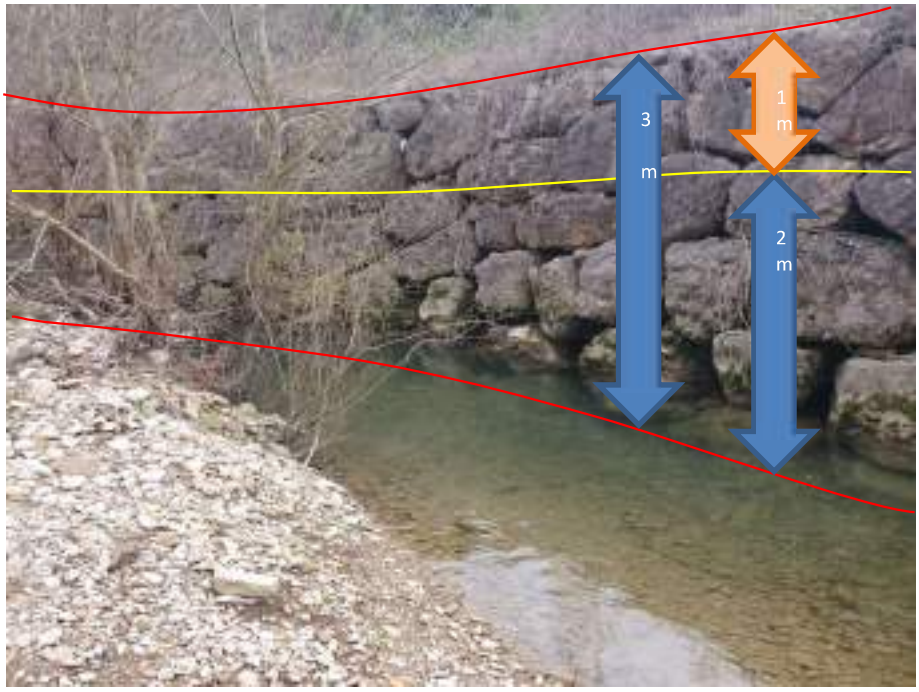
El trabajo progresará comenzando por el límite aguas abajo, y se llevará a cabo por bandas de excavación. De esta manera, la propia máquina irá restaurando su zona de tránsito conforme va avanzando el tajo, dejando la zona totalmente libre de rodadas en su avance de salida.

Se trabajará con aguas bajas, para evitar problemas de erosión o de aporte de sólidos en suspensión a las aguas del río.

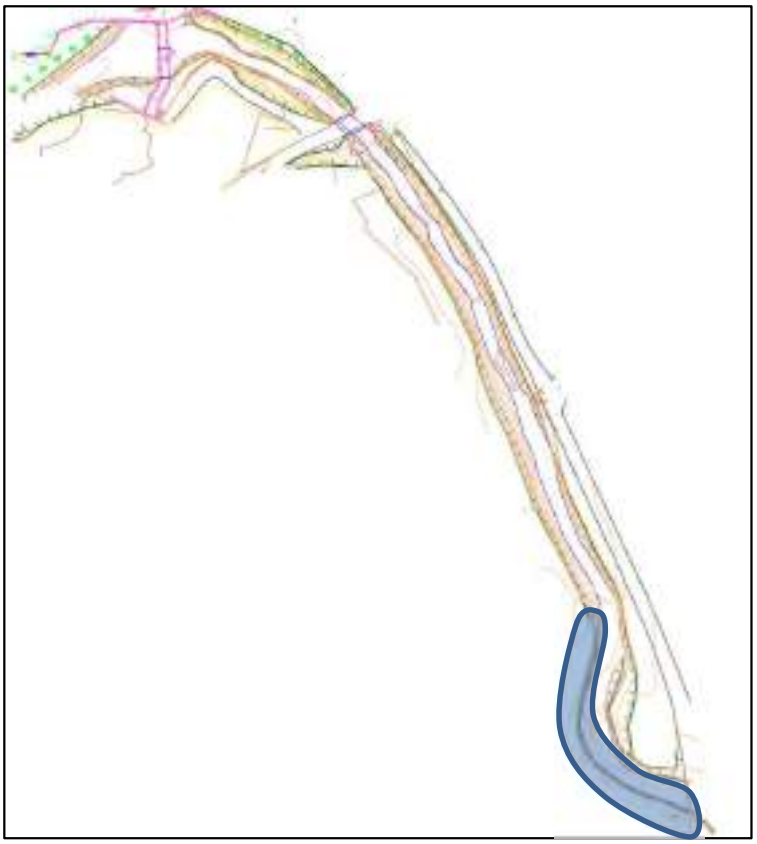
4.1.2 Rebaje de la escollera existente

Se llevará a cabo también en Fase I el descabezado y rebaje de la escollera existente. Si bien se ha comprobado que su retirada completa no genera mejoras sustanciales desde el punto de vista hidráulico, sí se valora positivamente el rebajarla, mejorando la transitabilidad de la ribera para la fauna, y con una considerable ganancia paisajística, pues actualmente este elemento tiene una altura exagerada.

Se plantea la retirada de la línea de piedras superior a lo largo de todo el elemento.



La escollera tiene una altura variable, alrededor de los 3 m. Se propone retirar el primer metro, dejándola de una altura aproximada de 2 m.



Esta escollera tiene 81,5 m de largo, y está construida mediante bloques de piedra recibidos en seco. Su anchura oscila entre 110 cm, y 190 cm, según las zonas, siendo típicamente de 140 cm.

La altura es menor en los extremos (alrededor de los 2,40 m), llegando puntualmente a superar los 3,80 m en la zona central. La altura media se encuentra alrededor de los 3,00 m.

Se propone rebajarla en una tercera parte, retirando el primer metro, de manera que queden aproximadamente los 2 m inferiores (algo más en la parte central). Esta parte baja es interesante, pues la escollera está absorbiendo la energía de las aguas en avenida en este punto de curva del cauce, donde podrían llegar a tener efectos bastante importantes de erosión.

Se remodelarán ligeramente las tierras en cabecera de la escollera que permanece, con una pendiente suave hasta el encuentro con el terreno en su estado actual.

Como medida para potenciar la integración de parte de la escollera que va a permanecer, se llevará a cabo su estaquillado con estacas de *Salix atrocinerea* en parada vegetativa, desde su base hasta la línea del terreno en contacto con la cabecera.



Sección tipo de intervención de la escollera

Para el rebaje de la escollera, se establecen las siguientes medidas:

Se llevará a cabo un replanteo previo de detalle sobre el terreno, que deberá ser aprobado por la Dirección de obra antes de iniciar la retirada.

Accesos

No se habilitarán nuevos accesos a la zona. Se empleará únicamente el camino de las huertas, y el vado de hormigón, accediendo a la cabecera de la escollera por el sendero existente.

Existirá por tanto un único punto de acceso a esta zona de obra, que se señalizará adecuadamente.



Tránsito y punto de acceso al tajo

Maquinaria a emplear

La retirada de los bloque de escollera se llevará a cabo con retroexcavadora de oruga de goma, del menor tonelaje posible:

- POTENCIA NETA: ISO 9249 entre 70 y 110 kW
- PESO DE FUNCIONAMIENTO: menos de 16 tn
- PROFUNDIDAD MÁXIMA DE EXCAVACIÓN: mínimo 5500 mm

La carga se hará en camiones adecuados para el transporte de los bloques que no puedan ser reutilizados dentro de la propia obra. Se emplearán camiones rígidos con

volquete, los cuales tienen una potencia de poco más 400 CV y una capacidad de 17,5 metros cúbicos.

Los bloques que puedan ser reutizados en la propia obra, especialmente como base de los entramados vivos, podrán en caso necesarios romperse en piezas más pequeñas empleando una pica o martillo hidráulico que se acople a la misma retroexcavadora.

Forma de ejecución

El desmontaje de la escollera o se realizará desde la parte alta de la misma, colocando la retroexcavadora en el camino existente, sin que en ningún momento la maquinaria entre en contacto con el cauce.



Se irá desmontando bloque por bloque con sumo cuidado, comenzando desde el extremo aguas abajo y continuando hacia aguas arriba, de forma que la máquina vaya dejando terminado el terreno según sale del tajo, dejando la zona totalmente libre de rodadas y el sendero en las condiciones iniciales.

La máquina contará con cuchara de pinzas para asegurar un manejo delicado de los bloques a retirar.

4.2 NUEVO SENDERO PARA EL CAMINO DE SANTIAGO

El camino actual por el que discurren los peregrinos no los lleva directamente al puente medieval. En caso de querer acceder a él, es necesario realizar un pequeño rodeo, cruzando previamente por el puente Nuevo.

Por ello es voluntad del Ayuntamiento, como medida de mejora de este camino, y apoyo para dar mayor relevancia al puente medieval, la ejecución de un nuevo tramo de camino de peregrinos, por el que se accede directamente al puente, obteniendo una vista de todo el pueblo mucho más atractiva según se aproximan, y permitiendo

poner en valor el puente, que una vez se vea liberado de los rellenos quedará además perfectamente visible en su totalidad.



La propuesta, para dar mayor relevancia al puente medieval, es la ejecución de un nuevo tramo de camino por el que se accede directamente al puente, es decir, por la margen izquierda, ya remodelada y recuperada, evitando el camino de las Huertas.

El camino a rehabilitar será un sendero, de características y dimensiones sencillas y reducidas. Se ha propuesto que este nuevo sendero tenga una achura de 3,00 metros, de forma que puedan convivir peatones y ciclistas. Para ello, se han evitado los pavimentos duros o impermeables y únicamente se afianzará el firme del sendero con la aportación de un todouno de limpieza compactado, que ayude a mantener la vegetación controlada y evite un excesivo trabajo de mantenimiento o desbroces periódicos, a la vez que lo hace más cómodo para los usuarios.

Su longitud es de 353 metros.

En primer lugar, se desbrozará el terreno. Se evitará en todo caso la tala de arbolado adulto, sorteando los troncos de los ejemplares de diámetro superior a 30 cm.

Posteriormente, se rasanteará el terreno, se escarificará en una profundidad de 30 cm, y se compactará la superficie del camino, de manera que queda ésta preparada para la aplicación del firme.

Se extenderá sobre la plataforma del camino preparada una capa de 25 cm de todouno de zahorra artificial, compactado por toda su anchura.

Se recebará con 3 cm de arena caliza.



5 INTERVENCIONES EN FASE II

5.1 INTERVENCIONES DE MEJORA HIDROMORFOLÓGICA Y DE LA CONECTIVIDAD

5.1.1 Apertura del canal del río Elorz entre el Puente Nuevo y la escollera.

Además, se plantea otra intervención con gran repercusión de mejora de la mejora hidráulica, la apertura y ensanche del actual cauce en el tramo indicado, por su margen izquierda. Mediante el modelo confeccionado, se ha confirmado que esta medida logra que se minimice la inundabilidad en la zona urbana, actualmente en precario, evitando entre otra cosas que se inunde la plaza, por lo que intervenir en esta parcela se considera clave dentro del proyecto.

Se ha seleccionado esta intervención tras analizar otras que a primera vista parecían más efectivas, como era la retirada de la escollera aguas arriba, y que como se deduce en el estudio de alternativas que se adjunta como anexo, no obtienen la ganancia que sí se logra con la recuperación de la sección del canal de río en este tramo.

Se adjunta una serie de ortofotos históricas sobre las que se ha superpuesto el catastro actual, con las que se puede tener una idea de cómo esa banda era ocupada por el rio, de mayor anchura en este tramo en épocas pasadas. La parcela que se intervendrá es la identificada como 129 B:



Catastro sobre Ortofoto, estado actual. Fuente: IDENA



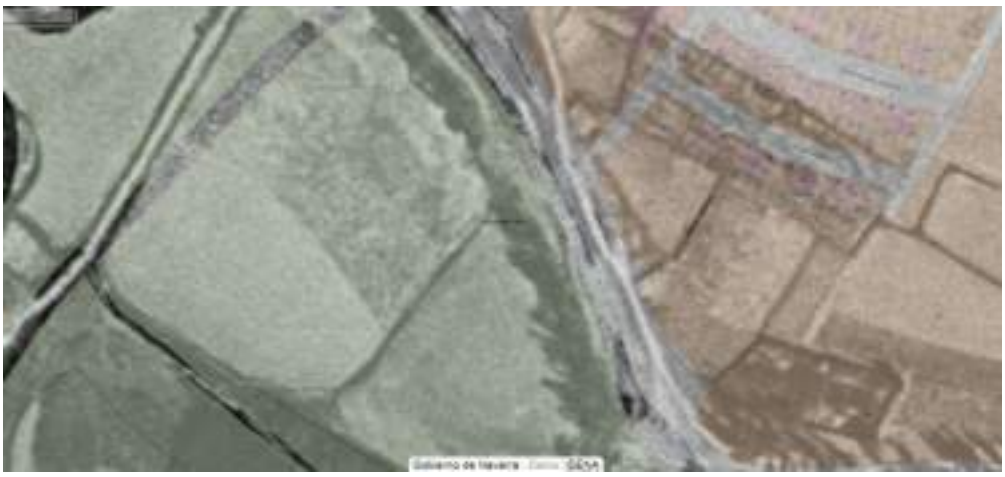
Catastro sobre Ortofoto 2010



Catastro sobre Ortofoto 1990



Catastro sobre Pseudo Ortofoto años 1970



Catastro sobre Pseudo Ortofoto años 1960

La remodelación consiste en la apertura del canal existente, tendiendo el talud hasta crear una ribera de pendiente moderada, del orden del 20%, generando una orilla suave aterrazada.



Sección tipo entre el Puente Nuevo y la escollera (escenario 3):
_____ Terreno actual (verde)
_____ Propuesta (naranja)

Para la apertura del canal del río en este tramo, se establecen las siguientes medidas:

Se llevará a cabo un replanteo previo de detalle sobre el terreno, que deberá será aprobado por la Dirección de obra antes de iniciar la excavación.

Accesos

No se habilitarán nuevos accesos a la zona. Se empleará únicamente la carretera de la Higa, y desde allí todo el tránsito se llevará a cabo por el interior de la propia obra, y afectando únicamente a la parcela expropiada 129 B.

Existirá por tanto un único punto de acceso a esta zona de obra, que se señalizará adecuadamente.

En los momentos de entrada o salida de camiones, estas maniobras contarán con señalización de un operario.



Tránsito y punto de acceso al tajo

Maquinaria a emplear

La excavación y apertura del canal del Elorz se llevará a cabo con retroexcavadora de oruga de goma, del menor tonelaje posible:

- POTENCIA NETA: ISO 9249 entre 70 y 110 kW
- PESO DE FUNCIONAMIENTO: menos de 16 tn
- PROFUNDIDAD MÁXIMA DE EXCAVACIÓN: mínimo 5500 mm

La carga se hará en camiones adecuados para el transporte del material que no pueda ser reutilizado dentro de la propia obra. Se emplearán camiones rígidos con volquete, los cuales tienen una potencia de poco más 400 CV y una capacidad de 17,5 metros cúbicos.

Forma de ejecución

Todo el remodelado se realizará desde la parte alta de la ribera, sin que en ningún momento la maquinaria entre en contacto con el cauce.

Se irá desmontando el relleno desde la zona más cercana al río y de más altura, para ir bajando y retirándose hacia afuera progresivamente.

El trabajo progresará comenzando por el límite aguas arriba, y se llevará a cabo por bandas de excavación. De esta manera, la propia máquina irá restaurando su zona de tránsito conforme va avanzando el tajo, dejando la zona totalmente libre de rodadas en su avance de salida.

Se trabajará con aguas bajas, para evitar problemas de erosión o de aporte de sólidos en suspensión a las aguas del río.

5.2 RESTAURACIÓN DE LAS RIBERAS CON MAYOR RIESGO DE EROSIÓN

Complementariamente, se propone la restauración de los tramos de ribera más alterados, mediante su revegetación y consolidación mediante técnicas de bioingeniería, allí donde sea necesario.

Gracias al estudio hidráulico y modelo bidimensional realizados, se han identificado las zonas donde, en avenida, las velocidades y tensiones tangenciales son mayores, y por tanto, el riesgo de que se generen daños es también mayor. Es en estos puntos en los que se va a intervenir con medidas de consolidación mediante **bioingeniería**.

BIOINGENIERÍA es CONSTRUCCIÓN.

Se trata de una disciplina técnica en la que **las plantas vivas se utilizan como materiales constructivos**, bien sea por si solas o conjuntamente con otros materiales inertes (piedra, madera, metal ...). Simplificando, empleamos **plantas vivas en lugar de cemento.**

Sus principales aplicaciones son la estabilización de laderas, control de la erosión de suelos, y las obras hidráulicas, y restauración ambiental, siendo técnicas de gran utilidad para los proyectos de restauración ambiental, control de riesgos, mejora de suelos, recuperación de áreas degradadas (canteras, vertederos…), integración de infraestructuras (carreteras, vías férreas…), intervenciones en ríos y gestión de cuencas hidráulicas, dunas, zonas costeras…

Son técnicas eficientes y sostenibles, que suponen en muchos casos una alternativa eficaz a las técnicas tradicionales y suponen una mejora en la integración ecológica y

paisajística de las obras, además de tener beneficios sociales y económicos. Provenientes del centro de Europa, en nuestro país están empezando a aplicarse cada vez más.





Talud estabilizado con bioingeniería, tras la primera brotación de la parte viva de la estructura. (Ecoingenia, 2017)

5.2.1 Análisis de las zonas de mayor riesgo



Ámbito del proyecto y velocidades para Q25 años

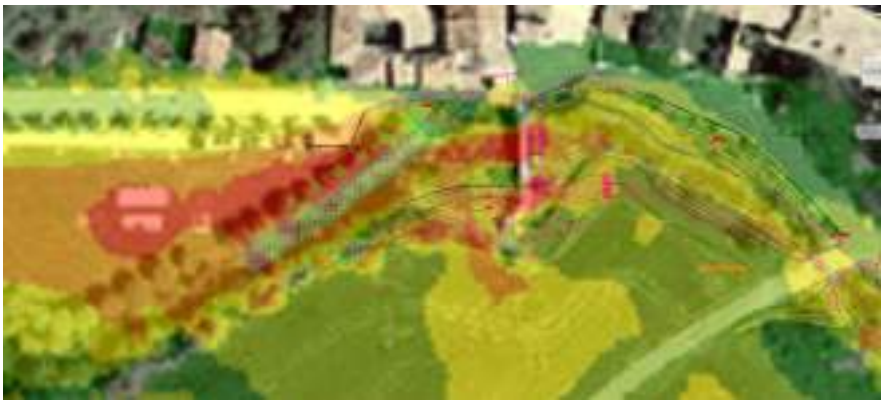
Como puede observarse, las áreas que se ven más comprometidas se encuentran inmediatamente aguas abajo del Puente Medieval, y, en menor medida a lo largo del camino de las huertas.

5.2.2 Consolidación de las riberas aguas abajo del Puente Medieval mediante entramado vivo de doble pared

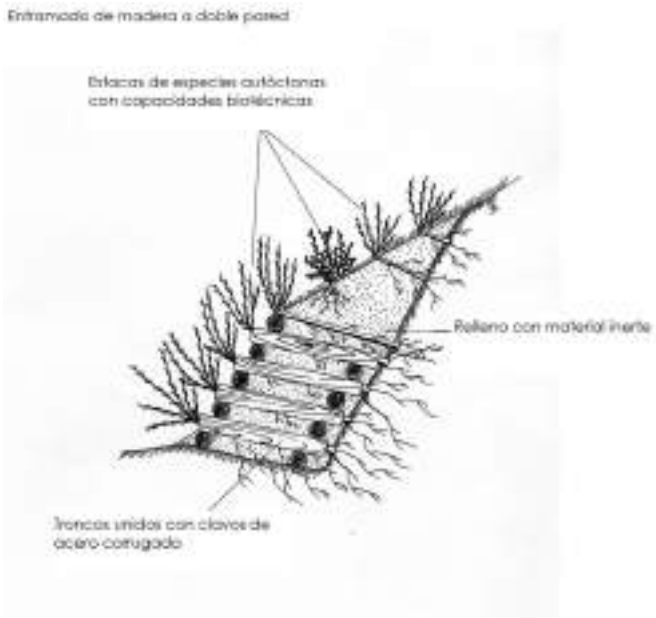


Zona del parque de la barbacoa, aguas abajo del puente medieval en la margen derecha, afectada por las crecidas.

En esta zona, donde las velocidades en avenida de 25 años superan los 2 m/s, pero sin alcanzar los 3 m/s, se plantea la ejecución de un entramado vivo, que refuerce los puntos más expuestos.



Superposición con mapa de velocidades para Q25. En azul claro se indican las riberas a consolidar, es decir, la margen derecha y dos puntos en la margen izquierda aguas abajo del relleno a retirar



Para su ejecución se establecen las siguientes condiciones:

Se llevará a cabo un replanteo previo de detalle sobre el terreno, que deberá será aprobado por la Dirección de obra antes de iniciar la retirada.

Accesos

No se habilitarán nuevos accesos a la zona. Se empleará el camino del Barrio Abajo, y la zona de aparcamiento de Parque de la Barbacoa, donde se habilitará una zona de copio de los materiales necesarios (troncos de madera y plantas).

El trabajo se llevará a cabo de forma manual, con apoyo de una mini retroexcavadora de oruga de goma, de forma que no se generen daños en las soleras de hormigón por las que se accederá.

El bordillo de hormigón se protegerá con caucho y paneles de encofrar.



Tránsito y punto de acceso al tajo



Acceso desde el Camino del Barrio Abajo

Maquinaria a emplear

La ejecución de estos trabajos se llevará a cabo de forma muy manual, si bien se contará con el apoyo de una retroexcavadora de pequeño tonelaje, que agilizará la ejecución:

- POTENCIA NETA: entre 40 y 50 kW
- PESO DE FUNCIONAMIENTO: menos de 10 tn
- PROFUNDIDAD MÁXIMA DE EXCAVACIÓN: mínimo 3500 mm



Podrá contarse con el apoyo de un dumper con ruedas neumáticas, tipo cargadora compacta con capacidad de carga de 1 tn, para facilitar el acarreo de materiales en obra.

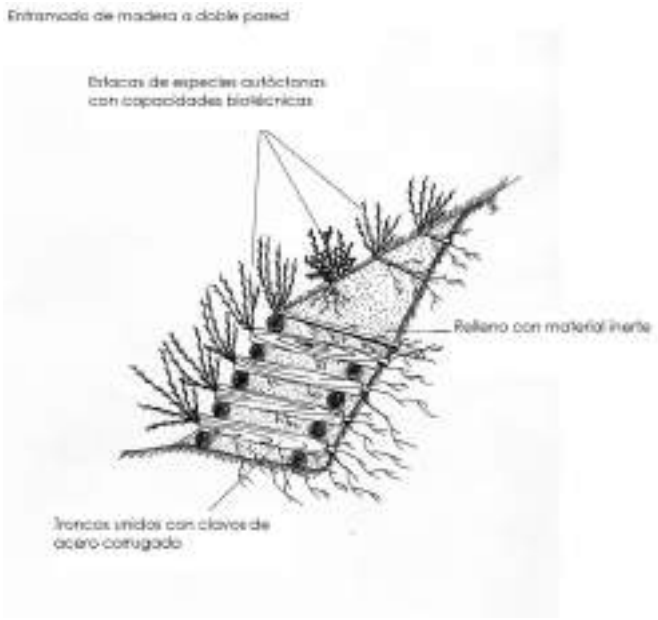
Forma de ejecución

Para su ejecución se realiza una excavación en la base con ligera contra pendiente. Se procede a la colocación de una primera fila de troncos en sentido longitudinal y perpendicular a la corriente. Los troncos se encastran y unen con clavos de acero

zincado. Se colocan troncos transversales a la primera fila y se unen a éstos mediante clavos de acero zincado.

A continuación se vuelve a colocar una fila de troncos longitudinalmente de manera que se formen celdas donde insertar las estacas vivas y/o plantas enraizadas en alveolo, de especies con capacidad para emitir raíces adventicias y brotar en la cara vista. Se prosigue de esta manera hasta crear en planos sucesivos teniendo en cuenta que los troncos longitudinales se posicionan siempre en posición retranqueada con respecto al nivel inmediato inferior, generando un paramento con una pendiente de 60º.

La altura media del talud a contener en este tramo con este tipo de intervención es de unos 2 m. Los entramados tendrán una altura aproximada, según las zonas, de 1,5 m según la sección tipo. En ningún caso excederán los 2,5 m de altura.



5.2.3 Consolidación de zonas con riesgo de erosión entre el vado de hormigón y el Puente Nuevo con esteras de ramas

Otra de las zonas del proyecto que requiere mejorar las condiciones de estabilidad es l el tramo que transcurre desde la escollera hasta el puente Nuevo, es decir, el tramo

paralelo al camino de las Huertas, tanto en la margen derecha del Elorz como en la izquierda.

En este tramo, como puede verse, las velocidades previstas en avenida de 25 años (modeladas en el escenario de mejoras hidráulicas expuestas en el aparado 2.1) se encuentra entre 1 m/s y 2 m/s.

Las dos líneas se corresponden con la línea de cota 526 m (color azul) y cota 527 m (color granate) del talud propuesto.





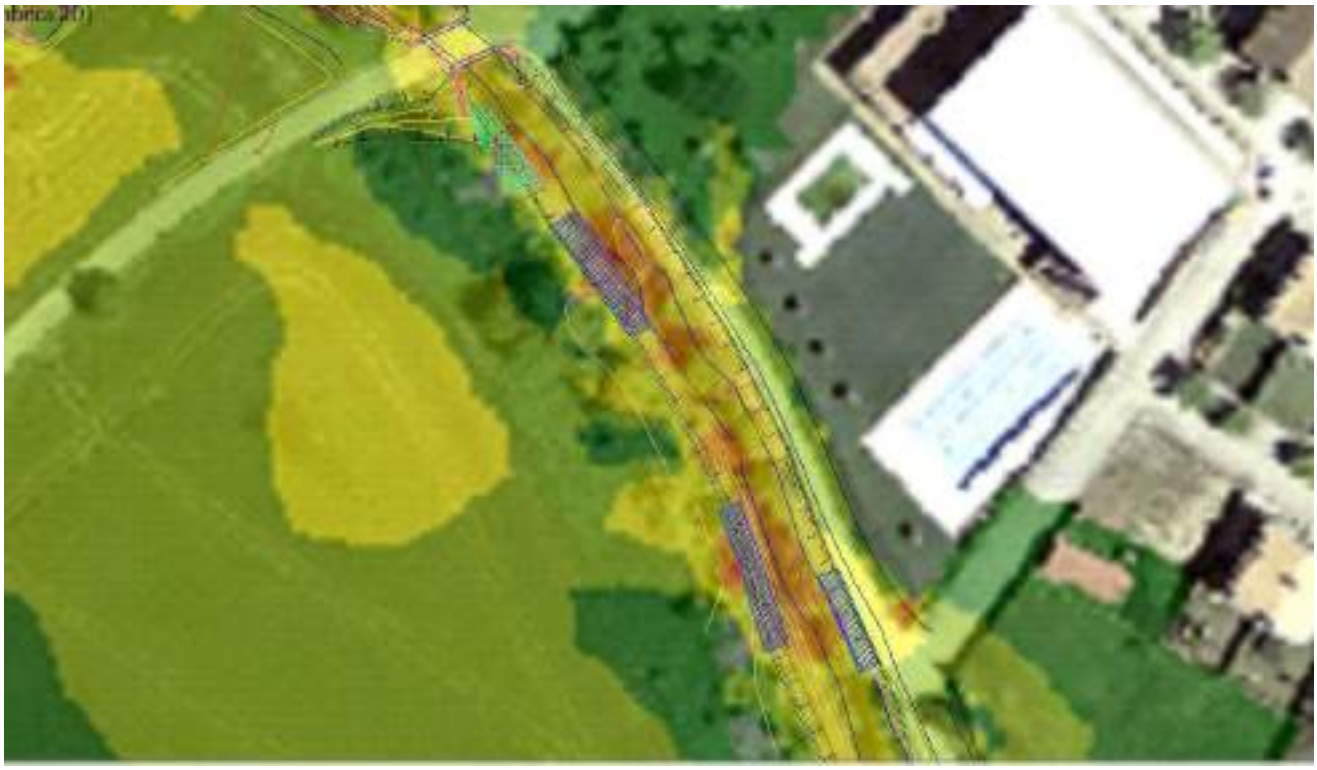
Las distancias en la línea avanzan según dirección de flujo (distancia 0 en la escollera y terminan en el puente nuevo).



Por tanto, se emplearán:

- Para las zonas velocidades con previstas por encima de los 1,5 m/s o cercanas a ella, pero por debajo de los 2 m/s, se emplearán técnicas de cobertura, concretamente **esteras de ramas**, técnica que resiste tensiones cortantes relativamente elevadas con este rango de velocidades moderadas.

- Para los puntos en los que además de superarse los 2m/s, se ven comprometidas estructuras (concretamente el puente Nuevo), se colocará un pequeño refuerzo de **entramado vivo doble**, semejante al descrito en el apartado anterior.



Superposición de la propuesta con mapa de velocidades para Q25. En azul claro se indica el tramo a afianzar con entramado vivo, y en azul oscuro, los tramos que se tratarán con esteras de ramas.

Descripción de las esteras de ramas:

Se trata de una técnica de bioingeniería, clasificada como técnica de cobertura, en la que se emplean ramas en parada vegetativa para la protección de un talud de ribera.

Los materiales a emplear son los siguientes:

- Ramas de *Salix spp* recolectadas de plantas madre sanas del entorno cercano de la obra, en parada vegetativa, de longitud al menos igual a la altura del talud a proteger, es decir, unos 3 m
- Estacas de *Salix spp* de las mismas características, de 100 cm de longitud y al menos 5-7 cm de diámetro.
- Alambre galvanizado de 3mm

Ejecución

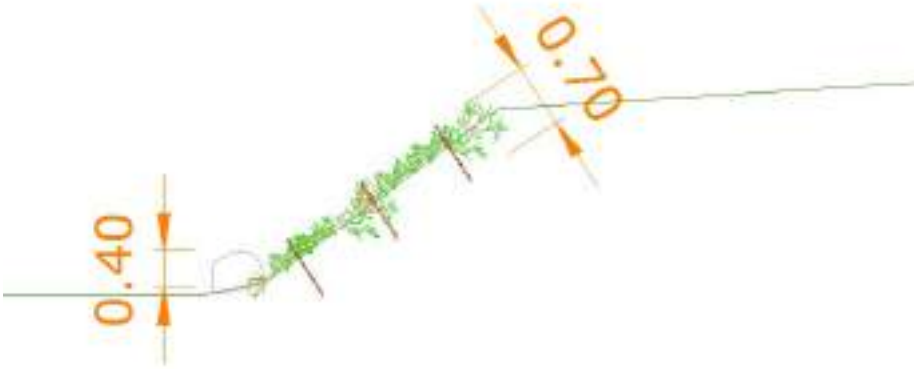
Esta técnica consiste en crear una cobertura al talud que se quiere proteger. Para ello, primero se llevará a cabo un retaluzado muy suave, únicamente para lograr una superficie lo más lisa posible para el adecuado asiento de las ramas.

Las ramas de se colocan con su extremo basal enterrado en el lecho, y toda su longitud apoyada en al perfil del talud. El contacto entre la rama y la tierra debe ser continuo, y al menos el 30 % de ellas deben llegar con su longitud a la cabecera del talud. Se colocan casi pegadas una con la siguiente, todas paralelas entre sí y transversales a la corriente, con una densidad de al menos 12 ramas por metro lineal.

Una vez instaladas, se hincan estacas en varias hileras, distanciadas 1,5 m tanto en vertical como en longitudinal. En ellas, se atará un hilo de alambre galvanizado, pasando al tresbolillo sobre las ramas y tensándolo, de manera que todas las ramas queden bien sujetas y pegadas al terreno.

Finalmente, se cubrirán las ramas con una ligera capa de tierra, de unos 3-5 cm, que evite que las ramas se desequen antes de enraizar.

La base de la intervención se consolida con una línea de bloques de piedra, o bien con una fajina viva. En este caso, se reutilizarán las piedras que se extraigan de descabezar la escollera aguas arriba.



Esta unidad de obra debe ejecutarse en periodo de parada vegetativa.

Accesos

No se habilitarán nuevos accesos a la zona. Se empleará el mismo acceso que se ha definido para la medida de apertura del canal del cauce, es decir, únicamente la carretera de la Higa, y desde allí todo el tránsito se llevará a cabo por el interior de la propia obra, y afectando únicamente a la parcela expropiada 129 B.

Existirá por tanto un único punto de acceso a esta zona de obra, que se señalizará adecuadamente.

En los momentos de entrada o salida de camiones, estas maniobras contarán con señalización de un operario.



Tránsito y punto de acceso al tajo

Maquinaria a emplear

Esta medida se ejecuta de forma eminentemente manual. Se permitirá en todo caso el apoyo de una mini excavadora ligera, para agilizar el trabajo.

- POTENCIA NETA: entre 40 y 50 kW

- PESO DE FUNCIONAMIENTO: menos de 10 tn
- PROFUNDIDAD MÁXIMA DE EXCAVACIÓN: mínimo 3500 mm

6 LABORES DE REGENERACIÓN A EJECUTAR EN AMBAS FASES

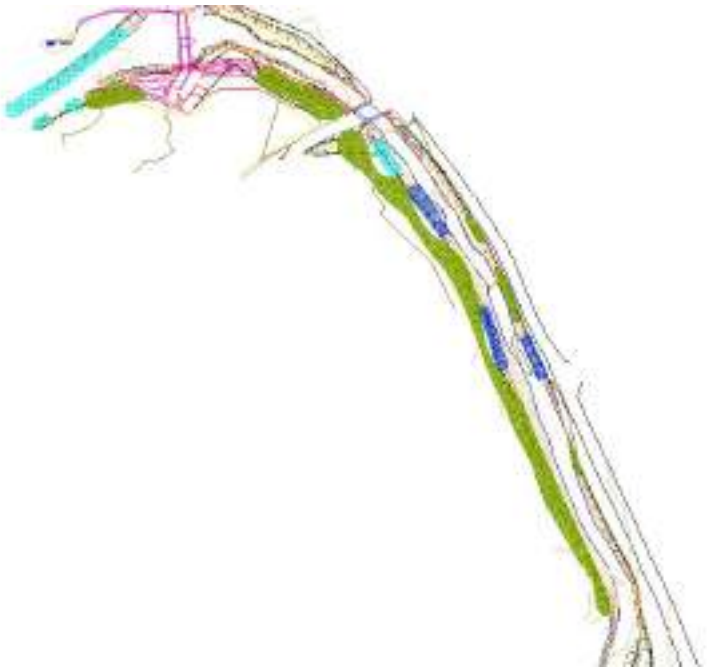
6.1 REGENERACIÓN DEL BOSQUE DE RIBERA

6.1.1 Plantación de árboles y arbustos propios del bosque de ribera

En todas las zona alteradas, se plantea la recuperación mediante plantación del bosque de ribera propio de la zona, concretamente la serie de las alisedas castellano-cantábricas *(Humulo-Alno glutinosae S.)*

Esta plantación se empleará en toda la ribera a regenerar tras la apertura del río entre el puente Nuevo y el vado, así como en la margen derecha en este mismo tramo, en las zonas en las que se ha perdido.

Además, se tratará la nueva ribera a regenerar en el entorno del puente Medieval, tras la retirada de los rellenos antrópicos.



Esquema de las intervenciones con bioingeniería y revegetación:

---- entramados vivos

---- esteras de ramas

---- plantación de aliseda castellano-cantábrica

Se recuperará en la medida de lo posible el bosque de ribera con plantación de arbolado en la base, propio de la Aliseda Castellano-cantábrica. Se plantarán árboles servidos en contenedor, de calibre de tronco 6-8 cm, medidos a 1 m de altura sobre el cuello de la raíz. Los arbustos se suministrarán servidos en contenedor, de altura 80-100 cm, ramificados desde la base.

La densidad de plantación será de 1 ud/9 m^2. Se recuperarán con esta pauta de plantación 1.300 m^2. Las especies se detallan a continuación, y están ordenadas de mayor a menor distancia al lecho, si bien deben distribuirse de forma natural, y evitando las alineaciones.

Accesos:

Se emplearán en cada caso los acceso descritos en los apartados anteriores, adecuados y suficientes para las plantaciones complementarias.

Maquinaria:

Las plantaciones pueden realizarse de forma totalmente manual. Se podrá contar en todo caso con el apoyo de un dumper o cargadora compara ligera sobre neumáticos, con capacidad de carga de hasta 1 tn, para acarrear los materiales.

Resumen mediciones:

- Suministro y plantación de 22 ud de *Ulmus minor*
- Suministro y plantación de 43 ud de *Alnus glutinosa*
- Suministro y plantación de 43 ud de *Fraxinus angustifolia*
- Suministro y plantación de 36 ud de *Salix atrocinerea*

6.1.2 Hidrosiembra de todas las superficies afectadas. Recuperación de la cubierta herbácea

Finalmente, se procederá a hidrosembrar todas las superficies que hayan sido afectadas por las obras y queden en tierras, para evitar que puedan ser colonizadas por especies vegetales invasoras.

Una vez queden adecuadamente remodeladas, y tras el visto bueno de la dirección de obra, se aplicará una hidrosiembra de herbáceas, en todas las zonas que hayan quedado desprovistas de cubierta vegetal.

Consiste en la aplicación y distribución de manera uniforme de la mezcla de semillas a implantar, que se habrán preparado previamente como suspensión acuosa junto con el resto de los materiales y productos que se detallan a continuación y cuya función es facilitar la implantación, germinación, y desarrollo.

La aplicación se lleva a cabo mediante proyección hidráulica.

Se realizará en dos pasadas, una de siembra propiamente dicha, y otra de tapado

Mezcla de semillas a emplear:

MEZCLA DE SEMILLAS H1		
Herbáceas	**% (en peso)**	**Kg/1.000 m^2**
Agrostis tenuis	5	1,6
Festuca ovina Rubra	30	9,6
Festuca rubra var. Trycophylla	30	9,6
Lolium perenne Barcredo	10	3,2
Lolium perenne Verna	10	3,2
Poa pratensis Baron	5	1,6
Trifolium repens Huia	10	3,2
TOTAL SEMILLAS	**100**	**32,0**

Maquinaria

Se recomienda emplear una hidrosembradora de tamaño medio, con capacidad de alrededor de 5000 l, para evitar meter grandes cargas en las diferentes zonas de trabajo.

7 MEDIDAS PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Se establecen las siguientes medidas para el desarrollo de las obras:

7.1 ACCESOS

Se emplearán únicamente los accesos que se han definido para cada una de las zonas de obra en los apartados anteriores.

7.2 MAQUINARIA

La maquinaria a emplear se ha definido en cada caso en los apartados anteriores. Cualquier cambio respecto a lo recomendado tendrá que ser valorado y previamente aceptado expresamente por la Dirección de Obra.

7.3 DESTINO DE LOS EXCEDENTES DE EXCAVACIÓN

En previsión de que los materiales excedentes de excavación de esta obra (del orden de los 2.770 m^3), así como las piedras sobrantes no reutilizadas del desmontaje de la escollera no puedan ser ubicados en obras cercanas deficitarias, ni en otras intervenciones del Ayuntamiento de Monreal, se propone como destino para ellos el relleno de tierras autorizado que CONTENA RECUPERACIÓN, S.L. posee en Biurrun-Olcóz, en Paraje de Aparrea s/n – 31398 - Biurrun (Navarra).



El contratista adjudicatario de las obras podrá proponer un destino final alternativo, siempre y cuando cumpla con toda la legislación vigente en lo que a RCDs se refiere, y previa autorización expresa por parte de la Dirección de Obra.

7.4 MEDIDAS GENERALES DE CORRECTA EJECUCIÓN

Se establecen las siguientes pautas generales para la ejecución de las obras, además de todo lo establecido de forma específica en cada uno de los apartados anteriores para cada tajo e intervención en concreto:

7.4.1 Movimientos y control de la maquinaria

- No se permitirá el acceso de maquinaria al lecho del lío bajo ningún concepto. Todos los trabajos se llevarán a cabo por tanto desde la parte alta del talud de ribera, en seco.

- Toda la maquinaria implicada en la obra llevará en cabina mantas de polipropileno, de manera que en caso de producirse algún vertido accidental, por ejemplo por rotura de un latiguillo u otro tipo de avería, combustibles, aceites y grasas puedan ser recogidos de forma muy rápida, incluso retirados de la zona de agua. Todos los vertidos se gestionarán como tierras y absorbentes contaminados.

- No se permite el mantenimiento de la maquinaria en obra, ni cambios de aceite. Deberán llevarse a cabo en taller externo.

7.4.2 Acopios e instalaciones auxiliares

- La única zona permitida como área de acopio de materiales de obra, así como instalaciones auxiliares y casetas, es el aparcamiento del parque de la Barbacoa. Acopios temporales de poca duración podrán colocarse en el sobreancho del camino de las huertas, a la altura del vado de hormigón, teniendo en cuenta que esta zona es inundable y por tanto tendrá que estar libre de elementos que puedan ser arrastrados en una eventual avenida. Fuera de estas plataformas hormigonadas no podrán instalarse elementos auxiliares.



Zona admisible para la ubicación de instalaciones auxiliares

7.4.3 Buenas prácticas respecto a la inundabilidad

- Al finalizar cada jornada, todos los materiales y la maquinaria deben quedar fuera de los tajos, y fiera de las manchas de inundabilidad.

7.4.4 Épocas de ejecución y protección de la fauna

- Para garantizar que se genera el menor daño posible, directo o indirecto, al hábitat para la fauna tanto terrestre como fluvial, se recomienda llevar a cabo todas las obras en aguas bajas.

- Además, se evitarán los meses más sensibles de las principales especies de fauna presentes o potencialmente presentes en el Elorz, que en general se corresponden con la época reproductor. Por ello, no se ejecutarán trabajos en el cauce desde el 15 de marzo hasta final de julio.

- Los trabajos de bioingeniería deben ejecutarse en parada vegetativa, y en la medida de lo posible fuera de las épocas de heladas intensas.

7.4.5 Protección a la vegetación que permanece

- Antes del inicio de los trabajos, una vez replanteadas las intervenciones, se reconocerá la vegetación que permanece, y se balizará adecuadamente para evitar daños accidentales

- Se revisarán los pies de arbolado autóctono que puedan verse afectados por los trabajos de apertura de la anchura del canal del río entre el vado de hormigón y el puente nuevo, de forma que la excavación prevista se adepta en la medida de lo posible para evitar talar ejemplares de cierto tamaño y edad, si bien prácticamente toda la vegetación que crece en este momento en esa ribera es joven y de escaso calibre.

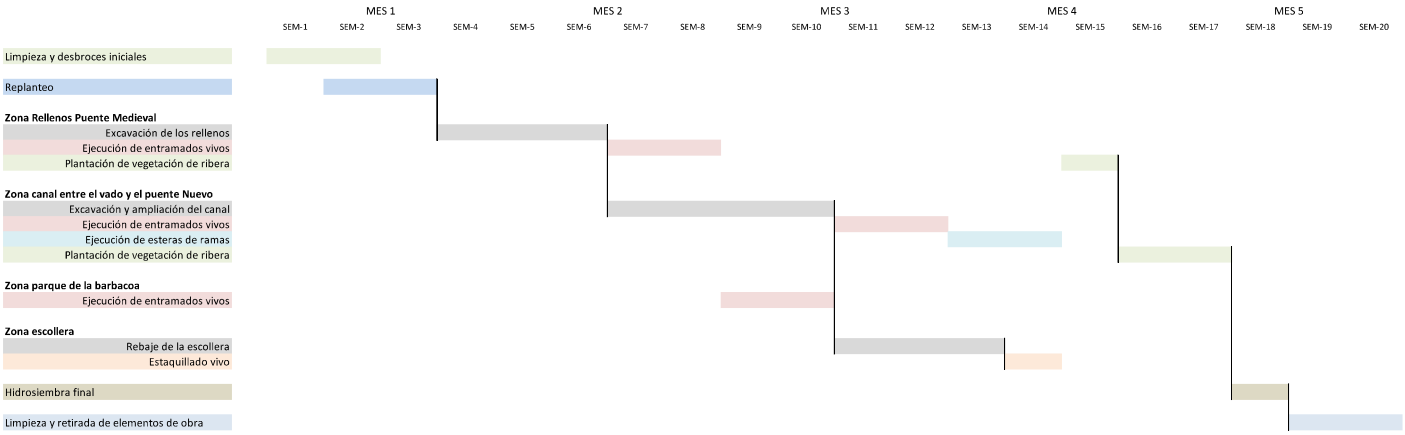
San Sebastián, 29 de septiembre de 2021

LA AUTORA DEL PROYECTO



FDO: Mercedes Valenzuela García
DIRECCIÓN TÉCNICA DE ECOINGENIA
Licenciada en Biología

8 PLAZOS DE EJECUCIÓN Y PLAN DE OBRA



Se establece el siguiente plan de obra, con una duración de 5 meses, o 20 semanas.

9 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y FUENTES DE DOCUMENTACIÓN

Beechie, T. J., Sear, D. A., Olden, J. D., Pess, G. R., Buffington, J. M., Moir, H., Roni, P., Pollock, M. M. (2010). Process-Based Principles for Restoring River Ecosystems. *BioScience*, 60: 209-222.

Bertalan, L., Rodrigo-Comino, J., Surian, N., Šulc Michalková, M., Kovács, Z., Szabó, S., Szabó, G., Hooke, J. (2019). Detailed assessment of spatial and temporal variations in river channel changes and meander evolution as a preliminary work for effective floodplain management. The example of Sajó River, Hungary. *Journal of Environmental Management*, 248: 1-19.

Bladé, E., Cea, L., Corestein, G., Escolano, E., Puertas, J., Vázquez-Cendón, E., Dolz, J., Coll, A. (2014). Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 30: 1-10.

Brookes, A., Shields, F. D. (1966). River Channel Restoration. Guided Principles for Sustainable Projects.

González del Tánago, M., García de Jalón, D. (1995). Principios básicos para la restauración de ríos y riberas. *Ecología*, 9: 34-46.

González del Tánago, M., García de Jalón, D. (2007). Restauración de Ríos. Guía metodológica para la elaboración de Proyectos. Ministerio de Medio Ambiente.

Horvat, Z., Horvat, M., Majer, F., Koch, D. (2020). Hydraulic analysis of a meander on the Danube River using a 2D flow model. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192: 149.

Magdaleno, F. (2008). Manual de técnicas de restauración fluvial. CEDEX.

Magdaleno, F., Martínez, R. (2006). Aplicaciones de la teledetección láser (LiDAR) en la caracterización y gestión del medio fluvial. *Ingeniería Civil*, 142: 1-15

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2012). Guía Metodológica para el Desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables

Ollero, A. (2011). Restauración fluvial: principios, dificultades y propuestas. La perspectiva del CIREF. Restaura Ríos 2011 - I Congreso Ibérico de Restauración Fluvial.

Vizcaíno, P., Magdaleno, F., Seves, A., Merino de Miguel, S., González del Tánago, M., García de Jalón, D. (2003). Los cambios geomorfológicos del río Jarama como base para su restauración. *Limnetica,* 22: 1-8.

Williams, P.B. (2001). River engineering versus river restoration. ASCE Wetlands Engineering & River Restoration Conference, Reno, American Society of Civil Engineers.

Wohl, E., Angermeier, P. L., Bledsoe, B., Kondolf, G. M., MacDonnell, L., Merritt, D. M., Palmer, M. A., Poff, N. L., Tarboton, D. (2005). River restoration. *Water Resources Research*, 41, W10301.

Ayuntamiento de Monreal. *Plan Urbanístico Municipal de Monreal* 2020 https://monrealnavarra.es

Gobierno de Navarra. *Geoportal de Navarra* https://sitna.navarra.es/

Gobierno de Navarra. Gestión Ambiental de Navarra S.A Memoria de la red de control de calidad de agua. 2020

Gobierno de Navarra. Gestión Ambiental de Navarra S.A Estudio de Determinación de Índices Bióticos en 89 puntos de los ríos de Navarra. 2020

Gobierno de Navarra. Gestión Ambiental de Navarra S.A Estado ecológico de masas de agua superficial de Navarra. 2020

Gobierno de Navarra. *Infraestructura de Datos de Navarra*. https://idena.navarra.es/

Gobierno de Navarra. Sistema de Información Urbanística de Navarra -SIUN https://navarra.es

Meteo Navarra http://meteo.navarra.es/climatologia

PROYECTO DE RESTAURACIÓN HIDROMORFOLÓGICA Y AMBIENTAL DEL RÍO ELORZ,

A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE MONREAL – NAVARRA

ANEXO 1.- INVENTARIO AMBIENTAL



JULIO 2021

PROYECTO DE RESTAURACIÓN HIDROMORFOLÓGICA Y AMBIENTAL DEL RÍO ELORZ, A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE MONREAL – NAVARRA

ANEXO 1.- INVENTARIO AMBIENTAL

Contenido

1 DIAGNÓSTICO TERRITORIAL: INVENTARIO AMBIENTAL 2
1.1 CLIMA 2
1.2 ASPECTOS GEOFÍSICOS 2
1.2.1 Geología y suelos 2
1.2.2 Hidrología 6
1.3 ASPECTOS NATURALÍSTICOS 11
1.3.1 Vegetación 11
1.3.2 Hábitats de interés comunitario 13
1.3.3 Espacios Naturales Protegidos 15
1.3.4 Fauna 16
1.4 PATRIMONIO CULTURAL 19
1.5 PLANEAMIENTO URBANÍSTICO 21
1.5.1 Planes de Ordenación Territorial - POT 21
1.5.2 Planeamiento Municipal 25

1 DIAGNÓSTICO TERRITORIAL: INVENTARIO AMBIENTAL

A continuación se hace una valoración del medio del entorno del estudio. Se trata de una revisión de los diferentes factores que pueden verse relacionados con esta propuesta, de manera que se tenga una base de partida acerca de los principales valores ambientales, condicionantes, debilidades y fortalezas del ámbito relacionado con este tramo del río Elorz

1.1 CLIMA

El ámbito de intervención se ubica en el municipio de Monreal.

Monreal se encuentra en una zona de transición entre la Montaña navarra y la Navarra Media. En esta zona de Navarra se mezclan los caracteres de los climas suboceánicos y submediterráneos. La temperatura media anual es de 12-14 grados y la precipitación media anual es de 600-800 mm.

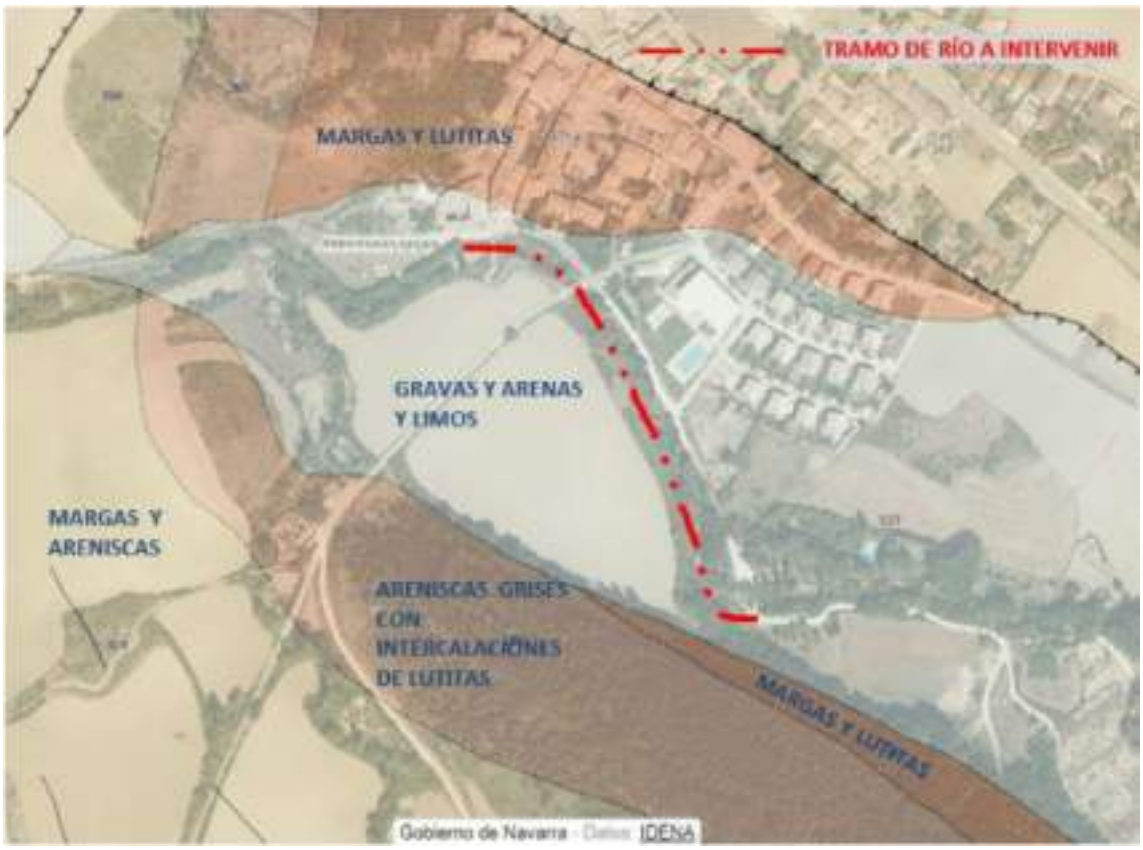
Monreal tiene una primavera con precipitaciones relativamente agradable; con valores de temperatura que originan tanto días fríos como calurosos. El verano tiene la cualidad de cursar con temperaturas agradables, en comparación con gran parte de la Península. Los otoños son húmedos y progresivamente frescos, pudiendo darse nevadas. Y los inviernos son fríos.

1.2 ASPECTOS GEOFÍSICOS

1.2.1 Geología y suelos

En concreto el ámbito de intervención del río Elorz se ubica sobre Gravas y Arenas y Limos de la Era del Cuaternario y la Edad del Holoceno. El ámbito limita con, (ver imagen):

- Margas y Lutitas- Era Terciario Marino, Edad y Piso Priaboniense.
- Margas y Areniscas - Era Terciario Continental, Edad Sueviense inferior, Piso Sueviense.
- Areniscas grises con Intercalaciones de Lutita – Era Terciario Marino, Edad Priaboniense-Hedoniense, Piso Priaboniense.



Mapa Geológico-Litológico 1:25.000 (Fuente: IDENA)

Ocupación del suelo

El ámbito se encuentra en la Comarca Agraria denominada: Pirineos, si bien se encuentra próxima a la Cuenca de Pamplona



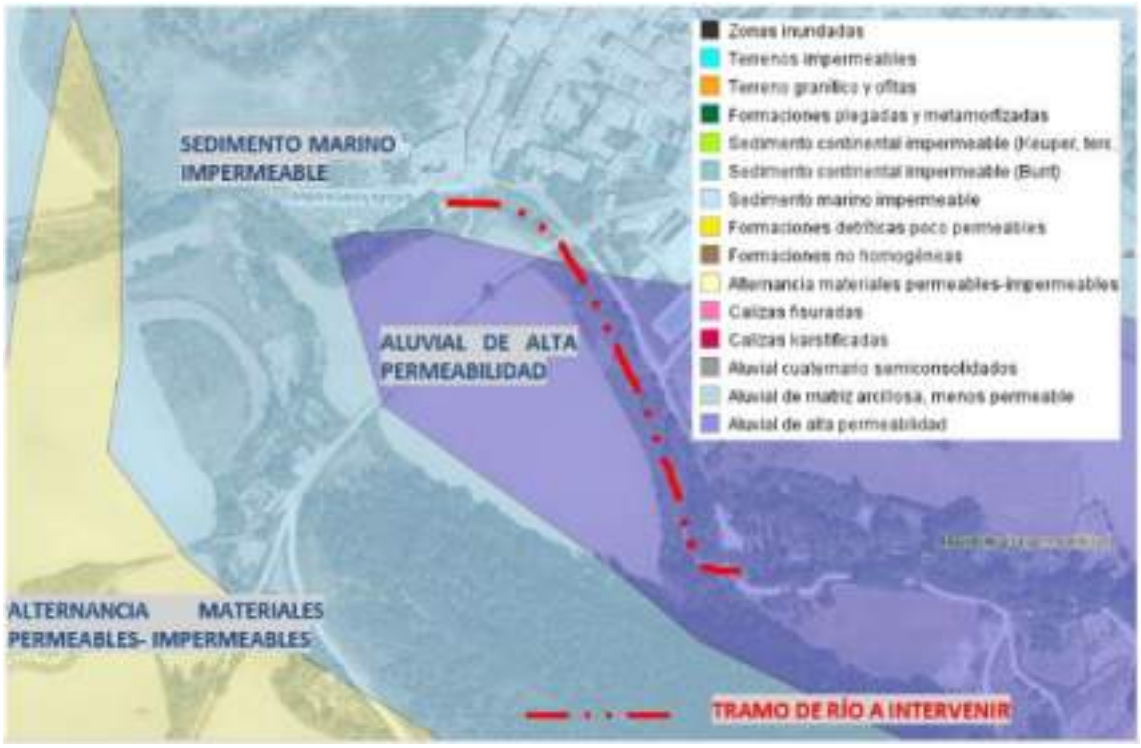
Mapa Comarcas Agrarias de Navarra (Fuente: IDENA)

A continuación, se incluye la ubicación de emplazamientos de lugares en los que se han detectado vertidos de forma incontrolada en el entorno del ámbito de intervención:



Mapa Espacios degradados - Escombreras. (Fuente: IDENA)

Respecto a la **vulnerabilidad de acuíferos a la contaminación**, el ámbito se ubica en zona de Aluvial de alta permeabilidad, y en menor medida, sobre sedimento marino impermeable.



Mapa Vulnerabilidad de acuíferos a la contaminación (Fuente: IDENA)

Cabe señalar que en el entorno del ámbito de intervención se localizan varios **manantiales**.



Mapa Inventario de manantiales de Navarra. Escala 1:50.000. (Fuente: IDENA)

1.2.2 Hidrología

El ámbito de intervención corresponde al río Elorz. Este curso de agua pertenece a la tipología, "Montaña Mediterránea Calcárea", de la clasificación que el CEDEX realiza en 2005. Confluye con el Arga por su margen izquierda poco después de Pamplona. Nace en la Sierra de Izco a más de 12km de distancia del ámbito, en la vertiente oeste del puerto de Loiti. Tiene una longitud de 32 km y, conforma una cuenca de 282 km², perteneciente a la cuenca del Arga. Sus principales afluentes son el río Unciti, el río Sadar y el barranco de Errekaldea; aguas abajo del ámbito desemboca el río Marsain.



Recorrido el río Elorz



Cursos de agua del ámbito y su entorno

En cuanto a la **calidad de las aguas de río Elorz**, el único punto de muestreo con el que cuenta se ubica aguas abajo del ámbito, cercano a su confluencia con el río Arga, en la ciudad de Pamplona, a la altura del barrio pamplonés de Echavacóiz.

De acuerdo con el Plan Director de Ordenación Piscícola de Salmónidos de Navarra, D.F 157/1995, de 3 de julio, el río Elorz pertenece a la Región Ciprinícola en su totalidad.

Respecto a los elementos de calidad químicos y físico-químicos del estado ecológico en estaciones de ríos en 2020, en el río Elorz durante la campaña de primavera las condiciones fisicoquímicas son buenas en términos generales. Sin embargo, se detecta contaminación por amonio. En estiaje también las condiciones son buenas, aunque en esta ocasión se detecta cierto déficit de oxígeno. En ambas campañas la conductividad es elevada, debido principalmente a los terrenos por donde discurre el río. En general, el río Elorz posee una buena calidad físico-química.

Código	Punto de muestreo	PO_4	NH_4	NO_3	pH	O_2	DIAGNÓSTICO

92301000	Elorz en Pamplona	0,31	0,08	6,7	8,13	9,58	BUENO

Fuente: Memoria de la red de control de calidad de agua. 2020

La calidad biológica de este tramo del río Elorz no es buena en ninguna de las campañas. En ambos casos es media, Clase III.

	IBMWP						
	PRIMAVERA				ESTIAJE		
Estaciones	Tipo	Valor	Nº Fam.	Clase Calidad	Valor	Nº Fam.	Clase Calidad
N-17 Pamplona	12	79	18	III	76	19	III

Fuente: Estudio de Determinación de Índices Bióticos en 89 puntos de los ríos de Navarra (2020)

Para analizar el Estado Trófico, se recogen muestras de algas bénticas y planctónicas:

Producción primaria en el río Elorz. Clorofila en BENTOS. Año 2020.						
	PRIMAVERA			ESTIAJE		
Estación	Clorofila (mg m^{-2})	Índice Margalef	Situación trófica	Clorofila (mg m^{-2})	Índice Margalef	Situación trófica
N-17 Pamplona	878,32	2,25	Hipereutrofia	195,72	2,10	Hipereutrofia

Fuente: Estudio de Determinación de Índices Bióticos en 89 puntos de los ríos de Navarra (2020)

La concentración de clorofila en las algas bentónicas tanto en primavera como en estiaje indica hipereutrofia.

Producción primaria en el río Elorz. Clorofila en PLANCTON. Año 2020.						
	PRIMAVERA			ESTIAJE		
Estación	Clorofila (µg l^{-1})	Índice Margalef	Situación trófica	Clorofila (µg l^{-1})	Índice Margalef	Situación trófica
N-17 Pamplona	1,60	2,77	Oligotrofia	4,54	2,29	Oligotrofia

Fuente: Estudio de Determinación de Índices Bióticos en 89 puntos de los ríos de Navarra (2020)

La clorofila planctónica indica una situación diferente, de oligotrofia en ambas campañas. Las algas bentónicas y planctónicas se encuentran en fase de maduración según el índice de Margalef.

En lo que respecta a la *evolución temporal del Río Elorz*, en este punto (Pamplona) comienzan los muestreos en el año 2002. El promedio de la serie toma valores que indican una escasa calidad de agua (Clase IV), aunque en el límite que indica una Clase III. Este tramo únicamente logra en una ocasión alcanzar los objetivos de la DMA, y es en la campaña de primavera de 2016. En 2020 la calidad del agua resulta media (Clase III) en las dos campañas.

El estado ecológico (2019) del río Elorz en Pamplona es Moderado. A nivel fisicoquímico presenta muy buen estado. A nivel de indicadores biológicos, es peor, siendo moderado.

COD RIOS	COD IB	MAS	TIPO
92301000	ELORZ_000867	10842	112

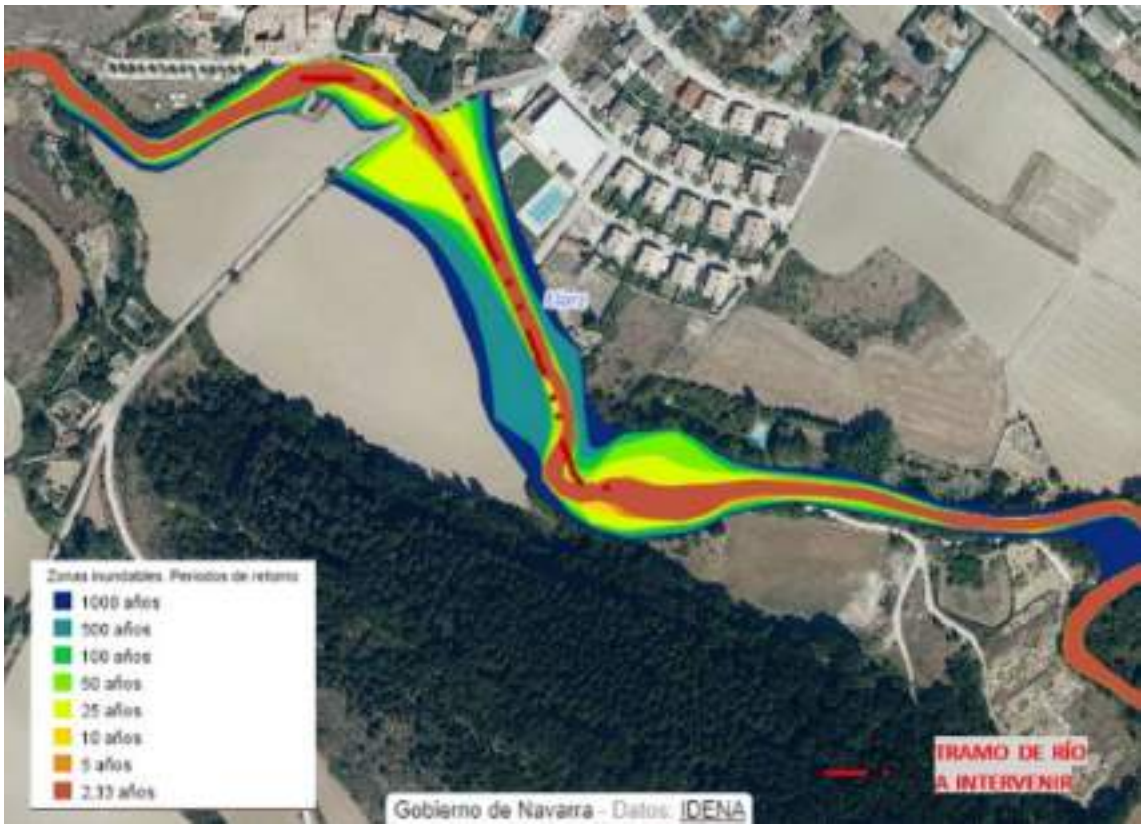
O2	PH	PO4	NH4	NO3	CLASIFICACIÓN FQ
MB	MB	MB	MB	MB	MB

BMWP	IPS	CLASIFICACIÓN BIO
Mo		Mo

ESTADO ECOLÓGICO	MODERADO

Fuente: Estado ecológico de masas de agua superficial de Navarra. 2020

A continuación, se muestra las zonas de inundables y los periodos de retorno del ámbito de intervención.



Mapa Zona inundables y periodos de retorno (Fuente: IDENA)

1.3 ASPECTOS NATURALÍSTICOS

1.3.1 Vegetación

Vegetación potencial

El mapa de series de vegetación potencial a escala 1: 25.000 de Navarra (Fuente IDENA), indica en la zona la presencia de 2 series:

- Vegetación de Ribera: Geoserie riparia navarro-alavesa y castellano-cantábrica *Salico lambertiano-angustiafoliae S.; Humulo-Alno glutinosae S.; Viburno-Ulmo minoris S*. (1)
- Robledales de roble peloso: Serie de los robledales de roble peloso navarro-alaveses *Roso arvensis-Querco humilis S.* Faciación con tomillares y aligares submediterráneos con boj (2)



Mapa de series de vegetación potencial (Fuente IDENA)

Vegetación actual

El mapa de cultivos y aprovechamientos disponible en IDENA correspondiente al año 2019 indica la presencia en el ámbito de intervención de Frondosas, que incluye

cobertura con chopo y álamo principalmente, y en menor media sauce y fresno de hoja estrecha, en ese orden, además contiene arce y vegetación de ribera.

Así en su entorno se puede observar Cultivos herbáceos en secano, Coníferas de pino laricio (*Pinus nigra*) en estado fustal y, Forestal no arbolado que contiene matorral mediterráneo (60%) y Bojeral (30%) y Pino silvestre (10%).



Mapa de Cultivos y Aprovechamientos 2019 (escala 1:25.000) (Fuente: IDENA)

Por otro lado, el Mapa de Series de Vegetación Navarra, incluye el ámbito de intervención en la Geoserie fluvial castellano-cantábrica y pamplonesa de las alisedas y olmedas (1), la cual se encuentra rodeada de la Serie pirenaica occidental y navarro-alavesa de los robledales pubescentes (*Roso arvensis-Querco pubescentis S.)* (2).



Mapa de Series de Vegetación de Navarra, a escala 1:50.000 (Fuente: IDENA)

1.3.2 Hábitats de interés comunitario

El ámbito de intervención incluye un tipo de hábitat natural de interés comunitario de Navarra, cuya conservación requiere la designación de zonas de especial conservación conforme a la Directiva 92/43/CEE.

92A0 *Populenion albae*

Saucedas y choperas mediterráneas

De interés Bueno

Valor Global: Bueno -Excelente



Mapa Hábitats de interés comunitario (Fuente: IDENA)

Es de señalar que en el entorno de ámbito se localizan los siguientes hábitats de interés :

40906212

4090 *Genistion occidentalis* Rivas-Martinez, T.E. Díaz, Fernandez Prieto, Loidi & Penas 1984

Matorrales mediterráneos y oromediterráneos primarios y secundarios con dominio frecuente de genisteas

De interés Excelente

6212 Pastizales y prados xerofíticos basófilos cántabro-pirenaicos (*Bromion erecti: Mesobromenion*, *Potentillo-Brachypodienion pinnati*)

De interés Bueno



Mapa Hábitats de interés comunitario (Fuente: IDENA)

1.3.3 Espacios Naturales Protegidos

El ámbito de intervención no coincide con ningún espacio natural protegido. Si bien a más o menos distancia se localizan varios espacios.

FIGURA DE PROTECCIÓN	NOMBRE	DISTANCIA AL ÁMBITO DE INTERVENCIÓN
Zona de Especial Conservación (Natura 2000) y Zona de Especial Protección para las Aves (Natura 2000)	Peña Izaga -ES0000127 DF 68/2017 de 5 de julio	3km
Zona de Especial Conservación (Natura 2000)	Montes de la Valdorba-ES2200032 DF 79/2006 de 13 de noviembre	9,5 km
Espacios naturales protegidos. Paisaje Protegido	Montes de la Valdorba DForal 360/2004, de 22 de noviembre	9,5 km
Espacios naturales protegidos Reserva natural	Monte Olleta Ley 6/87	13km



Mapa Figuras de protección, más cercanas (Fuente: IDENA).

1.3.4 Fauna

El municipio de Monreal está rodeado de espacios naturales: del LIC de Laguna del Juncal, Peña Izaga, Sierra de Leire y Foz de Arbaiun, Sistema fluvial de los ríos Irati, Urrobi y Erro, Tramo medio del río Aragón y del ZEPA de Caparreta, Peña Izaga. Además, tiene en su entorno los siguientes embalses: Uribarri Ganboa/Uribarri Ganboako urtegia (147.00 hm3). El más cercano de estos espacios naturales el Peña Izaga a 3 km de distancia, el resto se sitúan a más de 9 km.

Por el municipio de Monreal se mueven, entre otras muchas, especies tan emblemáticas como abubilla, águila perdicera, águila culebrera, milano real, herrerillo capuchino, avión roquero, aguilucho pálido o gavilán rastrero, aguilucho cenizo, pito real, águila real o águila caudal, quebrantahuesos, buitre leonado, ciervo volante, tejón común, zorro, murciélago de Cabrera, jabalí, gineta o gato almizclero, gato montés, corzo, culebra de escalera, culebra de collar, culebra viperina, etc.

Respecto a la PESCA, tanto el río Elorz como su afluente Marsain son tramos de pesca libre extractiva de región ciprinícola.



Mapa Pesca de Peces. 2020 (Fuente:IDENA)

En cuanto a la CAZA, el ámbito se localiza en el Coto de Caza 10037 denominado Monreal, de zona mixta



Mapa Delimitación de acotados de caza válida para 2021 (Fuente:IDENA)

En cuanto a las áreas de protección de avifauna por medidas correctoras en líneas eléctricas RD 1432/2008, el ámbito se localiza entre dos de ellas.



Mapa Áreas de protección de la avifauna por líneas eléctricas. (Fuente: IDENA)

1.4 PATRIMONIO CULTURAL

El ámbito de intervención finaliza en un puente medieval y, limita con el trazado del Camino de Santiago Aragonés, en menor medida con el trazado oficial, tal y como se aprecia en la imagen adjunta.

Se trata del trazado oficial del Camino de Santiago en Navarra: el camino francés, que parte de Francia y pasa por Orreaga/Roncesvalles y el aragónés, que viniendo por Aragón y pasando por Sangüesa, se junta con el primero en Puente la Reina.



Puente Medieval y Recorrido del Camino de Santiago en Navarra (Fuente: IDENA)

En cuanto al puente, se trata de un puente de construcción gótica, con una ojiva apuntada y posiblemente contruído sobre uno anterior románico, se sitúa en la parte baja del pueblo, en la carretera que conduce a La Higa.



Puente medieval sobre el rio Elorz, en el tramo de intervención

Consta de dos arcos, uno circular de medio punto de 6,70 metros y otro apuntado de 8,50 metros, que se encuentran a su vez separados por un tajamar. El pavimento de la calzada es de piedra. Hoy en día, este puente de 25 metros de longitud se conserva perfectamente y es utilizado por sus vecinos para cruzar a diario el río Elorz. Se encuentra protegido por el planeamiento municipal, (ver apartado siguiente).

1.5 PLANEAMIENTO URBANÍSTICO

1.5.1 Planes de Ordenación Territorial - POT

El ámbito de intervención se ubica en la localidad de Monreal, municipio incluido en el **POT 03 Área Central**, aprobado por el Decreto Foral 45/2011, de 16 de mayo. Documento que define las siguientes Estrategias para la Ordenación del Patrimonio Natural y Cultural:

Estrategia para la Ordenación del Patrimonio Natural y Cultural- Patrimonio Natural. Áreas de Especial Protección

En el ámbito de intervención y su entorno no se localiza ningún área de especial protección.

Estrategia para la Ordenación del Patrimonio Natural y Cultural- Patrimonio Natural. Suelo de Protección por Riesgos Naturales

El ámbito de intervención se localiza dentro de Zonas Inundables



(Fuente: SIUN)

Estrategia para la Ordenación del Patrimonio Natural y Cultural- Patrimonio Natural. Suelo Protegido por la Legislación Vigente

El ámbito de intervención se localiza dentro de Suelo de Valor Cultural



(Fuente: SIUN)

SNUPrtCu: CS - Camino de Santiago

Normativa que afecta a estos espacios:

Decreto Foral 290/1988, de 14 de diciembre, por el que se delimita definitivamente el Camino de Santiago a su paso por Navarra y se establece su régimen de protección.

Descripción y Valores a Proteger:

Crucial como elemento espiritual, cultural e histórico, turístico, paisajístico, y de ocio.

SNUPrtCu: VP - Vías Pecuarias

Normativa que afecta a estos espacios:

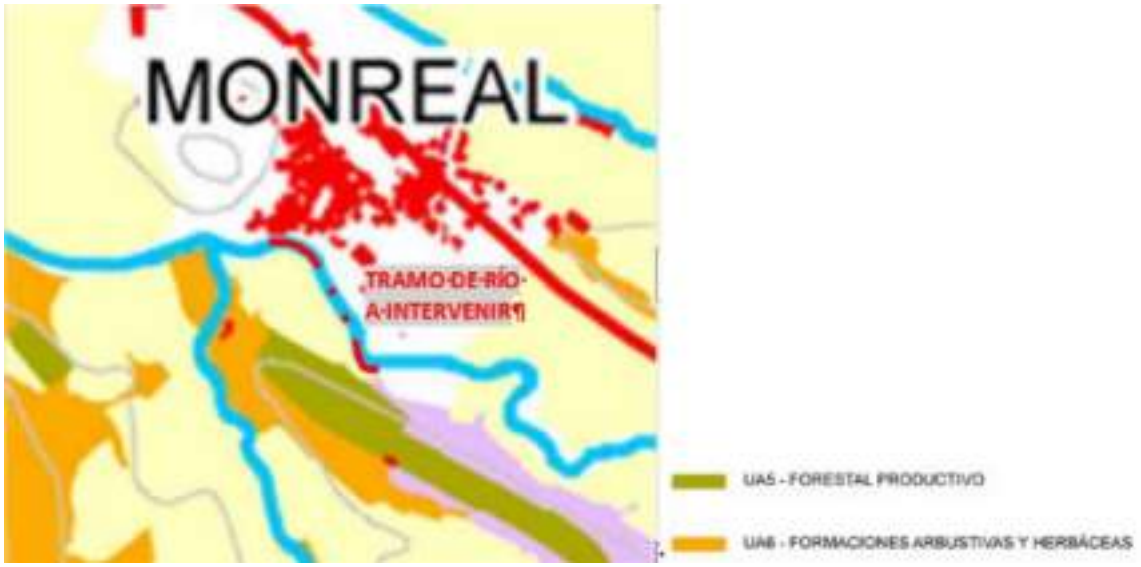
Ley Foral 19/1997, de 15 de diciembre, de régimen jurídico de las vías pecuarias de Navarra.

Descripción y Valores a Proteger:

La red de Vías Pecuarias en Navarra cumple, o puede llegar a cumplir una función importante de interconexión entre diversas áreas de la geografía regional y de relación con regiones limítrofes, y ser un importante elemento etnológico cultural. Presentan un valor indudable a nivel turístico y de ocio como vías y senderos verdes y en las zonas más humanizadas pueden servir o apoyar a futuros corredores ecológicos.

Estrategia para la Ordenación del Patrimonio Natural y Cultural- Patrimonio Natural. Unidades Ambientales

El ámbito de intervención se localiza en las proximidades de las siguientes Unidades Ambientales



(Fuente: SIUN)

UA5 Forestal Productivo - Masas de árboles repoblados, en la inmensa mayoría de los casos con fines de producción de madera

Valores a Proteger

Elementos frágiles:

- La productividad del suelo para madera.
- La reversibilidad de los usos.
- La capacidad de recuperación hacia formaciones más multifuncionales.
- La capacidad de retención del suelo, evitar la erosión y los aterramientos aguas abajo.
- Peligros y/o riesgos: incendios, tratamientos de limpieza y obtención de biomasa que provoquen erosión y dañen el suelo.

Potencialidades:

- La producción de biomasa “rápida” y capacidad de generar empleo, aunque sea temporal en una zona muy despoblada, y sobre suelos antaño ocupados por formaciones arbustivas y pastos.

UA6 Formaciones Arbustivas y Herbáceas - La diversidad de formaciones arbustivas y pastos en la zona está en relación con la gran diversidad de series de vegetación presentes en el ámbito y con la transición del mundo atlántico al mediterráneo.

Valores a Proteger

Elementos frágiles:

- Es una unidad ambiental infravalorada y frecuentemente repoblada con fines de restauración y de control de la erosión, que da lugar a espacios con escasa diversidad botánica, que albergan una fauna pobre, poco útiles para el pastoreo y con escaso valor paisajístico.
- La escasez de árboles también la hace candidata en numerosas ocasiones a la localización de numerosas infraestructuras y construcciones.

Potencialidades:

- Tiene un papel muy importante en el mantenimiento de la biodiversidad, especialmente en aquellos espacios en donde estas formaciones se dan en mosaico con formaciones arboladas y con áreas de cultivo o repoblaciones forestales, y frente al control de la erosión, pudiendo además ser la base de itinerarios de valor paisajístico y natural.
- La biodiversidad que supone el disponer de tantos hábitats diferentes. Deben evitarse las actuaciones a gran escala sobre estas unidades que supongan una homogeneización drástica del medio (repoblaciones forestales a gran escala).
- Suelo con valor productivo a mantener, con riesgo medio de erosión por la pendiente.

<u>Estrategia para la Ordenación del Patrimonio Natural y Cultural- Patrimonio Cultural, Arquitectónico y Urbano. Paisaje Urbano</u>

En el ámbito de intervención o en sus cercanías se localizan los siguientes elementos:



(Fuente: SIUN)

1.5.2 Planeamiento Municipal

El ámbito de intervención se ubica en la localidad de Monreal. El Plan General Municipal (PGM) de Monreal indica, en Suelo No Urbanizable (SNU), las siguientes determinaciones a tener en cuenta en la zona más inmediata a la intervención:

- SNU DE PRESERVACIÓN;

De Valor Cultural: Previsión trazado Pasada 30 y Senderos de especial interés.

- SNU DE PROTECCIÓN;

De Valor Cultural: Camino de Santiago, Vías pecuarias y Patrimonio arquitectónico-nº3 Puente Medieval (ver ficha más abajo);

De Prevención de riesgos: Inundabilidad con periodo de retorno 500 años;

De Valor Ambiental: Zona Fluvial.



NOR 1.1 /1:10.000 DETERMINACIONES ESTRUCTURANTES DEL TERRITORIO CLASIFICACIÓN DEL SUELO Y CATEGORÍAS Y SUBCATEGORIAS EN EL SUELO NO URBANIZABLE. MARZO 2020 (Fuente: PGM de Monreal)

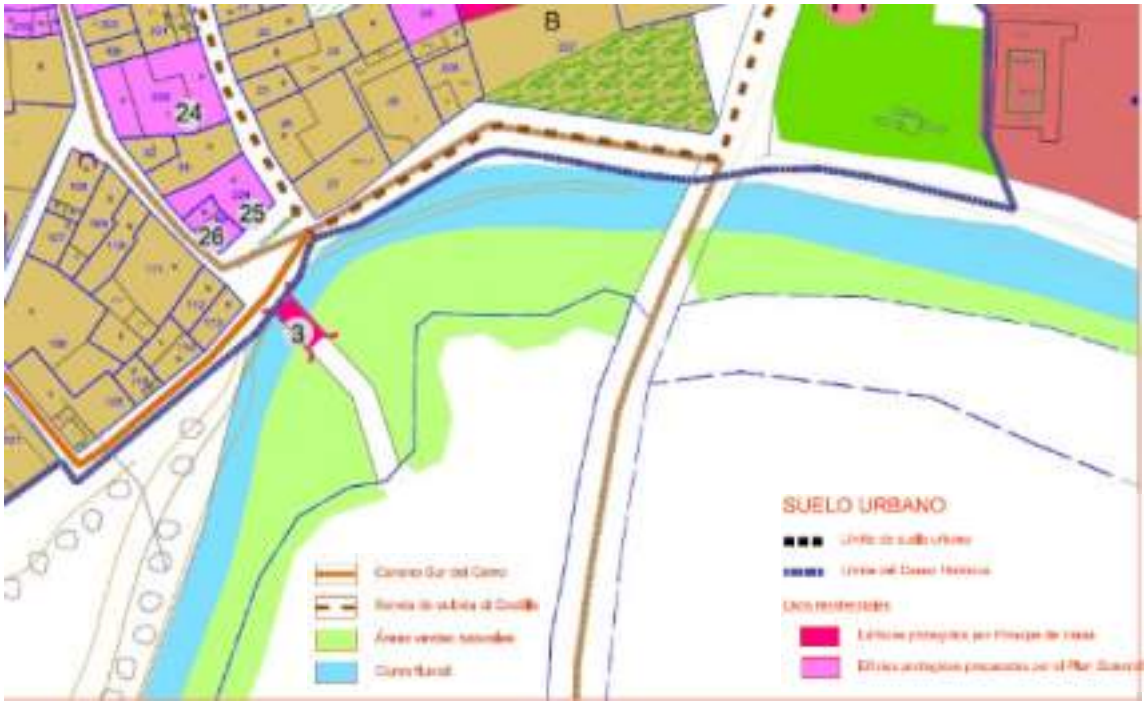


Respecto al Suelo de prevención de riesgos de inundabilidad, el ámbito de intervención se ubica en Área de riesto alto, tal y como se aprecia en la siguiente imagen.



NOR 1.1 /1:10.000 DETERMINACIONES ESTRUCTURANTES DEL TERRITORIO CLASIFICACIÓN DEL SUELO Y CATEGORÍAS Y SUBCATEGORIAS EN EL SUELO NO URBANIZABLE. MARZO 2020 (Fuente: PGM de Monreal)

Con respecto a la Protección del patrimonio, el ámbito de intervención se haya en el límite del Casco Histórico, donde está el curso fluvial, áreas verdes naturales y el Puente Medieval (Nº3, ver ficha adjunta). La Senda de subida al Castillo y El Camino Sur del Cerro discurre en parte paralelo al límite del Casco Histórico.



NOR 3.1 PLAN GENERAL MUNICIPAL MONREAL -PROTECCIÓN DEL PATRIMONIO CASCO HISTÓRICO 1:500 MARZO 2020 (Fuente: PGM de Monreal)

CATÁLOGO DE MONREAL		**FICHA Nº 3**
IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO	PROTECCIÓN INTEGRAL	GRADO I
	Nombre de la edificación	Puente medieval
	Dirección postal	Carretera de la Higa s/n
	Estilo y época	Gótico S. XIV-XV





DESCRIPCIÓN	El puente gótico situado al sur del núcleo urbano, sobre el río Elorz. Se ubica en la carretera que conduce a La Higa. Antiguamente, esta era la entrada a la villa ya que este punto formaba parte del llamado "Camino Francés" por donde los peregrinos que se dirigían a a Santiago entraban a Monreal. La construcción de sillería consta de ojos con dos arcos; uno circular de medio punto de 6,70 metros y otro apuntado de 8,50 metros, que se encuentran a su vez separados por un tajamar. El pavimento de la calzada es de piedra.	
	INTERÉS CONSTRUCTIVO	Medio
	INTERÉS HISTÓRICO-AMBIENTAL	Alto
	INTERÉS FUNCIONAL	Alto
	ESTADO DE CONSERVACIÓN	Bueno

GRADO DE PROTECCIÓN	**OBRAS PERMITIDAS**
Grado I	Conservación y restauración

PROTECCIÓN ESPECÍFICA

La protección que se establece en la Normativa para este grado de protección.

BIBLIOGRAFÍA: IPA,ref.0775, Catálogo monumental, Signatura, 9489; GARCÍA GAINZA, M. 1982, pp. 194 len 238

RESTAURACIÓN RÍO ELORZ, EN MONREAL DE NAVARRA

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN Y VALORACIÓN HIDROMORFOLÓGICA Y MEDIOAMBIENTAL



MAYO 2021

RESTAURACIÓN RÍO ELORZ, EN MONREAL DE NAVARRA

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN Y VALORACIÓN HIDROMORFOLÓGICA Y MEDIOAMBIENTAL

1 INTRODUCCIÓN 3
1.1 EQUIPO REDACTOR 3
1.2 OBJETIVOS 4
1.3 ÁMBITO DEL ESTUDIO 5

2 PROPUESTA DE INTERVENCIONES 7
2.1 RETIRADA DE LA ESCOLLERA 10
2.2 RETIRADA DEL RELLENO JUNTO AL PUENTE MEDIEVAL 12
2.3 APERTURA DEL CANAL DEL RÍO ELORZ ENTRE EL PUENTE NUEVO Y LA ESCOLLERA 13
2.4 ELIMINACIÓN DEL RESALTE DE TERRENO AGUAS ABAJO DEL VADO DE HORMIGÓN, MARGEN DERECHA 14
2.5 RESTAURACIÓN DE LAS RIBERAS MÁS ALTERADAS 14

3 DIAGNÓSTICO TERRITORIAL: INVENTARIO AMBIENTAL 16
3.1 CLIMA 16
3.2 ASPECTOS GEOFÍSICOS 16
3.2.1 Geología y suelos 16
3.2.2 Hidrología 20
3.3 ASPECTOS NATURALÍSTICOS 25
3.3.1 Vegetación 25
3.3.2 Hábitats de interés comunitario 27
3.3.3 Espacios Naturales Protegidos 29
3.3.4 Fauna 30
3.4 PATRIMONIO CULTURAL 33
3.5 PLANEAMIENTO URBANÍSTICO 35
3.5.1 Planes de Ordenación Territorial - POT 35
3.5.2 Planeamiento Municipal 39

4 ESTUDIO HIDRAULICO BIDIMENSIONAL 43
4.1 OBJETIVOS 43
4.2 LOCALIZACIÓN 43
4.3 JUSTIFICACIÓN DE UN MODELO BIDIMENSIONAL 43
4.4 CARACTERIZACIÓN DE LA FUNCIONALIDAD HIDRÁULICA ACTUAL 44
4.4.1 Objetivo 44
4.4.2 Material y métodos 44
4.4.3 Resultados 50
4.4.4 Conclusiones 55
4.5 CARACTERIZACIÓN DE LA FUNCIONALIDAD HIDRÁULICA POTENCIAL 55

4.5.1 ESCENARIO 0: NO INTERVENCIÓN 56
4.5.2 ESCENARIO 1: DESMANTELAMIENTO DE LA ESCOLLERA 56
4.5.3 ESCENARIO 2: ELIMINACIÓN DEL RELLENO JUNTO AL PUENTE MEDIEVAL 62
4.5.4 ESCENARIO 3: E2 modificado + REPERFILADO DEL TALUD DE LA MARGEN IZQUIERDA DEL CAUCE DESDE LA ESCOLLERA HASTA EL PUENTE NUEVO. 67
4.5.5 ESCENARIO 4: E2+ ENSANCHAMIENTO DE LA SECCIÓN Y REPERFILADO DEL TALUD DE LA MARGEN IZQUIERDA DEL CAUCE DESDE LA ESCOLLERA HASTA EL PUENTE NUEVO. 77

4.6 CONCLUSIONES DESDE EL PUNTO DE VISTA HIDRAÚLICO 82

5 VALORACIÓN ECONÓMICA BÁSICA DE LAS PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN 86

6 COMPARATIVA DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS 88

7 CONCLUSIONES FINALES 88

8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y FUENTES DE DOCUMENTACIÓN 90

1 INTRODUCCIÓN

El presente estudio se redacta a petición del Ayuntamiento de Monreal (Navarra), que manifiesta su voluntad de acometer la mejora hidromorfológica y ambiental del cauce del río Elorz, a su paso por este municipio.

Este documento contempla una primera fase de estudio, en la que se han valorado a nivel básico varias propuestas de alternativas de intervención consensuadas con el Ayuntamiento, y que se estiman de interés para la mejora pretendida, concretamente:

- Retirada de la escollera de la margen izquierda
- Retirada del relleno aguas arriba del Puente Medieval, margen izquierda, y de los acarreos junto al puente en esta misma margen
- Apertura del cauce por excavación de la parcela 129 B – Polígono 3, entre el puente nuevo y el vado de hormigón, margen izquierda
- Mejora de la capacidad hidráulica del Puente Nuevo mediante la apertura del mismo en la margen izquierda, colocando un nuevo vano o aliviadero mediante un marco prefabricado de hormigón
- Restauración vegetal y consolidación de los tramos de las márgenes más degradados con revegetación y bioingeniería

En esta fase se plantean las principales intervenciones, y se confecciona un modelo hidráulico, de manera que se obtengan las previsiones en los diferentes escenarios para varios periodos de retorno, como elemento de decisión para determinar que intervenciones generan mayor o menor beneficio sobre la hidráulica y la inundabilidad, además de sobre el resto de factores ambientales del río Elorz.

1.1 EQUIPO REDACTOR

ECOINGENIA ha reunido un equipo de trabajo compuesto por técnicos expertos en cada una de las materias necesarias, bajo la dirección de **Mercedes Valenzuela, Licenciada en Biología y experta en Paisajismo**.

Mercedes Valenzuela, es **Licenciada en Biología y experta en Paisajismo** y Bioingeniería, colegiada nº 19218_ARN, con 15 años de experiencia en el diseño de proyectos.

El equipo técnico que se pondrá al servicio de este contrato se podrá completar con los siguientes expertos, en función de las necesidades:

Leticia Carrero Díez, Ingeniera Técnica Forestal, Licenciada en Ciencias Ambientales y Máster en Erosion and Soil and Water Conservation. Experta en Sistemas de Información Geográfica y Modelos hidráulicos e hidrológicos aplicados a trabajos de restauración de ríos y de cuencas.

Isabel de la Morena, Doctora en Ciencias Biológicas y Paisajista, colegiada nº 1.222-G del COBCM, con más de 25 años de experiencia y cientos de proyectos realizados.

Ana Herreras Moratinos, licenciada en biología y experta en medioambiente.

1.2 OBJETIVOS

Los objetivos del proyecto promovido por el Ayuntamiento son:

- Mejorar las condiciones hidromorfológicas, evitando inundaciones de avenida como las sufridas en temporadas anteriores.
    - Proteger el camino de las huertas y evitar reconstrucciones periódicas del mismo.
    - Proteger y consolidar la calle Barrio Abajo y plaza de Santa Bárbara.
- Recuperar la biodiversidad fluvial, la vegetación de ribera y la continuidad del bosque ripario en este tramo, y con las zonas adyacentes.
- Retornar al río su llanura de inundación, al menos en parte, y su continuidad transversal.
- Mejorar la calidad de las aguas.
- Reducir los procesos erosivos y consolidar las riberas con técnicas de bioingeniería para evitar desprendimientos y deslizamientos.
- Recuperar la vista completa del puente medieval, retirando rellenos antrópicos que la interfieren, de manera que se permita la interpretación y descubrimiento de los valores del lugar.
- Reconstruir el Camino de Santiago como un sendero por la margen izquierda del Elorz, hasta llegar al puente medieval.
- Promover el uso de la campa junto al río (Parque de la Barbacoa), integrando la ribera como elemento de valor en el nuevo diseño.

- Si fuese posible, integrar en el diseño una zona de playa fluvial que posibilite el baño, o sencillamente el acceso al río.

- Partir de los materiales existentes y reutilizar en la medida de lo posible el material de las demoliciones y movimientos de tierra en la propia obra.



Escollera en la margen izquierda a valorar su eliminación

1.3 ÁMBITO DEL ESTUDIO

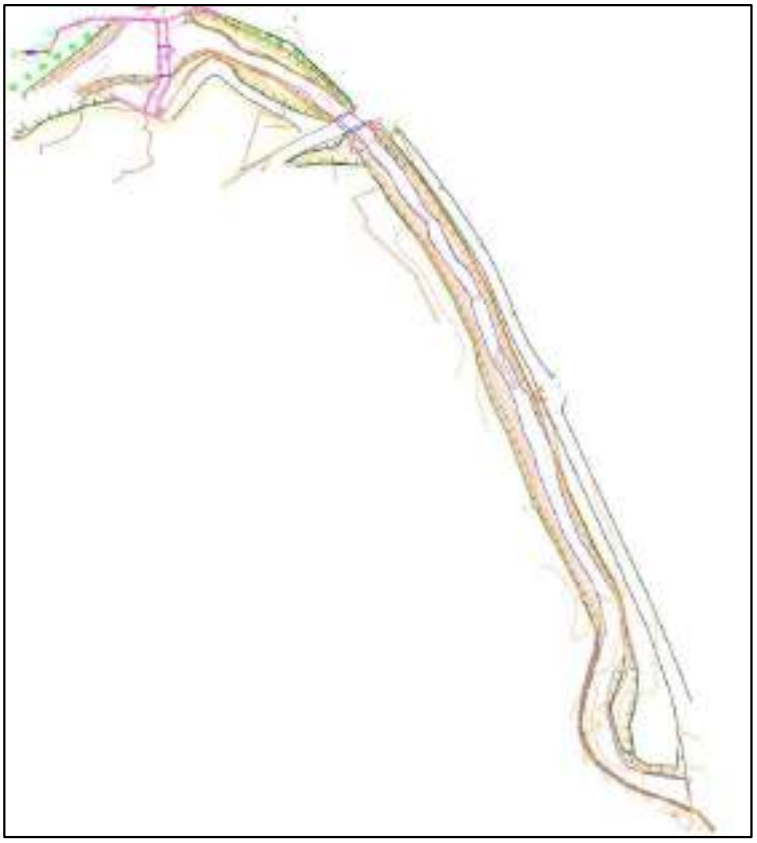
El ámbito que ocupa este estudio se localiza íntegramente en el término municipal de Monreal, y se corresponde con el tramo del río Elorz más relacionado con la zona urbanizada.



Ámbito del estudio

2 PROPUESTA DE INTERVENCIONES

Como posibles medidas para alcanzar los objetivos de mejora planteados, se han definido varias posibles intervenciones. Entre ellas, destacamos por su relevancia 3, que serán las que se estudien en detalle en este documento, de cara a estimar su verdadera capacidad para generar los cambios deseados.



Planta general del ámbito de estudio

Tras un primer reconocimiento del tramo de estudio, destaca la existencia de dos obstáculos importantes, que pueden estar comprometiendo la capacidad hidráulica del cauce, concretamente:

- Una escollera de tamaño relevante, localizada en el tramo aguas arriba de la zona de estudio, margen izquierda



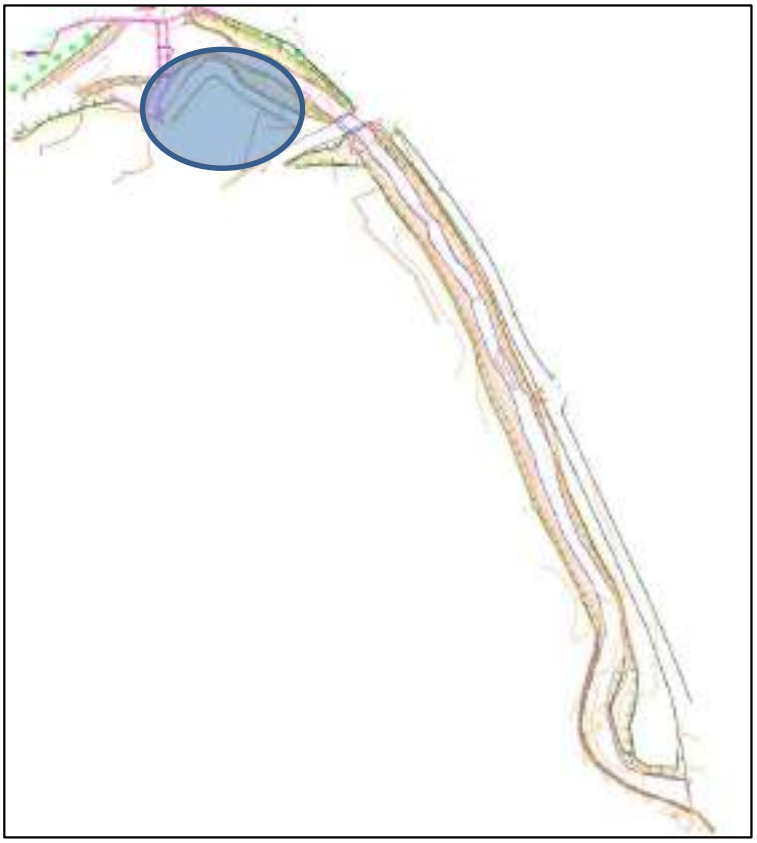
Escollera aguas arriba, margen izquierda



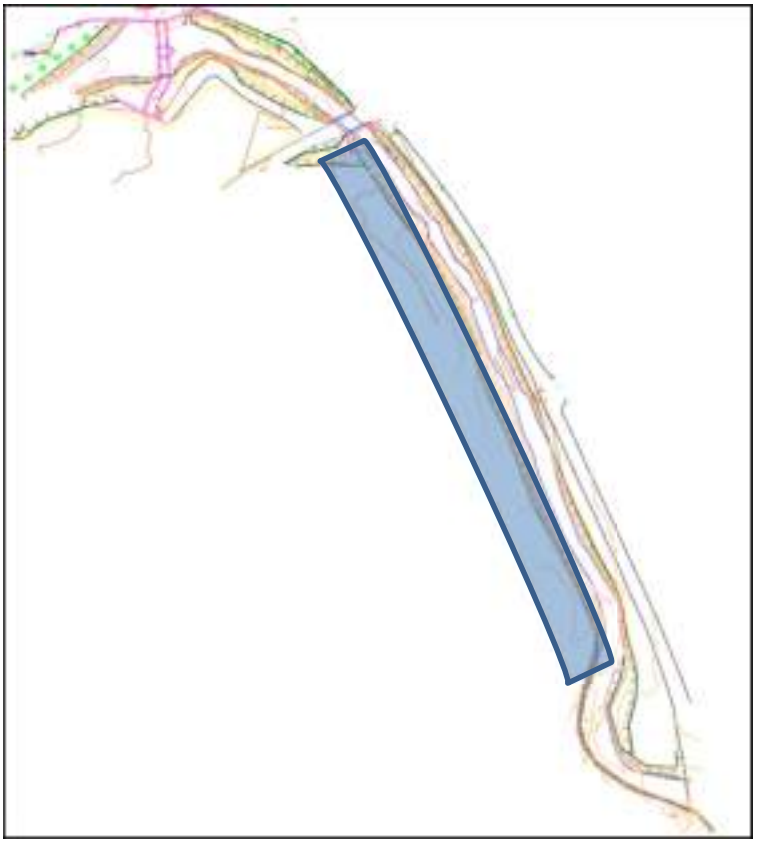
- Un relleno que prácticamente tapa el lado izquierdo del puente medieval, generando una plataforma elevada, y haciendo muy difícil observar este elemento patrimonial en su totalidad desde aguas arriba.



Relleno aguas arriba del puente medieval, margen izquierda

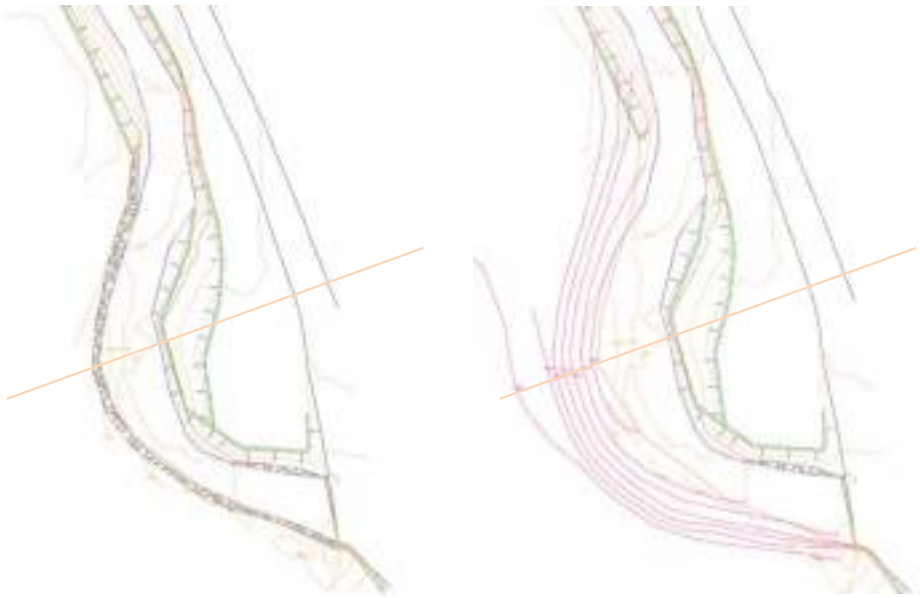


Además, se ha simulado los efectos que tendría modificar la morfología del cauce entre el Puente Nuevo y le vado de hormigón en su margen izquierda, a la vista de fotos históricas que ponen de manifiesto cómo el Elorz tenía más anchura disponible en el pasado. Se ha estudiado la posibilidad de tender esa ribera y abrir la capacidad hidráulica en ese tramo.



2.1 RETIRADA DE LA ESCOLLERA

Esta escollera, que en su día se construyó aparentemente para proteger los cultivos de la fuerza del río, y sacar más rendimiento a esa parcela, no tiene mayor uso hoy en día. Tiene 80 m de largo, y una altura de entre 3 y 4 m, según las zonas.



Planta de la escollera, estado actual e intervenido

Se valora la retirada total de este elemento, la apertura del cauce dándole 2 m más de anchura, y el tendido del talud excavando parte de las tierras rellenadas, hasta regenerar una ribera suave de pendiente máxima 2H:1V.

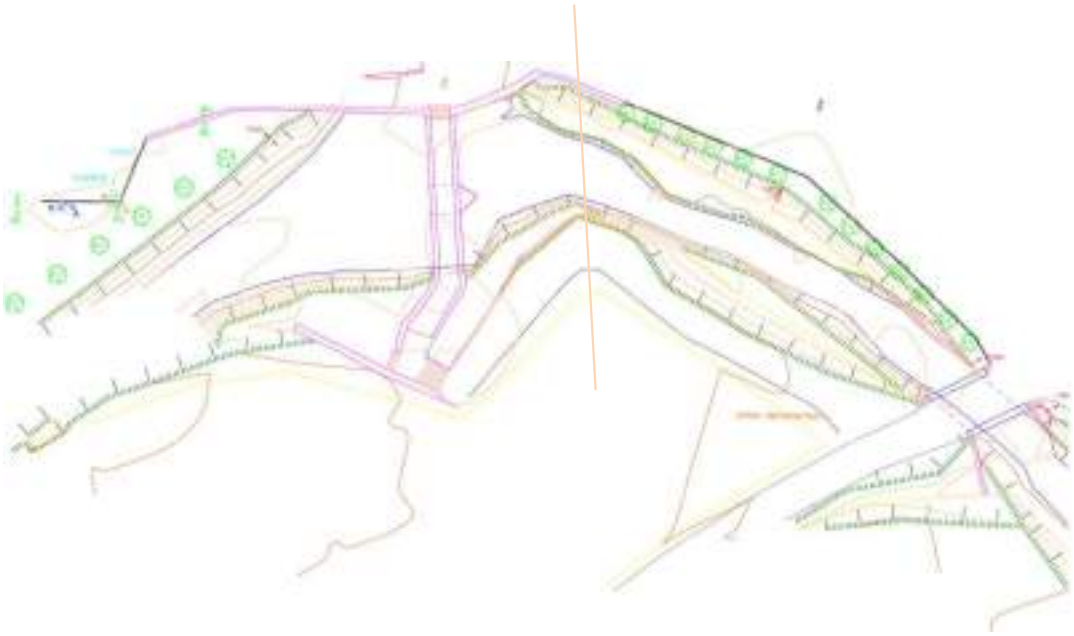


Sección tipo en la zona de la escollera:
_____ Terreno actual (verde)
_____ Propuesta (naranja)

2.2 RETIRADA DEL RELLENO JUNTO AL PUENTE MEDIEVAL

Este relleno genera una terraza elevada, sustentada en parte por un muro de piedra, que encajona el cauce y hace que el puente no se pueda apreciar en su totalidad al verlo desde el pueblo, quedando el estribo izquierdo prácticamente oculto.

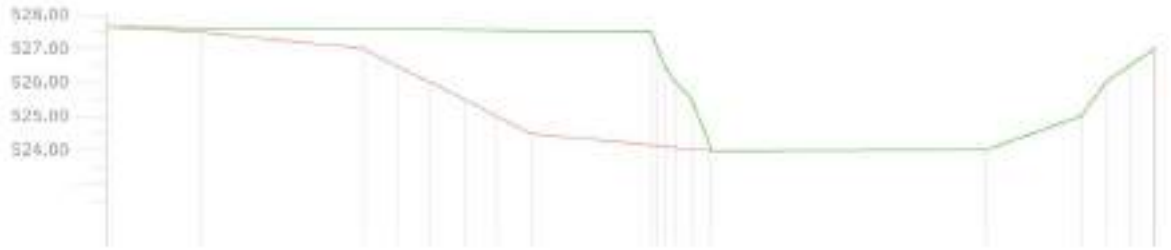
La longitud de ribera es de unos 60 m, entre los dos puentes. El relleno tiene una altura total de 3 m.



Planta de la zona del relleno, estado actual



Planta de la zona del relleno, estado intervenido



Sección tipo aguas arriba del Puente Medieval:
_____ Terreno actual (verde)
_____ Propuesta (naranja)

2.3 APERTURA DEL CANAL DEL RÍO ELORZ ENTRE EL PUENTE NUEVO Y LA ESCOLLERA.

Además, se ha valorado la mejora hidráulica que supondría la apertura y ensanche del actual cauce en el tramo indicado, por su margen izquierda, como medida que pueda favorecer el que se minimice la inundabilidad en la zona urbana, actualmente en precario. Esta medida se ha simulado en dos escenarios diferentes:

- (Escenario 3).- Apertura del canal existente tendiendo el talud hasta crear una ribera de pendiente moderada, del orden del 20%, generando una orilla suave aterrazada.

- (Escenario 4).- Excavación de un canal del río de mayor anchura, desmontando de forma más intensa la parcela agrícola de la margen izquierda, hasta aplicar el ancho del lecho del río en 5 m. Esta intervención conlleva además la apertura de un nuevo aliviadero en el Puente Nuevo por su margen izquierda, para dar continuidad a lo ampliado.



Sección tipo entre el Puente Nuevo y la escollera (escenario 3):
_____ Terreno actual (verde)
_____ Propuesta (naranja)

2.4 ELIMINACIÓN DEL RESALTE DE TERRENO AGUAS ABAJO DEL VADO DE HORMIGÓN, MARGEN DERECHA

Además, se ha simulado hidráulicamente el efecto que tendría la eliminación del resalte del terreno existente aguas debajo del vado de hormigón, con la esperanza de que esta intervención ayudase a mejorar el estado de inundabilidad del camino de la Higa, y en consecuencia del resto de casco urbano, si bien se ha comprobado que no tiene efecto alguno, por lo que no se incluye en los siguientes apartados esta acción.



2.5 RESTAURACIÓN DE LAS RIBERAS MÁS ALTERADAS

Complementariamente, se propone la restauración de los tramos de ribera más alterados, mediante su revegetación y consolidación mediante técnicas de bioingeniería, allí donde sea necesario.

Se tratarán las dos zonas descritas en los apartados anteriores, una vez se retiren los obstáculos y se remodelen.

Además, se propone consolidar la margen derecha aguas abajo del puente medieval, muy afectada por las crecidas, y todos los tramos de la margen derecha junto al camino de las huertas donde la vegetación protectora falta o es escasa, y donde el camino tiene síntomas de descalce.



Zona del parque de la barbacoa, aguas abajo del puente medieval en la margen derecha, afectada por las crecidas.

3 DIAGNÓSTICO TERRITORIAL: INVENTARIO AMBIENTAL

A continuación se hace una valoración del medio del entorno del estudio. Se trata de una revisión de los diferentes factores que pueden verse relacionados con esta propuesta, de manera que se tenga una base de partida acerca de los principales valores ambientales, condicionantes, debilidades y fortalezas del ámbito relacionado con este tramo del río Elorz

3.1 CLIMA

El ámbito de intervención se ubica en el municipio de Monreal.

Monreal se encuentra en una zona de transición entre la Montaña navarra y la Navarra Media. En esta zona de Navarra se mezclan los caracteres de los climas suboceánicos y submediterráneos. La temperatura media anual es de 12-14 grados y la precipitación media anual es de 600-800 mm.

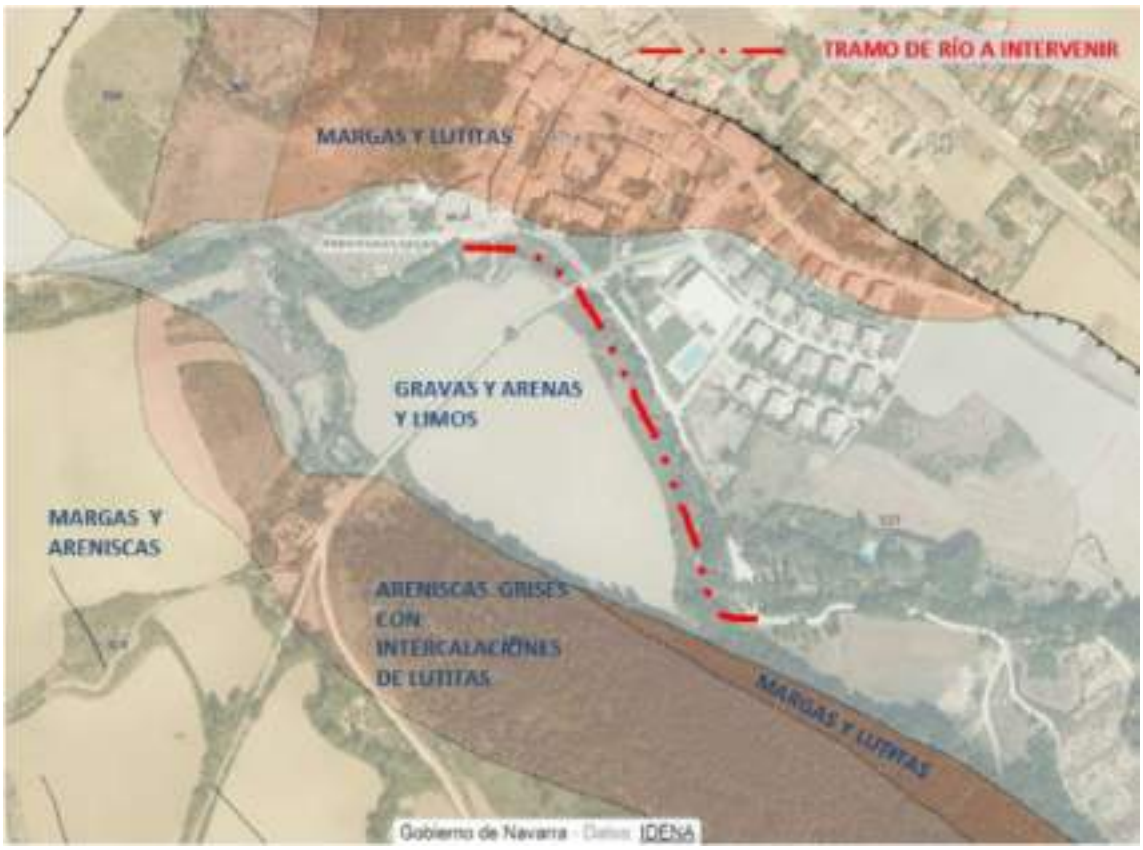
Monreal tiene una primavera con precipitaciones relativamente agradable; con valores de temperatura que originan tanto días fríos como calurosos. El verano tiene la cualidad de cursar con temperaturas agradables, en comparación con gran parte de la Península. Los otoños son húmedos y progresivamente frescos, pudiendo darse nevadas. Y los inviernos son fríos.

3.2 ASPECTOS GEOFÍSICOS

3.2.1 Geología y suelos

En concreto el ámbito de intervención del río Elorz se ubica sobre Gravas y Arenas y Limos de la Era del Cuaternario y la Edad del Holoceno. El ámbito limita con, (ver imagen):

- Margas y Lutitas- Era Terciario Marino, Edad y Piso Priaboniense.
- Margas y Areniscas - Era Terciario Continental, Edad Sueviense inferior, Piso Sueviense.
- Areniscas grises con Intercalaciones de Lutita – Era Terciario Marino, Edad Priaboniense-Hedoniense, Piso Priaboniense.



Mapa Geológico-Litológico 1:25.000 (Fuente: IDENA)

Ocupación del suelo

El ámbito se encuentra en la Comarca Agraria denominada: Pirineos, si bien se encuentra próxima a la Cuenca de Pamplona



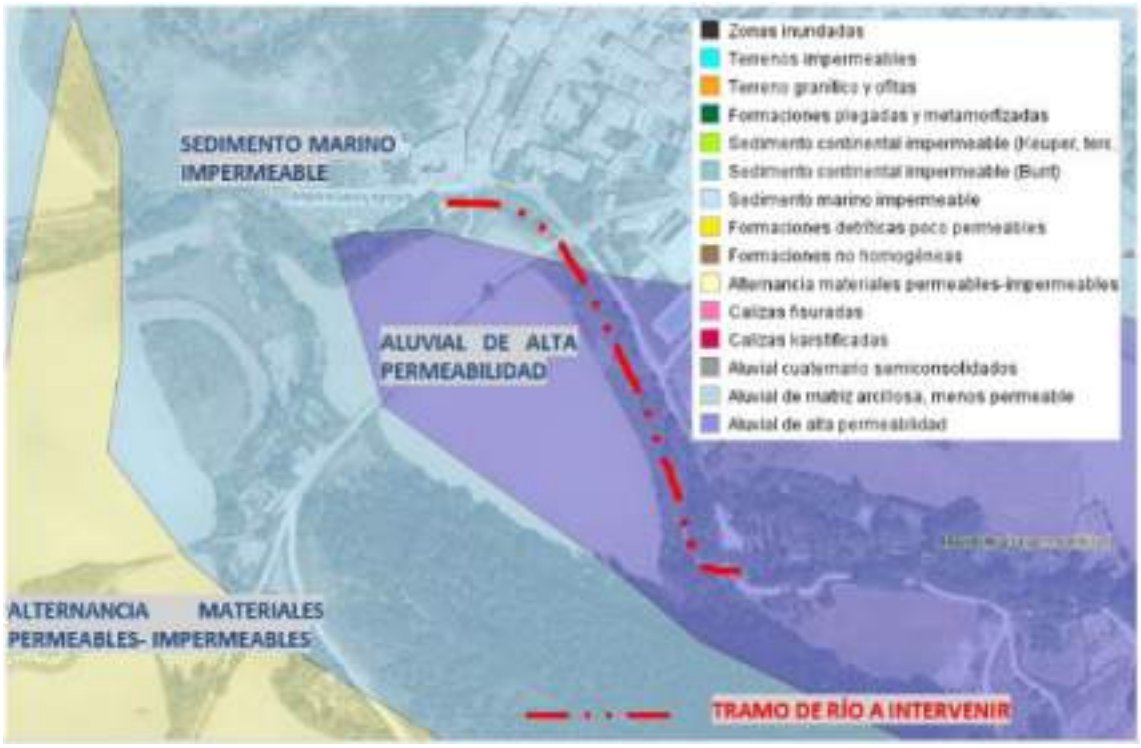
Mapa Comarcas Agrarias de Navarra (Fuente: IDENA)

A continuación, se incluye la ubicación de emplazamientos de lugares en los que se han detectado vertidos de forma incontrolada en el entorno del ámbito de intervención:



Mapa Espacios degradados - Escombreras. (Fuente: IDENA)

Respecto a la **vulnerabilidad de acuíferos a la contaminación**, el ámbito se ubica en zona de Aluvial de alta permeabilidad, y en menor medida, sobre sedimento marino impermeable.



Mapa Vulnerabilidad de acuíferos a la contaminación (Fuente: IDENA)

Cabe señalar que en el entorno del ámbito de intervención se localizan varios **manantiales**.



Mapa Inventario de manantiales de Navarra. Escala 1:50.000. (Fuente: IDENA)

3.2.2 Hidrología

El ámbito de intervención corresponde al río Elorz. Este curso de agua pertenece a la tipología, "Montaña Mediterránea Calcárea", de la clasificación que el CEDEX realiza en 2005. Confluye con el Arga por su margen izquierda poco después de Pamplona. Nace en la Sierra de Izco a más de 12km de distancia del ámbito, en la vertiente oeste del puerto de Loiti. Tiene una longitud de 32 km y, conforma una cuenca de 282 km², perteneciente a la cuenca del Arga. Sus principales afluentes son el río Unciti, el río Sadar y el barranco de Errekaldea; aguas abajo del ámbito desemboca el río Marsain.



Recorrido el río Elorz



Cursos de agua del ámbito y su entorno

En cuanto a la **calidad de las aguas de río Elorz**, el único punto de muestreo con el que cuenta se ubica aguas abajo del ámbito, cercano a su confluencia con el río Arga, en la ciudad de Pamplona, a la altura del barrio pamplonés de Echavacóiz.

De acuerdo con el Plan Director de Ordenación Piscícola de Salmónidos de Navarra, D.F 157/1995, de 3 de julio, el río Elorz pertenece a la Región Ciprinícola en su totalidad.

Respecto a los elementos de calidad químicos y físico-químicos del estado ecológico en estaciones de ríos en 2020, en el río Elorz durante la campaña de primavera las condiciones fisicoquímicas son buenas en términos generales. Sin embargo, se detecta contaminación por amonio. En estiaje también las condiciones son buenas, aunque en esta ocasión se detecta cierto déficit de oxígeno. En ambas campañas la conductividad es elevada, debido principalmente a los terrenos por donde discurre el río. En general, el río Elorz posee una buena calidad físico-química.

Código	Punto de muestreo	PO_4	NH_4	NO_3	pH	O_2	DIAGNÓSTICO

92301000	Elorz en Pamplona	0,31	0,08	6,7	8,13	9,58	BUENO

Fuente: Memoria de la red de control de calidad de agua. 2020

La calidad biológica de este tramo del río Elorz no es buena en ninguna de las campañas. En ambos casos es media, Clase III.

	IBMWP						
	PRIMAVERA				ESTIAJE		
Estaciones	Tipo	Valor	Nº Fam.	Clase Calidad	Valor	Nº Fam.	Clase Calidad
N-17 Pamplona	12	79	18	III	76	19	III

Fuente: Estudio de Determinación de Índices Bióticos en 89 puntos de los ríos de Navarra (2020)

Para analizar el Estado Trófico, se recogen muestras de algas bénticas y planctónicas:

Producción primaria en el río Elorz. Clorofila en BENTOS. Año 2020.						
	PRIMAVERA			ESTIAJE		
Estación	Clorofila (mg m^{-2})	Índice Margalef	Situación trófica	Clorofila (mg m^{-2})	Índice Margalef	Situación trófica
N-17 Pamplona	878,32	2,25	Hipereutrofia	195,72	2,10	Hipereutrofia

Fuente: Estudio de Determinación de Índices Bióticos en 89 puntos de los ríos de Navarra (2020)

La concentración de clorofila en las algas bentónicas tanto en primavera como en estiaje indica hipereutrofia.

Producción primaria en el río Elorz. Clorofila en PLANCTON. Año 2020.						
	PRIMAVERA			ESTIAJE		
Estación	Clorofila (µg l^{-1})	Índice Margalef	Situación trófica	Clorofila (µg l^{-1})	Índice Margalef	Situación trófica
N-17 Pamplona	1,60	2,77	Oligotrofia	4,54	2,29	Oligotrofia

Fuente: Estudio de Determinación de Índices Bióticos en 89 puntos de los ríos de Navarra (2020)

La clorofila planctónica indica una situación diferente, de oligotrofia en ambas campañas. Las algas bentónicas y planctónicas se encuentran en fase de maduración según el índice de Margalef.

En lo que respecta a la *evolución temporal del Río Elorz*, en este punto (Pamplona) comienzan los muestreos en el año 2002. El promedio de la serie toma valores que

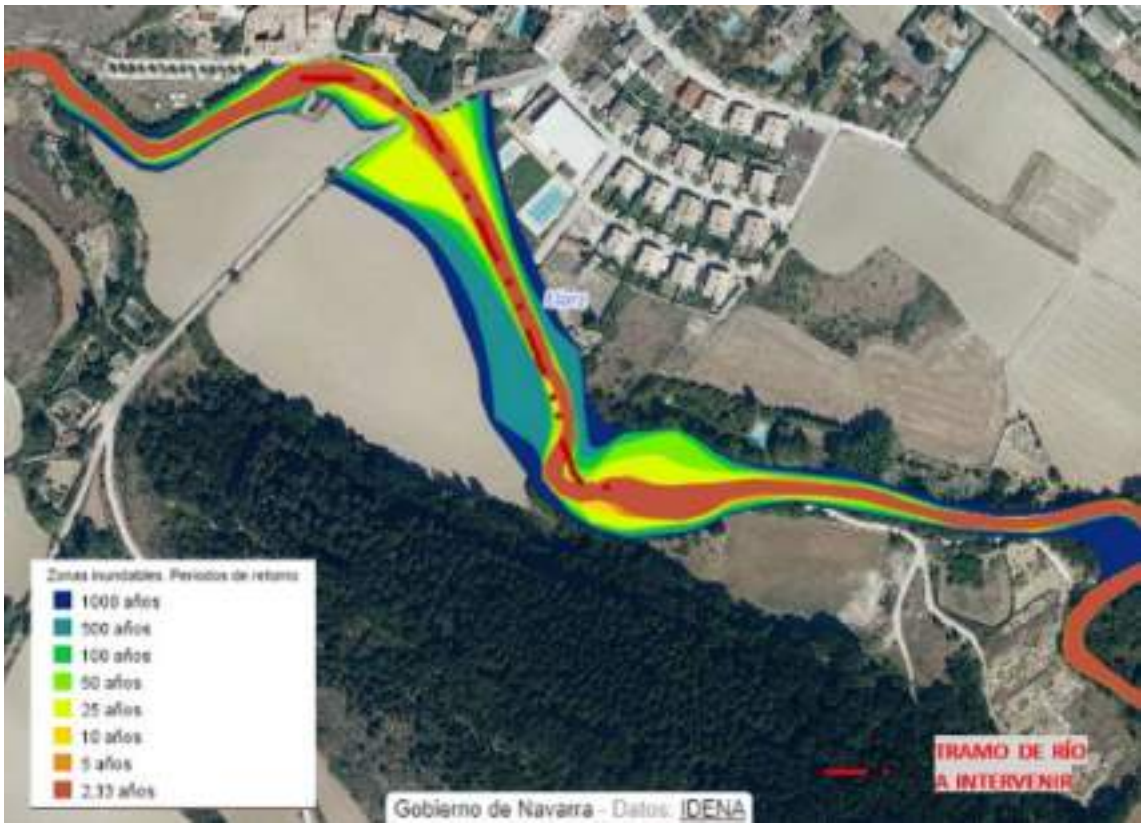
indican una escasa calidad de agua (Clase IV), aunque en el límite que indica una Clase III. Este tramo únicamente logra en una ocasión alcanzar los objetivos de la DMA, y es en la campaña de primavera de 2016. En 2020 la calidad del agua resulta media (Clase III) en las dos campañas.

El estado ecológico (2019) del río Elorz en Pamplona es Moderado. A nivel fisicoquímico presenta muy buen estado. A nivel de indicadores biológicos, es peor, siendo moderado.

COD RIOS		COD IB			MAS	TIPO
92301000		ELORZ_000867			10842	112
O2	**PH**	**PO4**	**NH4**	**NO3**	**CLASIFICACIÓN FQ**	
MB	MB	MB	MB	MB	MB	
BMWP	**IPS**	**CLASIFICACIÓN BIO**				
Mo		Mo				
ESTADO ECOLÓGICO		MODERADO				

Fuente: Estado ecológico de masas de agua superficial de Navarra. 2020

A continuación, se muestra las zonas de inundables y los periodos de retorno del ámbito de intervención.



Mapa Zona inundables y periodos de retorno (Fuente: IDENA)

3.3 ASPECTOS NATURALÍSTICOS

3.3.1 Vegetación

Vegetación potencial

El mapa de series de vegetación potencial a escala 1: 25.000 de Navarra (Fuente IDENA), indica en la zona la presencia de 2 series:

- Vegetación de Ribera: Geoserie riparia navarro-alavesa y castellano-cantábrica *Salico lambertiano-angustiafoliae S.; Humulo-Alno glutinosae S.; Viburno-Ulmo minoris S*. (1)
- Robledales de roble peloso: Serie de los robledales de roble peloso navarro-alaveses *Roso arvensis-Querco humilis S.* Faciación con tomillares y aligares submediterráneos con boj (2)



Mapa de series de vegetación potencial (Fuente IDENA)

Vegetación actual

El mapa de cultivos y aprovechamientos disponible en IDENA correspondiente al año 2019 indica la presencia en el ámbito de intervención de Frondosas, que incluye

cobertura con chopo y álamo principalmente, y en menor media sauce y fresno de hoja estrecha, en ese orden, además contiene arce y vegetación de ribera.

Así en su entorno se puede observar Cultivos herbáceos en secano, Coníferas de pino laricio (*Pinus nigra*) en estado fustal y, Forestal no arbolado que contiene matorral mediterráneo (60%) y Bojeral (30%) y Pino silvestre (10%).



Mapa de Cultivos y Aprovechamientos 2019 (escala 1:25.000) (Fuente: IDENA)

Por otro lado, el Mapa de Series de Vegetación Navarra, incluye el ámbito de intervención en la Geoserie fluvial castellano-cantábrica y pamplonesa de las alisedas y olmedas (1), la cual se encuentra rodeada de la Serie pirenaica occidental y navarro-alavesa de los robledales pubescentes (*Roso arvensis-Querco pubescentis S.)* (2).



Mapa de Series de Vegetación de Navarra, a escala 1:50.000 (Fuente: IDENA)

3.3.2 Hábitats de interés comunitario

El ámbito de intervención incluye un tipo de hábitat natural de interés comunitario de Navarra, cuya conservación requiere la designación de zonas de especial conservación conforme a la Directiva 92/43/CEE.

92A0 *Populenion albae*

Saucedas y choperas mediterráneas

De interés Bueno

Valor Global: Bueno -Excelente



Mapa Hábitats de interés comunitario (Fuente: IDENA)

Es de señalar que en el entorno de ámbito se localizan los siguientes hábitats de interés :

40906212

4090 *Genistion occidentalis* Rivas-Martinez, T.E. Díaz, Fernandez Prieto, Loidi & Penas 1984

Matorrales mediterráneos y oromediterráneos primarios y secundarios con dominio frecuente de genisteas

De interés Excelente

6212 Pastizales y prados xerofíticos basófilos cántabro-pirenaicos (*Bromion erecti: Mesobromenion*, *Potentillo-Brachypodienion pinnati*)

De interés Bueno



Mapa Hábitats de interés comunitario (Fuente: IDENA)

3.3.3 Espacios Naturales Protegidos

El ámbito de intervención no coincide con ningún espacio natural protegido. Si bien a más o menos distancia se localizan varios espacios.

FIGURA DE PROTECCIÓN	NOMBRE	DISTANCIA AL ÁMBITO DE INTERVENCIÓN
Zona de Especial Conservación (Natura 2000) y Zona de Especial Protección para las Aves (Natura 2000)	Peña Izaga -ES0000127 DF 68/2017 de 5 de julio	3km
Zona de Especial Conservación (Natura 2000)	Montes de la Valdorba-ES2200032 DF 79/2006 de 13 de noviembre	9,5 km
Espacios naturales protegidos. Paisaje Protegido	Montes de la Valdorba DForal 360/2004, de 22 de noviembre	9,5 km
Espacios naturales protegidos Reserva natural	Monte Olleta Ley 6/87	13km



Mapa Figuras de protección, más cercanas (Fuente: IDENA).

3.3.4 Fauna

El municipio de Monreal está rodeado de espacios naturales: del LIC de Laguna del Juncal, Peña Izaga, Sierra de Leire y Foz de Arbaiun, Sistema fluvial de los ríos Irati, Urrobi y Erro, Tramo medio del río Aragón y del ZEPA de Caparreta, Peña Izaga. Además, tiene en su entorno los siguientes embalses: Uribarri Ganboa/Uribarri Ganboako urtegia (147.00 hm3). El más cercano de estos espacios naturales el Peña Izaga a 3 km de distancia, el resto se sitúan a más de 9 km.

Por el municipio de Monreal se mueven, entre otras muchas, especies tan emblemáticas como abubilla, águila perdicera, águila culebrera, milano real, herrerillo capuchino, avión roquero, aguilucho pálido o gavilán rastrero, aguilucho cenizo, pito real, águila real o águila caudal, quebrantahuesos, buitre leonado, ciervo volante, tejón común, zorro, murciélago de Cabrera, jabalí, gineta o gato almizclero, gato montés, corzo, culebra de escalera, culebra de collar, culebra viperina, etc.

Respecto a la PESCA, tanto el río Elorz como su afluente Marsain son tramos de pesca libre extractiva de región ciprinícola.



Mapa Pesca de Peces. 2020 (Fuente:IDENA)

En cuanto a la CAZA, el ámbito se localiza en el Coto de Caza 10037 denominado Monreal, de zona mixta



Mapa Delimitación de acotados de caza válida para 2021 (Fuente:IDENA)

En cuanto a las áreas de protección de avifauna por medidas correctoras en líneas eléctricas RD 1432/2008, el ámbito se localiza entre dos de ellas.



Mapa Áreas de protección de la avifauna por líneas eléctricas. (Fuente: IDENA)

3.4 PATRIMONIO CULTURAL

El ámbito de intervención finaliza en un puente medieval y, limita con el trazado del Camino de Santiago Aragonés, en menor medida con el trazado oficial, tal y como se aprecia en la imagen adjunta.

Se trata del trazado oficial del Camino de Santiago en Navarra: el camino francés, que parte de Francia y pasa por Orreaga/Roncesvalles y el aragónés, que viniendo por Aragón y pasando por Sangüesa, se junta con el primero en Puente la Reina.



Puente Medieval y Recorrido del Camino de Santiago en Navarra (Fuente: IDENA)

En cuanto al puente, se trata de un puente de construcción gótica, con una ojiva apuntada y posiblemente contruído sobre uno anterior románico, se sitúa en la parte baja del pueblo, en la carretera que conduce a La Higa.



Puente medieval sobre el rio Elorz, en el tramo de intervención

Consta de dos arcos, uno circular de medio punto de 6,70 metros y otro apuntado de 8,50 metros, que se encuentran a su vez separados por un tajamar. El pavimento de la calzada es de piedra. Hoy en día, este puente de 25 metros de longitud se conserva perfectamente y es utilizado por sus vecinos para cruzar a diario el río Elorz. Se encuentra protegido por el planeamiento municipal, (ver apartado siguiente).

3.5 PLANEAMIENTO URBANÍSTICO

3.5.1 Planes de Ordenación Territorial - POT

El ámbito de intervención se ubica en la localidad de Monreal, municipio incluido en el **POT 03 Área Central**, aprobado por el Decreto Foral 45/2011, de 16 de mayo. Documento que define las siguientes Estrategias para la Ordenación del Patrimonio Natural y Cultural:

Estrategia para la Ordenación del Patrimonio Natural y Cultural- Patrimonio Natural. Áreas de Especial Protección

En el ámbito de intervención y su entorno no se localiza ningún área de especial protección.

Estrategia para la Ordenación del Patrimonio Natural y Cultural- Patrimonio Natural. Suelo de Protección por Riesgos Naturales

El ámbito de intervención se localiza dentro de Zonas Inundables



(Fuente: SIUN)

Estrategia para la Ordenación del Patrimonio Natural y Cultural- Patrimonio Natural. Suelo Protegido por la Legislación Vigente

El ámbito de intervención se localiza dentro de Suelo de Valor Cultural



(Fuente: SIUN)

SNUPrtCu: CS - Camino de Santiago

Normativa que afecta a estos espacios:

Decreto Foral 290/1988, de 14 de diciembre, por el que se delimita definitivamente el Camino de Santiago a su paso por Navarra y se establece su régimen de protección.

Descripción y Valores a Proteger:

Crucial como elemento espiritual, cultural e histórico, turístico, paisajístico, y de ocio.

SNUPrtCu: VP - Vías Pecuarias

Normativa que afecta a estos espacios:

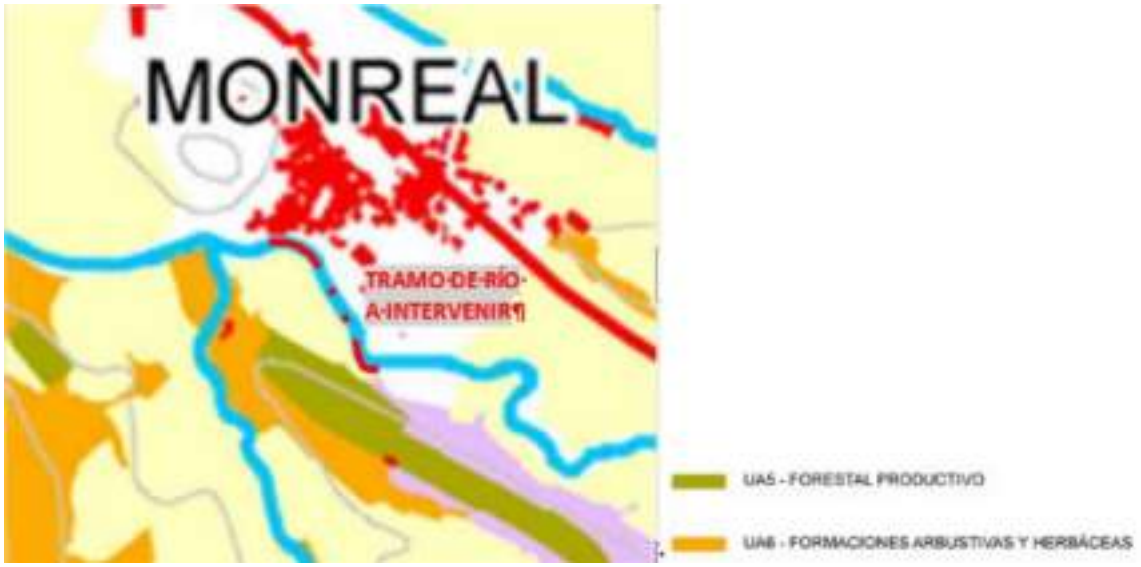
Ley Foral 19/1997, de 15 de diciembre, de régimen jurídico de las vías pecuarias de Navarra.

Descripción y Valores a Proteger:

La red de Vías Pecuarias en Navarra cumple, o puede llegar a cumplir una función importante de interconexión entre diversas áreas de la geografía regional y de relación con regiones limítrofes, y ser un importante elemento etnológico cultural. Presentan un valor indudable a nivel turístico y de ocio como vías y senderos verdes y en las zonas más humanizadas pueden servir o apoyar a futuros corredores ecológicos.

Estrategia para la Ordenación del Patrimonio Natural y Cultural- Patrimonio Natural. Unidades Ambientales

El ámbito de intervención se localiza en las proximidades de las siguientes Unidades Ambientales



(Fuente: SIUN)

UA5 Forestal Productivo - Masas de árboles repoblados, en la inmensa mayoría de los casos con fines de producción de madera

Valores a Proteger

Elementos frágiles:

- La productividad del suelo para madera.
- La reversibilidad de los usos.
- La capacidad de recuperación hacia formaciones más multifuncionales.
- La capacidad de retención del suelo, evitar la erosión y los aterramientos aguas abajo.
- Peligros y/o riesgos: incendios, tratamientos de limpieza y obtención de biomasa que provoquen erosión y dañen el suelo.

Potencialidades:

- La producción de biomasa “rápida” y capacidad de generar empleo, aunque sea temporal en una zona muy despoblada, y sobre suelos antaño ocupados por formaciones arbustivas y pastos.

UA6 Formaciones Arbustivas y Herbáceas - La diversidad de formaciones arbustivas y pastos en la zona está en relación con la gran diversidad de series de vegetación presentes en el ámbito y con la transición del mundo atlántico al mediterráneo.

Valores a Proteger

Elementos frágiles:

- Es una unidad ambiental infravalorada y frecuentemente repoblada con fines de restauración y de control de la erosión, que da lugar a espacios con escasa diversidad botánica, que albergan una fauna pobre, poco útiles para el pastoreo y con escaso valor paisajístico.
- La escasez de árboles también la hace candidata en numerosas ocasiones a la localización de numerosas infraestructuras y construcciones.

Potencialidades:

- Tiene un papel muy importante en el mantenimiento de la biodiversidad, especialmente en aquellos espacios en donde estas formaciones se dan en mosaico con formaciones arboladas y con áreas de cultivo o repoblaciones forestales, y frente al control de la erosión, pudiendo además ser la base de itinerarios de valor paisajístico y natural.
- La biodiversidad que supone el disponer de tantos hábitats diferentes. Deben evitarse las actuaciones a gran escala sobre estas unidades que supongan una homogeneización drástica del medio (repoblaciones forestales a gran escala).
- Suelo con valor productivo a mantener, con riesgo medio de erosión por la pendiente.

<u>Estrategia para la Ordenación del Patrimonio Natural y Cultural- Patrimonio Cultural, Arquitectónico y Urbano. Paisaje Urbano</u>

En el ámbito de intervención o en sus cercanías se localizan los siguientes elementos:



(Fuente: SIUN)

3.5.2 Planeamiento Municipal

El ámbito de intervención se ubica en la localidad de Monreal. El Plan General Municipal (PGM) de Monreal indica, en Suelo No Urbanizable (SNU), las siguientes determinaciones a tener en cuenta en la zona más inmediata a la intervención:

- SNU DE PRESERVACIÓN;

De Valor Cultural: Previsión trazado Pasada 30 y Senderos de especial interés.

- SNU DE PROTECCIÓN;

De Valor Cultural: Camino de Santiago, Vías pecuarias y Patrimonio arquitectónico-nº3 Puente Medieval (ver ficha más abajo);

De Prevención de riesgos: Inundabilidad con periodo de retorno 500 años;

De Valor Ambiental: Zona Fluvial.



NOR 1.1 /1:10.000 DETERMINACIONES ESTRUCTURANTES DEL TERRITORIO CLASIFICACIÓN DEL SUELO Y CATEGORÍAS Y SUBCATEGORIAS EN EL SUELO NO URBANIZABLE. MARZO 2020 (Fuente: PGM de Monreal)

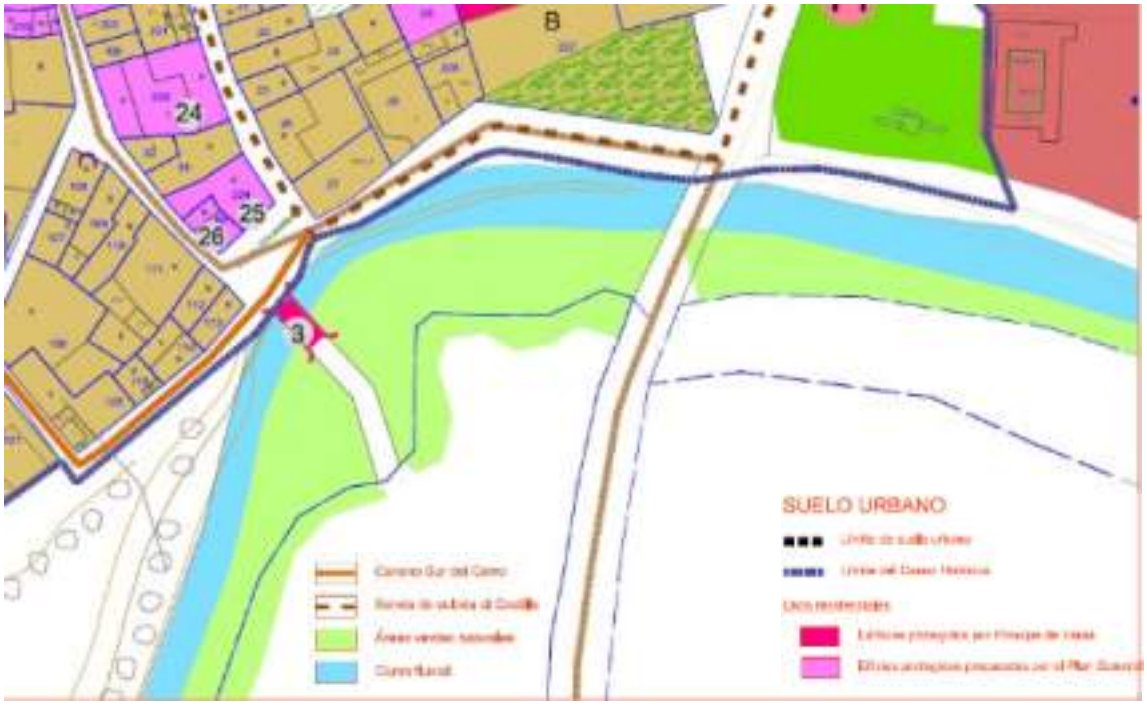


Respecto al Suelo de prevención de riesgos de inundabilidad, el ámbito de intervención se ubica en Área de riesto alto, tal y como se aprecia en la siguiente imagen.



NOR 1.1 /1:10.000 DETERMINACIONES ESTRUCTURANTES DEL TERRITORIO CLASIFICACIÓN DEL SUELO Y CATEGORÍAS Y SUBCATEGORIAS EN EL SUELO NO URBANIZABLE. MARZO 2020 (Fuente: PGM de Monreal)

Con respecto a la Protección del patrimonio, el ámbito de intervención se haya en el límite del Casco Histórico, donde está el curso fluvial, áreas verdes naturales y el Puente Medieval (Nº3, ver ficha adjunta). La Senda de subida al Castillo y El Camino Sur del Cerro discurre en parte paralelo al límite del Casco Histórico.



NOR 3.1 PLAN GENERAL MUNICIPAL MONREAL -PROTECCIÓN DEL PATRIMONIO CASCO HISTÓRICO 1:500 MARZO 2020 (Fuente: PGM de Monreal)

CATÁLOGO DE MONREAL		FICHA Nº 3
IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO	PROTECCIÓN INTEGRAL	GRADO I
	Nombre de la edificación	Puente medieval
	Dirección postal	Carretera de la Higa s/n
	Estilo y época	Gótico S. XIV-XV





DESCRIPCIÓN	El puente gótico situado al sur del núcleo urbano, sobre el río Elorz. Se ubica en la carretera que conduce a La Higa. Antiguamente, esta era la entrada a la villa ya que este punto formaba parte del llamado "Camino Francés" por donde los peregrinos que se dirigían a a Santiago entraban a Monreal. La construcción de sillería consta de ojos con dos arcos; uno circular de medio punto de 6,70 metros y otro apuntado de 8,50 metros, que se encuentran a su vez separados por un tajamar. El pavimento de la calzada es de piedra.	
	INTERÉS CONSTRUCTIVO	Medio
	INTERÉS HISTÓRICO-AMBIENTAL	Alto
	INTERÉS FUNCIONAL	Alto
	ESTADO DE CONSERVACIÓN	Bueno

GRADO DE PROTECCIÓN	OBRAS PERMITIDAS
Grado I	Conservación y restauración

PROTECCIÓN ESPECÍFICA

La protección que se establece en la Normativa para este grado de protección.

BIBLIOGRAFÍA: IPA,ref.0775, Catálogo monumental, Signatura, 9489, GARCÍA GAINZA, M. 1982, pp. 194 lam 238

4 ESTUDIO HIDRAULICO BIDIMENSIONAL

4.1 OBJETIVOS

El objetivo de la caracterización de la funcionalidad hidráulica de un río es conocer cómo se comporta hidráulicamente el tramo cuando circulan caudales representativos del régimen de caudales. En este caso se va a aplicar:

- Un modelo hidráulico bidimensional (Iber) para caracterizar el comportamiento hidráulico actual del tramo.
- El mismo modelo para evaluar actuaciones que permitan recuperar la funcionalidad hidráulica y ambiental con el régimen actual de caudales.

4.2 LOCALIZACIÓN

El estudio se llevará a cabo en el tramo del río Elorz a su paso por el T.M. de Monreal.

Este tramo pertenece a la masa de agua superficial ES091MSPF294 (Río Elorz desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Arga).



Imagen 1. Ubicación del tramo en estudio. Fuente: Elaboración propia a partir de la ortofoto máxima actualidad (CNIG) y ArcMap

4.3 JUSTIFICACIÓN DE UN MODELO BIDIMENSIONAL

La modelización hidráulica tiene por objeto conocer el comportamiento de la lámina de agua para un caudal y tramo determinados. Respecto a las características dinámicas del flujo, los modelos se clasifican en unidimensionales (1D), bidimensionales (2D) o tridimensionales (3D). Dada la complejidad creciente de las ecuaciones a resolver

según la dimensión y la información necesaria, los modelos comúnmente empleados para la modelización en cauce y llanura de inundación han sido hasta la fecha 1D y 2D.

Los modelos 2D se usan fundamentalmente en estudios donde la dirección del flujo deja de ser eminentemente perpendicular a la sección transversal del cauce para aparecer zonas de recirculación en planta. Estos modelos son mucho más sofisticados y exigentes en cuanto a los datos de entrada y recursos computacionales, sin embargo, su ventaja reside en la posibilidad de analizar problemas donde el campo de velocidades real requiere considerar las componentes x e y. La utilización de un modelo 2D en este estudio es imprescindible por la necesidad de simular los desbordamientos que se producen en el cauce cuando circulan caudales de avenida, flujo que presenta un campo de velocidades difícilmente compatible con la hipótesis unidimensional de los modelos 1D.

4.4 CARACTERIZACIÓN DE LA FUNCIONALIDAD HIDRÁULICA ACTUAL

4.4.1 Objetivo

El objetivo de esta caracterización es conocer cómo se comporta actualmente el río cuando circulan caudales representativos del régimen de caudales. Este comportamiento se evalúa a través de dos variables muy significativas desde el punto de vista hidráulico, el calado y la velocidad de la lámina de agua.

4.4.2 Material y métodos

Para caracterizar la funcionalidad hidráulica en dos dimensiones se va a utilizar el programa Iber (Bladé et al, 2014), en este caso la versión v2.6. Es un software libre para la modelización bidimensional de flujo de agua en lámina libre con aplicaciones a la hidráulica y morfología fluvial. Desarrollado por el Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente, GEAMA (Universidad de A Coruña, UDC) y el Instituto FLUMEN (Universitat Politècnica de Catalunya, UPC, y Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, CIMNE), en el marco de un Convenio de Colaboración suscrito entre el CEDEX y la Dirección General del Agua.

A continuación, se presenta la secuencia de trabajo seguida:

<u>Obtención del Modelo Digital del Terreno y generación de la Geometría actual</u>

Para este estudio se utiliza un Modelo Digital del Terreno (MDT) generado mediante tecnología LiDAR. El LiDAR es una técnica de teledetección óptica que permite determinar la distancia desde un emisor láser a una superficie utilizando un haz láser pulsado. Junto a un valor posicional (valores de x,y,z), el sensor registra otra serie de atributos adicionales, como son, entre otros, la intensidad. Con esta información cada

punto puede ser clasificado según el tipo de objeto que refleja el punto láser, de acuerdo a la clasificación expuesta por la Sociedad Americana de Fotogrametría y Teledetección (ASPRS).

Tabla 1. Clasificación LiDAR por códigos, según la Sociedad Americana de Fotogrametría y Teledetección.

Código	Clasificación
0	Nunca clasificado
1	Sin asignar
2	Suelo
3	Vegetación baja
4	Vegetación media
5	Vegetación alta
6	Edificación
7	Vías
…	
17	Plataforma del puente
18	Ruido alto

En este caso se han utilizado los ficheros digitales de nubes de puntos 3D correspondiente a la 2ª cobertura LiDAR que suministra el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG). Según las especificaciones técnicas para el vuelo en Navarra, los datos se distribuyen en ficheros de 1x1 km en formato laz, con una densidad de 10 puntos/m^2 y una precisión altimétrica (RMSE Z) < 15 cm. Los ficheros han sido clasificados de manera automática y coloreados mediante RGB. La fecha del vuelo del fichero utilizado data del año 2017.

A continuación, se expone la metodología utilizada para la obtención del MDT a partir del tratamiento de los datos LiDAR. tomando como referencia la Guía Metodológica para el Desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (2012).

- *Comprobación de la clasificación de la nube de puntos*

  Los datos LiDAR se introducen en el programa Fugro Viewer para testar la clasificación de los puntos y se comprueba que dicha clasificación es correcta, ya que no existen puntos de vegetación que falseen datos del suelo.

- *Aplicación de algoritmo de filtrado*

  Se aplica el algoritmo de filtrado que dispone el programa para crear un fichero que contenga puntos catalogados exclusivamente como suelo (categoría 2) y edificación (categoría 6).

- *Creación del MDT*

Con la ayuda de la herramienta Topo to raster del programa ArcGis, se elabora el MDT a partir del fichero de puntos LiDAR clasificado. Dicho MDT es el que sirve de base topográfica para la simulación hidráulica.

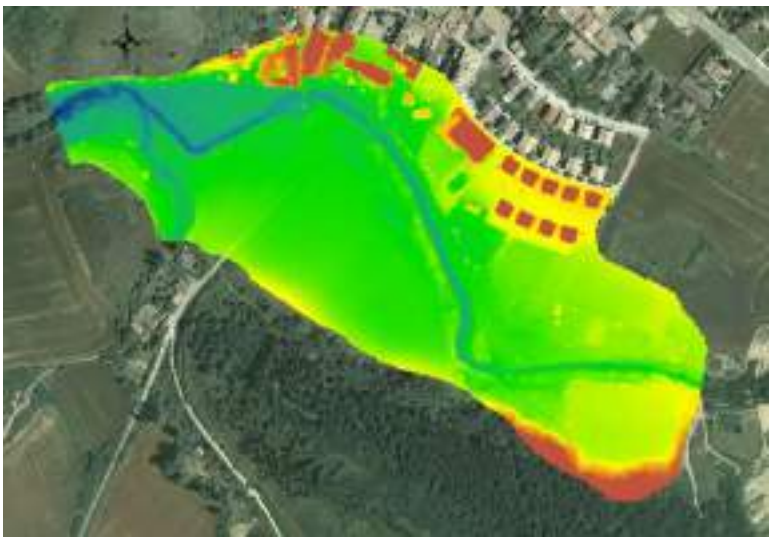


Imagen 2. Representación del Modelo Digital del Terreno de la zona de estudio. Fuente: Elaboración propia a partir del MDT y ArcMap

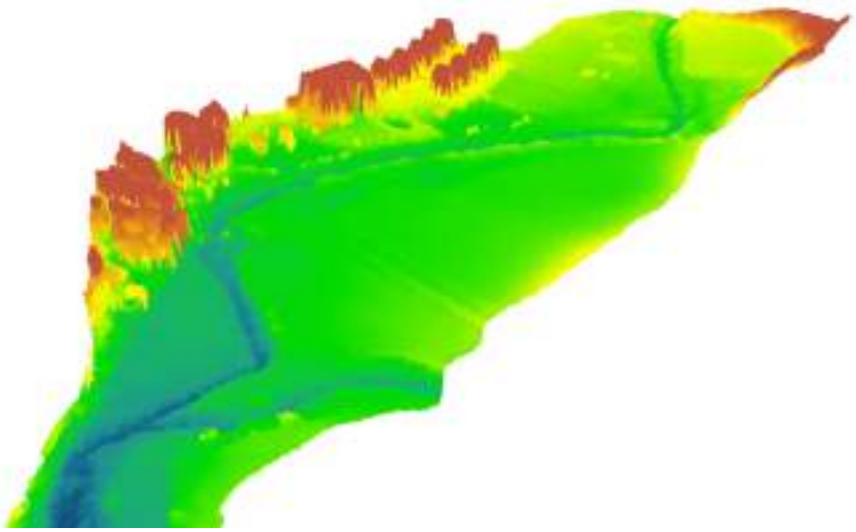


Imagen 3. Representación en 3D del MDT de la zona de estudio. Fuente: Elaboración propia a partir del MDT y ArcScene.

Elección de las condiciones de contorno para la simulación

Las condiciones de contorno indican al modelo las condiciones de flujo a la entrada y salida del sistema y éstas están totalmente condicionadas al tipo de régimen. Conocer el régimen de flujo es algo relativamente difícil, por lo que generalmente se asigna régimen lento o subcrítico (régimen habitual en los tramos medios y bajos de los ríos) y se hace una comprobación al final de la simulación en función del número de Froude.

Al tratarse de un flujo subcrítico es obligatorio imponer condiciones tanto en la sección de entrada como en la salida, ya que las perturbaciones aguas abajo pueden desplazarse aguas arriba y cambiar sus condiciones.

a) Condición de contorno a la entrada

La condición de entrada se define introduciendo al programa el caudal o el hidrograma (caudal variable en el tiempo) con el cual se va a realizar la simulación.

Iber permite representar regímenes permanentes o variables. En el caso del régimen permanente se establece un único caudal de entrada, que se mantiene constante durante toda la simulación. En cambio, el régimen variable sirve para reproducir avenidas y la condición de contorno se introduce en forma de hidrograma.

En este caso se va a realizar la simulación en régimen permanente, ya que se trata de caracterizar el comportamiento hidráulico de la zona para determinados caudales, los cuales son representativos de lo que ocurre en el tramo.

Se han considerado 3 caudales diferentes, en función de la probabilidad de recurrencia. Dichos caudales se han obtenido a partir del visor del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (https://sig.mapama.gob.es/snczi/), el cual proporciona de una forma visual muy sencilla, los caudales máximos instantáneos en régimen natural asociados a distintos periodos de retorno para los cauces con una cuenca superior a 50 km^2. Caudales que han sido estimados por la aplicación CAUMAX (CEDEX, 2011). Los caudales para este tramo del río Elorz son:

- Caudal con periodo de retorno de 100 años (Q100): 115 m^3/s
- Caudal con periodo de retorno de 25 años (Q25): 89 m^3/s
- Caudal con periodo de retorno de 5 años (Q5%): 59 m^3/s

b) Condición de contorno a la salida

La condición de salida se puede conocer con precisión siempre y cuando se tenga una estación de aforos a la salida del tramo, la cual proporcione una curva de gasto, o se monitorice la sección.

Dado que estas circunstancias no son viables para este estudio, se ha optado por alejar suficientemente la sección de salida (230 m) de la zona a estudiar, de tal forma que la decisión del tipo de condición de salida no afecte a los resultados.

Finalmente se ha considerado como condición de salida "Condición en régimen crítico".

Construir la malla de cálculo

El método de trabajo de Iber se basa en la resolución de un sistema de ecuaciones diferenciales por el método de volúmenes finitos. Para ello, es necesario realizar una discretización espacial previa del dominio de estudio que se realiza a partir de la división del ámbito de estudio en celdas, lo que se denomina malla de cálculo. El cálculo de las variables hidráulicas en los modelos bidimensionales se produce en los elementos de dicha malla de cálculo, que se confecciona a partir del MDT.

Cuanto mayor sea la definición de la malla, menor será el error cometido en el cálculo de los calados y velocidades debido a la topografía, aunque mayor será el tiempo de cálculo. La mayor fuente de error en la modelización bidimensional procede del MDT del que se disponga para reproducir la topografía (Guía Metodológica para el Desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables, 2012). Por ello es necesario disponer de una cartografía de mucha precisión y que represente fielmente la realidad del terreno.

En este estudio se ha optado por llegar a la máxima resolución que permite el MDT (1 m de lado mínimo de malla y 0.3 m de tolerancia) y que la malla de cálculo sea idéntica a la geometría que proporcionó los datos LiDAR. La malla generada está compuesta por 52763 elementos y 27228 nodos.



Imagen 4. Malla de cálculo utilizada para la simulación en Iber. Fuente: Elaboración propia a partir del MDT y ArcMap

Asignar la rugosidad en función de la cubierta del suelo

Asignar correctamente la rugosidad en el modelo es fundamental, ya que este parámetro influye directamente en la velocidad y, por lo tanto, en los resultados de la simulación.

La fórmula de Manning determina la velocidad del agua en canales abiertos y tuberías, y establece que ésta es inversamente proporcional al coeficiente de rugosidad o n de Manning.

La rugosidad depende fundamentalmente de los usos del suelo presentes en la zona (Guía Metodológica para el Desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables, 2012). Por ello, se toma como información de partida el Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España (SIOSE) y se ha revisado mediante la ortofoto de máxima actualidad (2019).

La asignación de coeficientes de Manning se ha realizado tomando como referencia el anejo V de la Guía Metodológica para la Cartografía de Zonas Inundables, el cual establece una relación entre tipo de uso y coeficiente. En la siguiente figura se representan los tipos de usos del suelo que se han definido para la asignación de la rugosidad y en la tabla se muestra el valor de la n de Manning para cada uso.



Imagen 5. Usos del suelo asignados al tramo de estudio. Fuente: Elaboración propia a partir de la información geográfica producida por el IGN y ArcMap.

Tabla 2. Rangos de n de Manning para diferentes usos del suelo. Fuente: Guía Metodológica para el Desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables.

Uso del suelo	n de Manning
Cultivo	0,04
Huertos	0,05
Red viaria	0,1
Tejido urbano	0,09

Arbolado forestal	0,07
Zona verdes	0.035

Ejecutar la simulación

A través de los datos del problema se establecen los parámetros de tiempo, los parámetros generales del propio funcionamiento del programa y la configuración de resultados a generar.

En cuanto a los parámetros de tiempo, el tiempo máximo de simulación define el instante final del cálculo y viene condicionado por el tiempo que necesita el caudal de entrada para alcanzar la salida. Por otro lado, el intervalo de resultados fija el incremento del tiempo entre los resultados que la simulación nos proporciona y está condicionado por la capacidad del ordenador.

4.4.3 Resultados

Se han realizado un total de 3 simulaciones, una por cada caudal de simulación.

Tabla 3. Características principales de las simulaciones realizadas.

	Objetivo	Condición de entrada	Condición de salida	Rugosidad	Tiempo de simulación (min)
SIMU 1	Caracterización actual	Q100	crítica	automática	50
SIMU 2		Q25	crítica	automática	45
SIMU 3		Q5	crítica	automática	40

A continuación, se presentan los resultados obtenidos cuando circula el caudal con periodo de retorno 100 años (Q100):



Imagen 6. Resultados de calados alcanzados en la simulación Q100. Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida en Iber.



Imagen 7. Resultados de velocidades alcanzadas en la simulación Q100. Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida en Iber.

Los resultados cuando circula un caudal de periodo de retorno de 25 años (Q25) son los siguientes:



Imagen 8. Resultados de calados alcanzados en la simulación Q25. Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida en Iber.



Imagen 9. Resultados de velocidades alcanzadas en la simulación Q25. Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida en Iber.

Y por último, los resultados con caudal circulante de periodo de retorno de 5 años (Q5) son:



Imagen 10. Resultados de calados alcanzados en la simulación Q5. Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida en Iber.



Imagen 11. Resultados de velocidades alcanzadas en la simulación Q5. Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida en Iber.

4.4.4 Conclusiones

- Hay 3 zonas en el término municipal que se inundan indistintamente del caudal que circule por el río, todas ellas en **la margen derecha**.

- En la primera zona, al inicio del tramo, la inundación se produce por desbordamientos que se originan fuera de la zona de estudio, aguas arriba del tramo. Para resolver este problema habría que ampliar la zona de simulación para localizar el punto de desbordamiento. En esta zona hay que destacar una parcela donde se pueden originar situaciones de daños graves ya que el calado es mayor de 1 m y la velocidad ronda el metro por segundo.

- La segunda zona, localizada en el centro urbano (la plaza, el aparcamiento y la calle de la Higa), se inunda debido a la superación natural del cauce en ese tramo que se suma al caudal que viene derivado por la margen derecha. Aquí también se producen situaciones de peligro debido a los caudales mayores de 1 metro, principalmente cuando circulan caudales representativos de periodos de retorno de 25 y 100 años. En esta zona las velocidades no son un peligro ya que son bajas.

- La tercera zona se ubica en la parte final del tramo de estudio, aguas abajo del puente romano. Aquí también se producen desbordamientos del propio cauce alimentados por los caudales que les viene por la inundación del centro urbano. Hay que destacar que esta zona se encuentra en la cara interna de una curva de meandro. Importante resaltar las altas velocidades que se alcanzan en esta zona.

- Como conclusión final se puede decir que en **todo momento (para cualquier periodo de retorno considerado) la capacidad del cauce se ve desbordada.** Esto hace pensar que hay un problema aguas arriba de este tramo o en la cabecera de cuenca, que hace que **los caudales circulantes sean desproporcionados para la capacidad de circulación actual que tiene el río.**

4.5 CARACTERIZACIÓN DE LA FUNCIONALIDAD HIDRÁULICA POTENCIAL

Una vez comprobada la funcionalidad en el régimen de caudales actual, se presentarán varias alternativas de actuación. Estas difieren en la tipología de las actuaciones geomorfológicas presentadas en el proyecto de restauración (magnitud del movimiento de tierras), que serán progresivas desde el escenario 0, que caracteriza la no intervención, hasta el cuarto escenario que contempla todas las actuaciones conjuntamente. Las actuaciones propuestas son:

- Escenario 1 (E1): Desmantelamiento de una escollera en la margen izquierda del río.

- Escenario 2 (E2): Eliminación del relleno junto al puente medieval.

- Escenario 3 (E3): E2 modificado + Reperfilado del talud de la margen izquierda del cauce desde la escollera hasta el puente nuevo.

- Escenario 4 (E4): E2 modificado + Ensanchamiento de la sección incluso la sección efectiva del Puente Nuevo, y reperfilado del talud de la margen izquierda del cauce desde la escollera hasta el puente nuevo.

Para ello se realizará una corrección manual del MDT actual acorde con las actuaciones geomorfológicas propuestas y se ejecutarán las simulaciones necesarias para valorar el efecto de dichas modificaciones morfológicas.

Por último, se obtienen 3 indicadores que permiten cuantificar el cambio de funcionalidad que se produce de un escenario a otro. El proceso seguido es el siguiente:

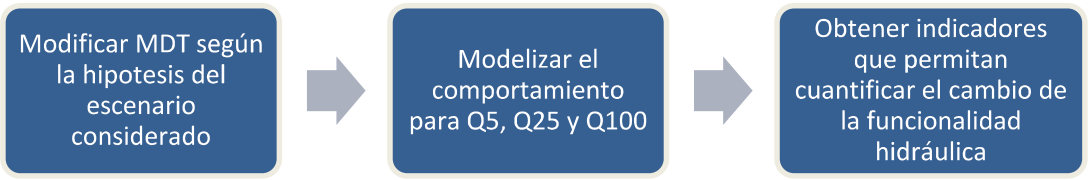


Imagen 12. Diagrama del proceso seguido en la caracterización de la funcionalidad hidráulica potencial. Fuente: Elaboración propia.

4.5.1 ESCENARIO 0: NO INTERVENCIÓN

El escenario 0 se trata de la situación actual del tramo, sin hacer ninguna intervención. Los resultados de este escenario se encuentran en el apartado 4 *CARACTERIZACIÓN DE LA FUNCIONALIDAD HIDRÁULICA,* donde se ha realizado el análisis de la funcionalidad hidráulica actual.

4.5.2 ESCENARIO 1: DESMANTELAMIENTO DE LA ESCOLLERA

4.5.2.1 Objetivo

Caracterizar el comportamiento hidráulico cuando se elimina una obstrucción que limita la conexión transversal del cauce con su llanura de inundación como es una escollera.

4.5.2.2 Material y métodos

La metodología empleada con el software Iber es la misma que se ha utilizado en el apartado *MATERIAL Y MÉTODOS.* Sin embargo, en este apartado se va a modificar el

MDT utilizado anteriormente, introduciendo el cambio deseado en el terreno, con el fin de ver el efecto que tendría esta modificación en la funcionalidad hidráulica.

A continuación, se describe el proceso para realizar dicha modificación.

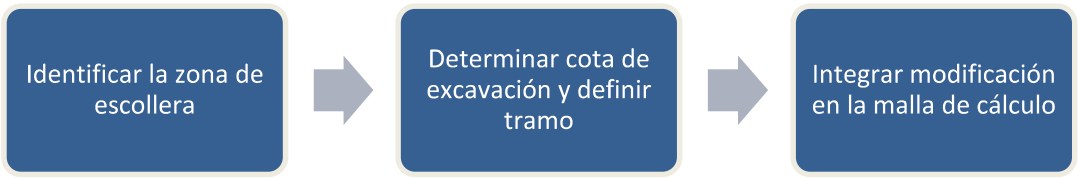


Imagen 13- Diagrama del proceso seguido para la modificación del MDT. Fuente: Elaboración propia.

1) Identificar la escollera

Para aplicar la modificación del terreno en el MDT se va a utilizar el software ArcGIS. A partir del conocimiento del terreno y del levantamiento topográfico realizado en campo, se ha identificado una escollera en la margen izquierda del río, en la curva al inicio del tramo.



Imagen 14. Curvas de nivel sobre ortofoto. En rojo, localización de la escollera. Fuente: Elaboración propia a partir del MDT y visualización en ArcMap.

2) Determinar la cota de excavación y definir el tramo a excavar

En ArcMap se localiza el lugar de interés y se utiliza las curvas de nivel con una equidistancia de 0,5m con el fin de identificar las cotas de las zonas que se quieren conectar.

A continuación, se visualiza el calado correspondiente al caudal Q5. Así, se identifica la curva de nivel más alta a la que llega la lámina de agua para asegura de que se pueda realizar una conexión efectiva (cota 526 m). Por último, se diseña la nueva topografía que tendría el desmantelado de la escollera con el nuevo talud.

Según el diseño de la nueva topografía habría que realizar un movimiento de tierras del orden de 300m^3.

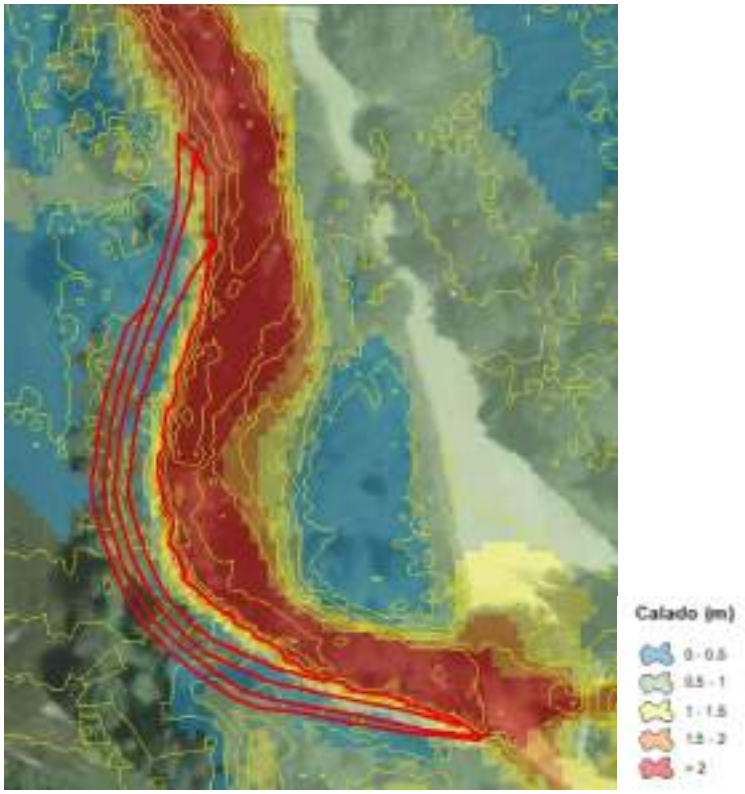


Imagen 15. Zona de la escollera. En amarillo las curvas de nivel del terreno con equidistancia 0.5m y en rojo la nueva topografía con la eliminación de la escollera. Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida en Iber y el MDT.

3) Integrar la nueva topografía en la malla de cálculo

A continuación, se introduce en Iber la modificación del MDT. Para ello se edita la malla actual asignando como elevación el polígono resultado de la nueva topografía.

4.5.2.3 Resultados

Se han realizado 3 simulaciones: una con caudal Q5, para comprobar si se logra el objetivo planteado, otra con Q25, para ver hasta donde llegaría la lámina de agua en caudales relativamente altos y, por último, con Q100, para ver cómo se comporta el río en situación de avenidas importantes. El tiempo de simulación total estimado es de 120 min.

Tabla 4. Características principales de las simulaciones realizadas en el escenario 1.

	Objetivo	Condición de entrada	Tiempo de simulación (min)
SIMU 4	Eliminación de escollera	Q5	30
SIMU 5	Eliminación de escollera	Q25	40
SIMU 6	Eliminación de escollera	Q100	50

En las siguientes figuras se presentan los calados y velocidades obtenidos en las simulaciones de la tabla 4, teniendo en cuenta la modificación hecha en la escollera.

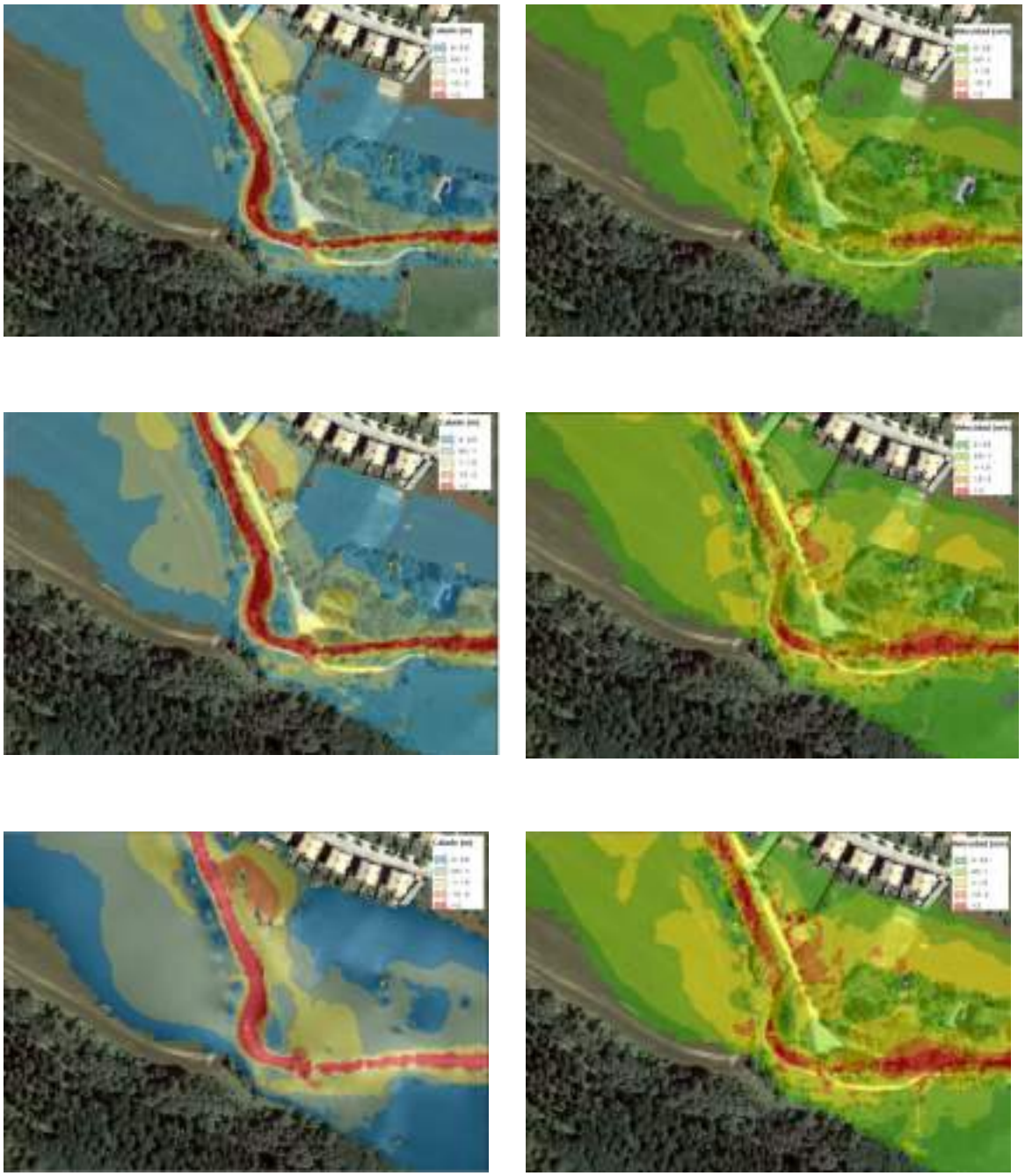


Imagen 16. Resultados de calados(izquierda) y velocidades (derecha) para los distintos periodos de retorno (Q5 en la primera fila, Q25 en la segunda fila y Q100 en la tercera fila). Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida en Iber.

Los resultados que se observan son:

- El aumento de superficie de la llanura que se inunda con esta actuación es insignificante, un 0.7% cuando circulan caudales con periodo de retorno de 5 años, un 0.2% cuando el caudal que circula es de 25 años y un 0.1 para caudales de 100 años de periodo de retorno.
- El efecto que tiene la eliminación de la escollera en los distintos calados que se alcanzan se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 5. Porcentaje de superficie inundada en función del calado en el escenario 1 cuando circula un caudal representativo del periodo de retorno 5 años.

Calados (m)	% de superficie inundada en la situación actual (Q5)	% de superficie inundada en el escenario 1 (Q5)
0-0.5	53.7	53.9
0.5-1	26.3	28.9
1-1.5	8.9	9.9
1.5-2	3.6	3.7
>2	7.5	3.5

Tabla 6. Porcentaje de superficie inundada en función del calado en el escenario 1 cuando circula un caudal representativo del periodo de retorno 25 años.

Calados (m)	% de superficie inundada en la situación actual (Q25)	% de superficie inundada en el escenario 1 (Q25)
0-0.5	44.8	42.8
0.5-1	29.7	32.6
1-1.5	12.8	12.2
1.5-2	4.6	4.4
>2	8.1	8.0

Tabla 7. Porcentaje de superficie inundada en función del calado en el escenario 1 cuando circula un caudal representativo del periodo de retorno 100 años

Calados (m)	% de superficie inundada en la situación actual (Q100)	% de superficie inundada en el escenario 1 (Q100)
0-0.5	36.0	35.9
0.5-1	33.5	34.4
1-1.5	16.3	15.9
1.5-2	5.5	5.2
>2	8.8	8.7

- Respecto a la distribución de las velocidades no se encuentra ninguna modificación reseñable.

4.5.3 ESCENARIO 2: ELIMINACIÓN DEL RELLENO JUNTO AL PUENTE MEDIEVAL

4.5.3.1 Objetivo

Caracterizar el comportamiento hidráulico cuando se elimina otra obstrucción encontrada en el tramo que también limita la conexión transversal del cauce con su llanura de inundación, en este caso un relleno en la zona aguas arriba del puente romano.

4.5.3.2 Material y métodos

Al igual que en el escenario 1, la metodología empleada es la misma.

1) Identificar el relleno

Para aplicar la modificación del terreno en el MDT se va a utilizar el software ArcGIS. A partir del conocimiento del terreno y del levantamiento topográfico realizado en campo, se ha identificado el relleno ubicado en la margen izquierda del río, aguas arriba del puente romano.



Imagen 17. Curvas de nivel sobre ortofoto. En rojo, localización del relleno. Fuente: Elaboración propia a partir del MDT y visualización en ArcMap.

2) Determinar la cota de excavación y definir el tramo a excavar

En ArcMap se localiza el lugar de interés y se utiliza las curvas de nivel con una equidistancia de 0,5m con el fin de identificar las cotas de las zonas que se quieren conectar.

A continuación, se visualiza el calado correspondiente al caudal Q5. Así, se identifica la curva de nivel más alta a la que llega la lámina de agua para asegura de que se pueda realizar una conexión efectiva (cota 527.5 m). Por último, se diseña la nueva topografía que tendría la eliminación del relleno actual.

Esta actuación acarrearía un movimiento de tierras del orden de 1.232 m^3.

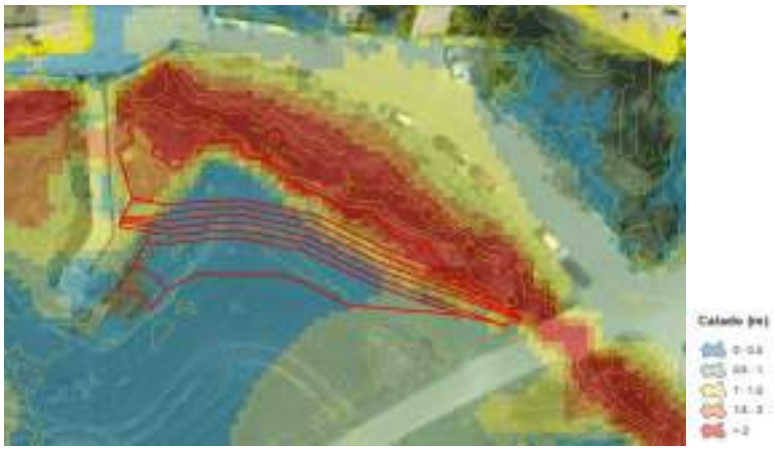


Imagen 18. Zona del relleno. En amarillo las curvas de nivel del terreno con equidistancia 0.5m y en rojo la nueva topografía con la eliminación del relleno. Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida en Iber y el MDT.

3) Integrar la nueva topografía en la malla de cálculo

A continuación, se introduce en Iber la modificación del MDT. Para ello se edita la malla actual asignando como elevación el polígono resultado de la nueva topografía.

4.5.3.3 Resultados

Al igual que en el escenario anterior, se han realizado 3 simulaciones: una con caudal Q5, para comprobar si se logra el objetivo planteado, otra con Q25, para ver hasta donde llegaría la lámina de agua en caudales relativamente altos y, por último, con Q100, para ver cómo se comporta el río en situación de avenidas importantes. El tiempo de simulación total estimado es de 155 min.

Tabla 8. Características principales de las simulaciones realizadas en el escenario 2.

	Objetivo	Condición de entrada	Tiempo de simulación (min)
SIMU 7	Eliminación de relleno	Q5	45
SIMU 8	Eliminación de relleno	Q25	50
SIMU 9	Eliminación de relleno	Q100	60

En las siguientes figuras se presentan los calados y velocidades obtenidos en las simulaciones de la tabla 8, teniendo en cuenta la eliminación del relleno.

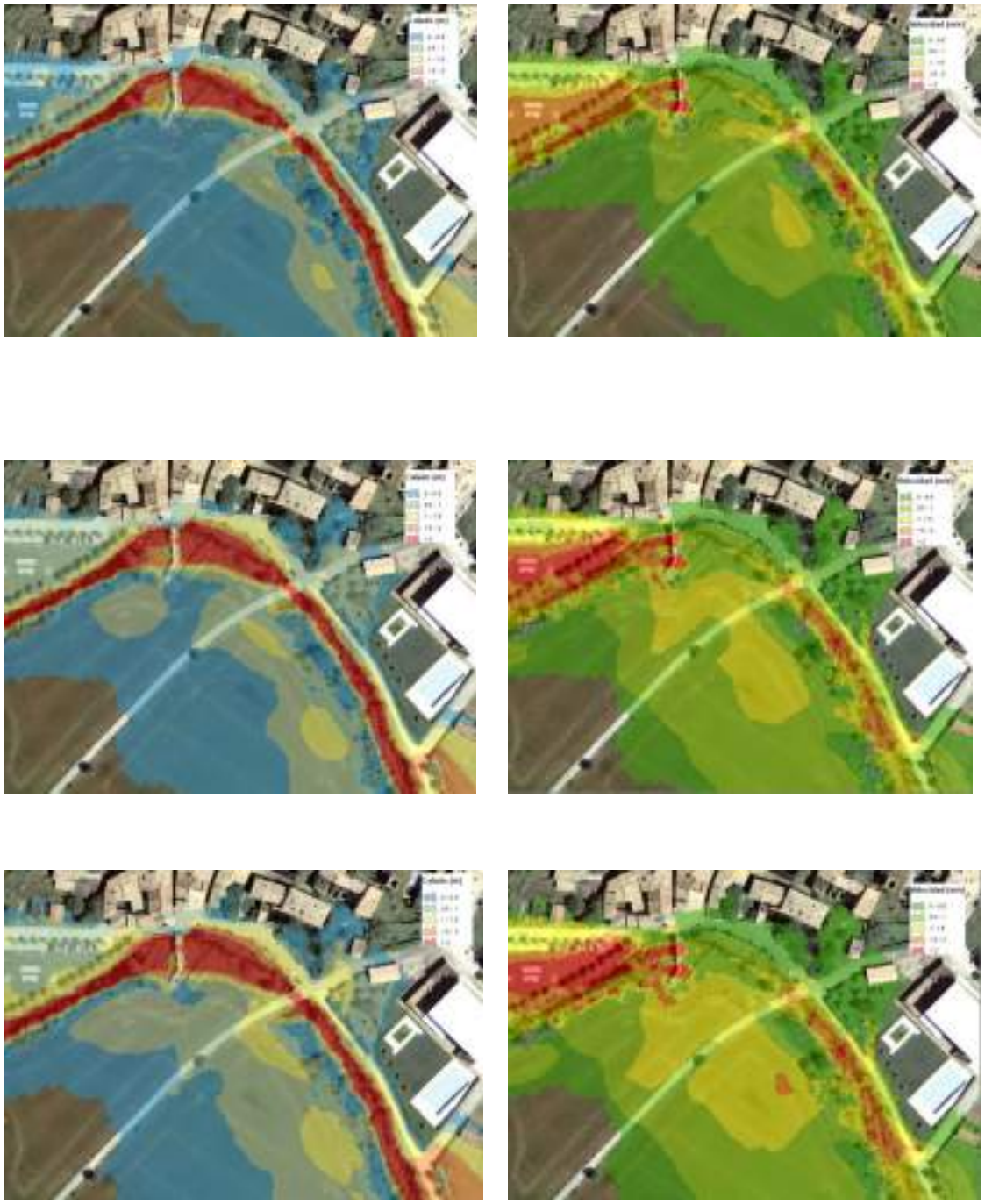


Imagen 19. Resultados de calados(izquierda) y velocidades (derecha) para los distintos periodos de retorno (Q5 en la primera fila, Q25 en la segunda fila y Q100 en la tercera fila). Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida en Iber.

Los resultados que se observan son:

- Con esta actuación se reducen para los 3 datos de caudales circulantes la superficie que se inunda, aunque es verdad que esa reducción es inapreciable. Un 0.02% para la situación en la que circula un caudal de 5 años de periodo de retorno y un 0.01 para 25 años de periodo de retorno.

- El efecto que tiene la retirada del relleno en los distintos calados que se alcanzan se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 8. Porcentaje de superficie inundada en función del calado en el escenario 2 cuando circula un caudal representativo del periodo de retorno 5 años.

Calados (m)	% de superficie inundada en la situación actual (Q5)	% de superficie inundada en el escenario 2 (Q5)
0-0.5	53.7	54.0
0.5-1	26.3	25.7
1-1.5	8.9	8.5
1.5-2	3.6	3.6
>2	7.5	8.1

Tabla 9. Porcentaje de superficie inundada en función del calado en el escenario 2 cuando circula un caudal representativo del periodo de retorno 25 años.

Calados (m)	% de superficie inundada en la situación actual (Q25)	% de superficie inundada en el escenario 2 (Q25)
0-0.5	44.8	46.7
0.5-1	29.7	28.1
1-1.5	12.8	12.0
1.5-2	4.6	4.6
>2	8.1	8.5

Tabla 10. Porcentaje de superficie inundada en función del calado en el escenario 2 cuando circula un caudal representativo del periodo de retorno 100 años

Calados (m)	% de superficie inundada en la situación actual (Q100)	% de superficie inundada en el escenario 2 (Q100)
0-0.5	36.0	37.9
0.5-1	33.5	31.9
1-1.5	16.3	15.7
1.5-2	5.5	5.6
>2	8.8	9.0

- Respecto a la distribución de las velocidades no se encuentra ninguna modificación reseñable.

4.5.4 ESCENARIO 3: E2 modificado + REPERFILADO DEL TALUD DE LA MARGEN IZQUIERDA DEL CAUCE DESDE LA ESCOLLERA HASTA EL PUENTE NUEVO.

4.5.4.1 Objetivo

En las simulaciones anteriores se ha comprobado que las actuaciones han de llevar a cabo en el tramo de estudio deben ser más ambiciosas para que los efectos sean apreciables.

Con este escenario se pretende caracterizar el comportamiento hidráulico del tramo si se llevaran a cabo 3 modificaciones morfológicas a la vez: retirada de la escollera; eliminación del relleno y retirada de sedimentos acumulados aguas abajo del puente romano; y reperfilado de un tramo del talud de la margen izquierda del río.

4.5.4.2 Material y métodos

Al igual que en el escenario 1, la metodología empleada es la misma.

1) Identificar las zonas donde actuar

Para aplicar la modificación del terreno en el MDT se va a utilizar el software ArcGIS. A partir del conocimiento del terreno y del levantamiento topográfico realizado en campo, se ha identificado el relleno ubicado en la margen izquierda del río, aguas arriba del puente romano.

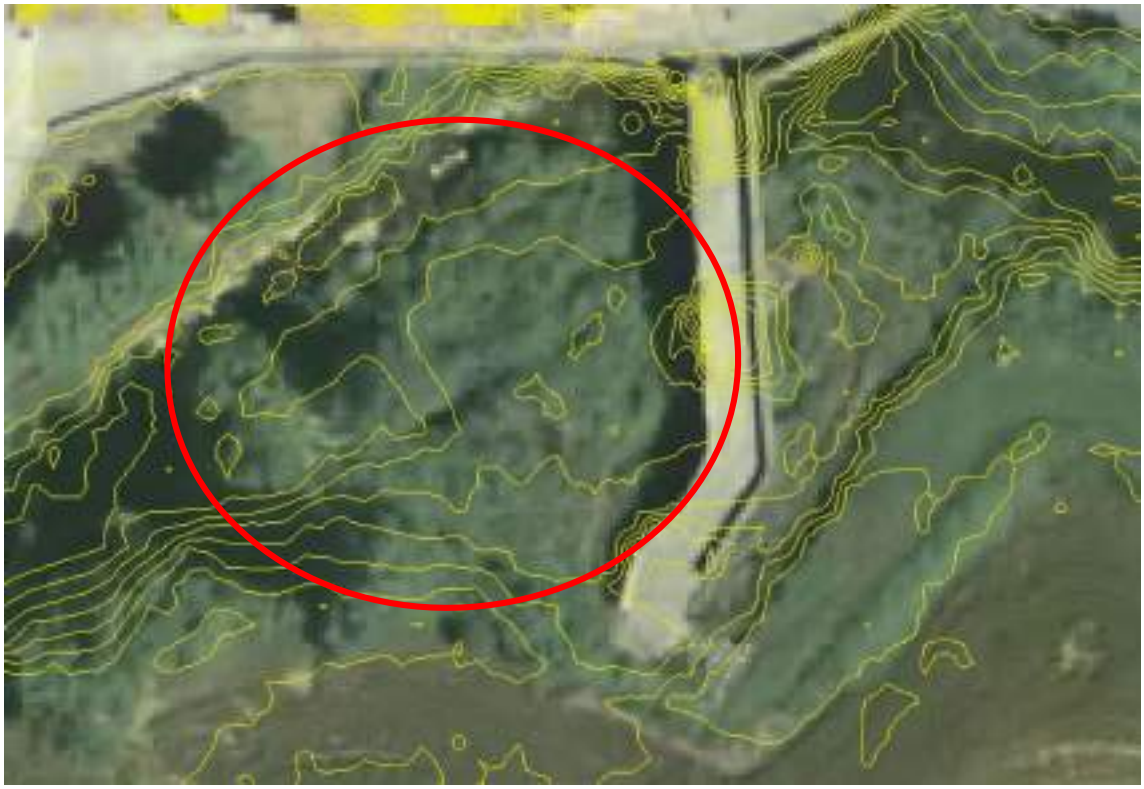


Imagen 20. Curvas de nivel sobre ortofoto. En rojo, localización de los sedimentos acumulados aguas abajo del puente romano. Fuente: Elaboración propia a partir del MDT y visualización en ArcMap.



Imagen 21. Curvas de nivel sobre ortofoto. En rojo, localización del talud a reperfilar. Fuente: Elaboración propia a partir del MDT y visualización en ArcMap.

2) <u>Determinar la cota de excavación y definir el tramo a excavar</u>

En ArcMap se localiza el lugar de interés y se utiliza las curvas de nivel con una equidistancia de 0,5m con el fin de identificar las cotas de las zonas que se quieren conectar.

Esta actuación acarrearía un movimiento de tierras del orden de 5.590 m^3.

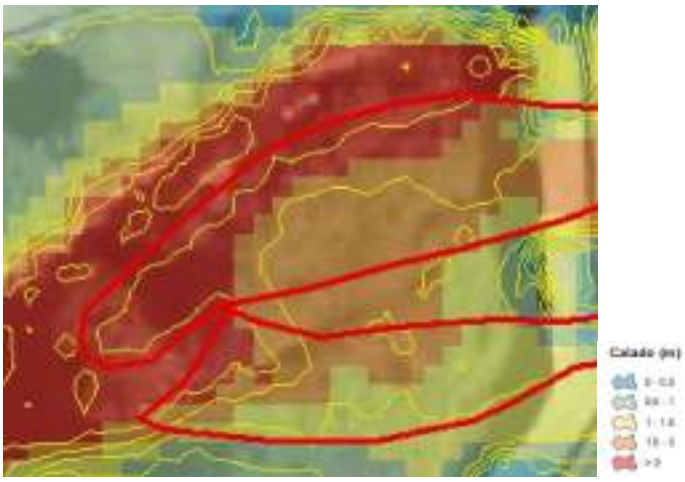


Imagen 22. Zona de sedimentos. En amarillo las curvas de nivel del terreno con equidistancia 0.5m y en rojo la nueva topografía con la eliminación del relleno. Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida en Iber y el MDT.

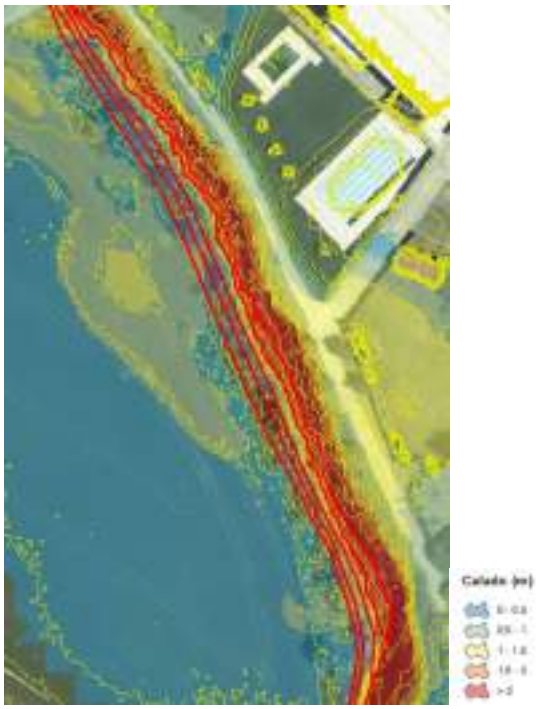


Imagen 23. Zona del talud. En amarillo las curvas de nivel del terreno con equidistancia 0.5m y en rojo la nueva topografía con el reperfilado del talud. Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida en Iber y el MDT.

3) Integrar la nueva topografía en la malla de cálculo

A continuación, se introduce en Iber la modificación del MDT. Para ello se edita la malla actual asignando como elevación el polígono resultado de la nueva topografía.

4.5.4.3 Resultados

Al igual que en el escenario anterior, se han realizado 3 simulaciones: una con caudal Q5, para comprobar si se logra el objetivo planteado, otra con Q25, para ver hasta donde llegaría la lámina de agua en caudales relativamente altos y, por último, con Q100, para ver cómo se comporta el río en situación de avenidas importantes. El tiempo de simulación total estimado es de 135 min.

Tabla 11. Características principales de las simulaciones realizadas en el escenario 3.

	Objetivo	Condición de entrada	Tiempo de simulación (min)
SIMU 10	Escenario conjunto	Q5	40
SIMU 11	Escenario conjunto	Q25	45
SIMU 12	Escenario conjunto	Q100	50

En las siguientes figuras se presentan los calados y velocidades obtenidos sólo en la simulación para periodo de retorno 5 años.



Imagen 24. Resultados de calados(izquierda) y velocidades (derecha) para el periodo de retorno 5 años. Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida en Iber.

Los resultados que se observan son:

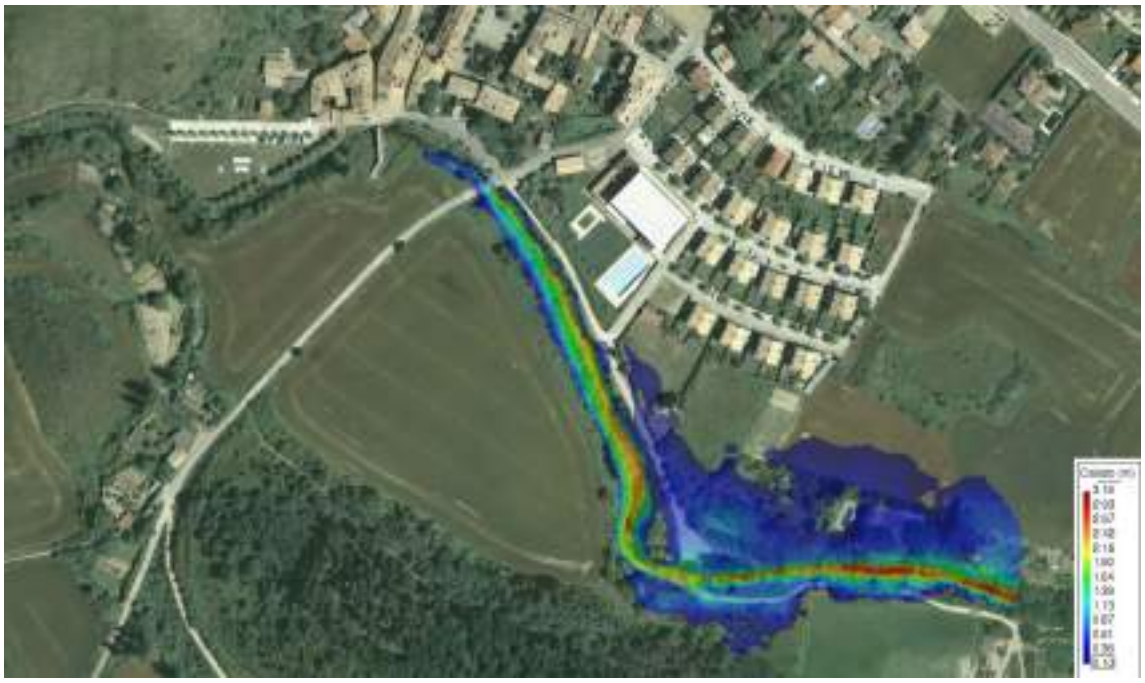
- Con esta actuación se reducen para los 3 datos de caudales circulantes la superficie que se inunda, siendo de un 9.3% en el caso del caudal Q5.

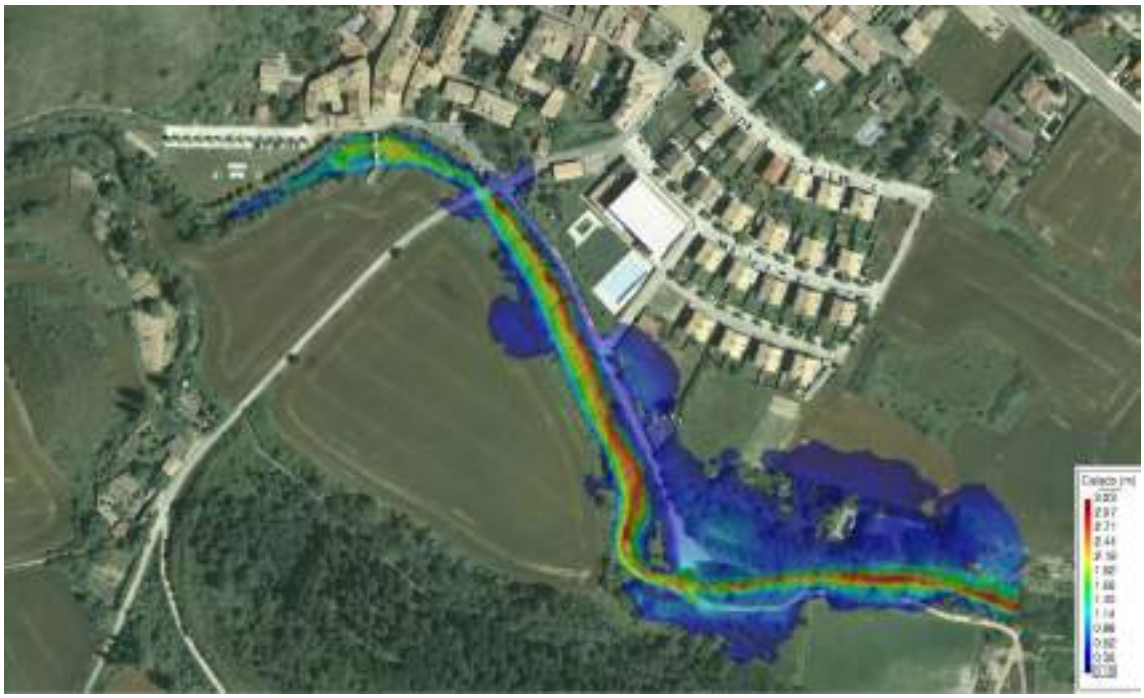
- El efecto más significativo se produce en la plaza, donde con esta actuación no llegaría a inundarse, aunque solo en el caso de caudales para 5 años de periodo.
- Se identifican 2 puntos conflictivos: la zona de la pasarela y el vado al inicio del tramo de estudio, y el puente nuevo. El vado supone una puerta de escape del caudal que circula por el cauce, que una vez se desborda, circula libremente siguiendo el camino que encuentra. Por otro lado, la sección que deja libre el puente nuevo para el paso de caudal es insuficiente, ya que se produce una acumulación de flujo aguas arriba que tiene como consecuencia una sobreelevación de los calados.

A continuación, se muestra una secuencia de cómo se comportan los calados cuando circula un caudal de periodo 5 años.

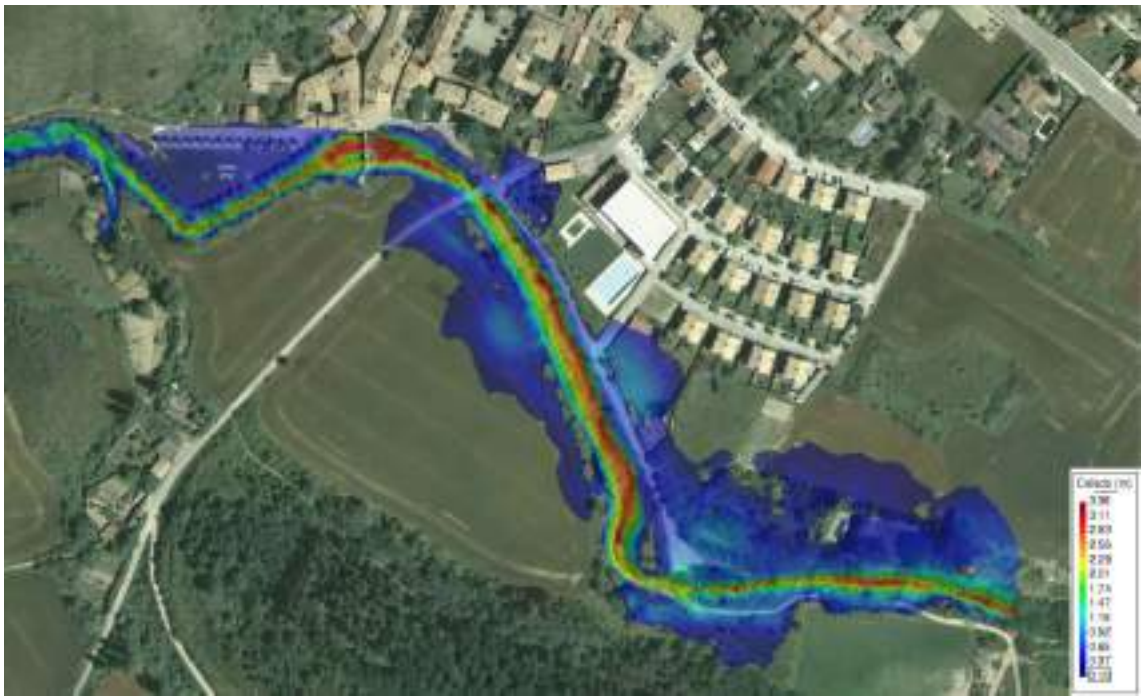


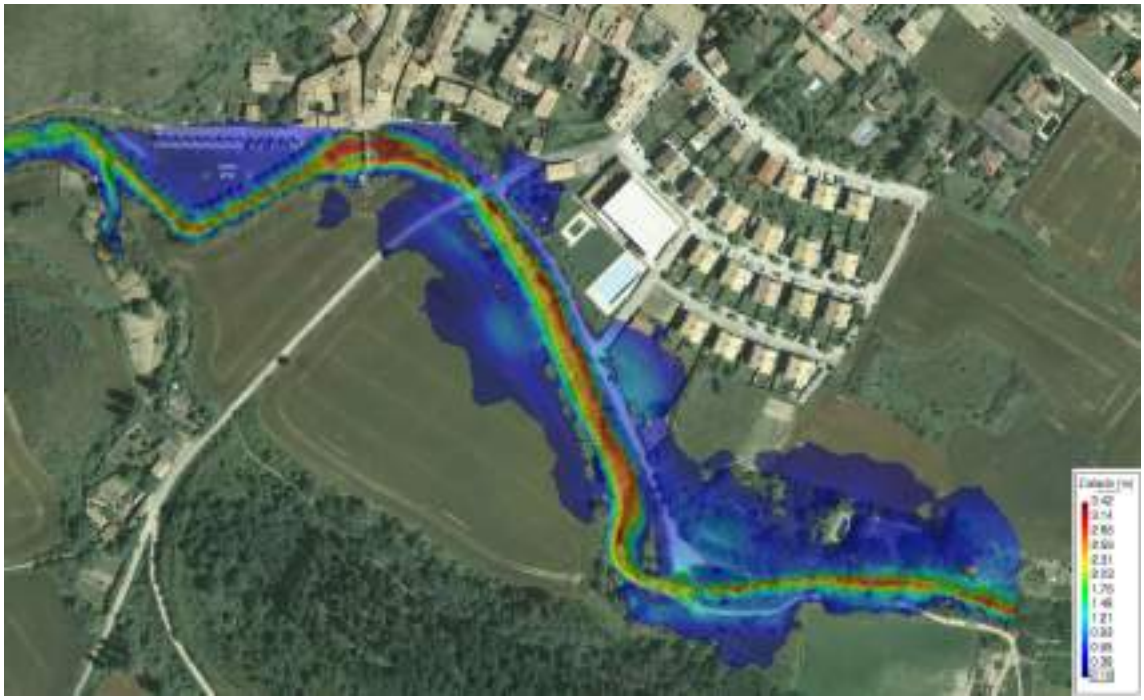












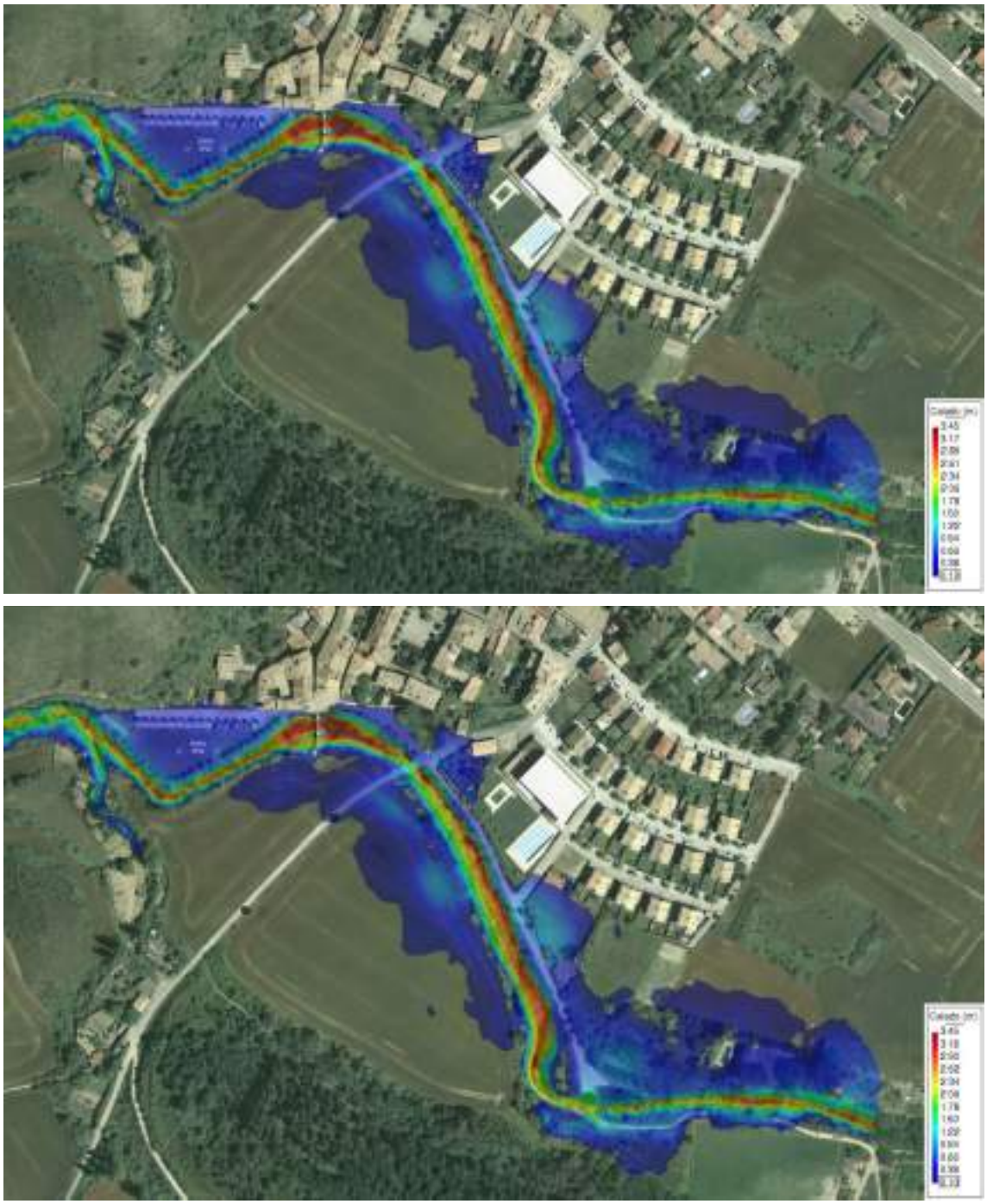


Imagen 25. Secuencia temporal de los calados que discurren por el tramo cuando circula el caudal Q5. Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida en Iber.

Tabla 12. Porcentaje de superficie inundada en función del calado en el escenario 3 cuando circula un caudal representativo del periodo de retorno 5 años.

Calados (m)	% de superficie inundada en la situación actual (Q5)	% de superficie inundada en el escenario 2 (Q5)
0-0.5	53.7	54.9
0.5-1	26.3	25.1
1-1.5	8.9	5.9
1.5-2	3.6	4.1
>2	7.5	10

4.5.5 ESCENARIO 4: E2+ ENSANCHAMIENTO DE LA SECCIÓN Y REPERFILADO DEL TALUD DE LA MARGEN IZQUIERDA DEL CAUCE DESDE LA ESCOLLERA HASTA EL PUENTE NUEVO.

4.5.5.1 Objetivo

Analizando el escenario anterior, se observa que han mejorado las condiciones de calado en la zona urbana.

Con este escenario se pretende caracterizar el comportamiento hidráulico del tramo si se llevaran a cabo las 3 modificaciones morfológicas planteadas anteriormente, siendo un poco más ambiciosos, aumentando la sección efectiva del cauce en el tramo comprendido entre la escollera y el puente nuevo, incluyendo la sección efectiva del puente nuevo.

4.5.5.2 Material y métodos

Al igual que en el escenario 1, la metodología empleada es la misma.

1) Identificar las zonas donde actuar

La única diferencia respecto al escenario anterior es la magnitud del movimiento de tierras que se va a realizar en la zona comprendida entre la escollera y el puente nuevo.

2) Determinar la cota de excavación y definir el tramo a excavar

En ArcMap se localiza el lugar de interés y se utiliza las curvas de nivel con una equidistancia de 0,5m con el fin de identificar las cotas de las zonas que se quieren conectar.

Esta actuación acarrearía un movimiento de tierras del orden de 7175 m^3.



Imagen 26. Zona del talud. En amarillo las curvas de nivel del terreno con equidistancia 0.5m y en rojo la nueva topografía con el reperfilado del talud y aumento de sección del cauce. Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida en Iber y el MDT.

3) Integrar la nueva topografía en la malla de cálculo

A continuación, se introduce en Iber la modificación del MDT. Para ello se edita la malla actual asignando como elevación el polígono resultado de la nueva topografía.

4.5.5.3 Resultados

Al igual que en el escenario anterior, se han realizado 3 simulaciones: una con caudal Q5, para comprobar si se logra el objetivo planteado, otra con Q25, para ver hasta

donde llegaría la lámina de agua en caudales relativamente altos y, por último, con Q100, para ver cómo se comporta el río en situación de avenidas importantes. El tiempo de simulación total estimado es de 130 min.

Tabla 13. Características principales de las simulaciones realizadas en el escenario 4.

	Objetivo	Condición de entrada	Tiempo de simulación (min)
SIMU 13	Abrir al máximo la sección efectiva	Q5	40
SIMU 14	Abrir al máximo la sección efectiva	Q25	45
SIMU 15	Abrir al máximo la sección efectiva	Q100	45

En las siguientes figuras se presentan los calados y velocidades obtenidos sólo en la simulación para periodo de retorno 5 años.

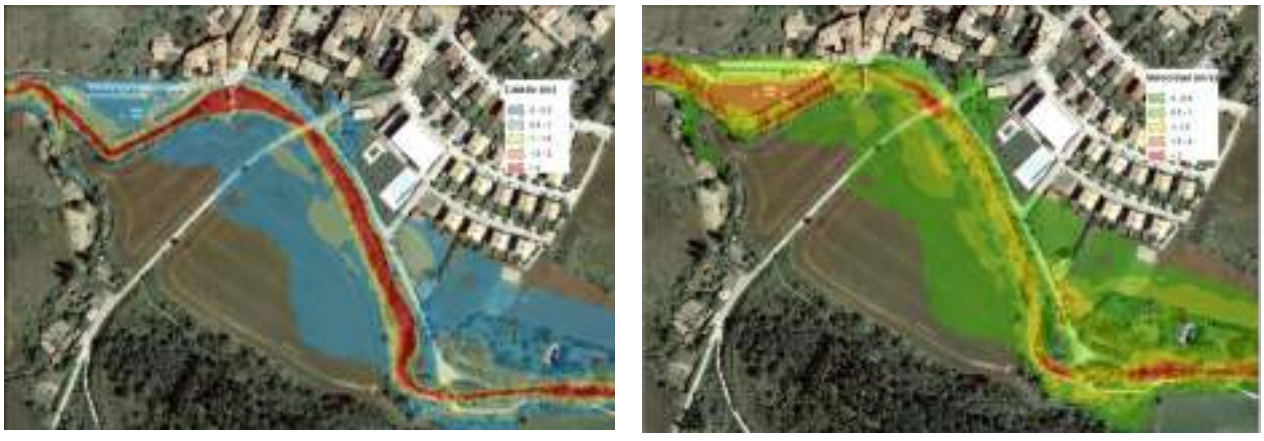


Imagen 27. Resultados de calados(izquierda) y velocidades (derecha) para el periodo de retorno 5 años. Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida en Iber.

Los resultados que se observan son:

- Con esta actuación se reducen para los 3 datos de caudales circulantes la superficie que se inunda, siendo de un 8.7% en el caso del caudal Q5.

Tabla 14. Porcentaje de superficie inundada en función del calado en el escenario 4 cuando circula un caudal representativo del periodo de retorno 5 años.

Calados (m)	% de superficie inundada en la situación actual (Q5)	% de superficie inundada en el escenario 2 (Q5)
0-0.5	53.7	55.6
0.5-1	26.3	24.3
1-1.5	8.9	6.1
1.5-2	3.6	4.4
>2	7.5	9.7

4.6 CARACTERIZACIÓN CON CAUDALES PROPUESTOS POR GOBIERNO DE NAVARRA

A petición del ayuntamiento de Monreal se ha llevado a cabo complementariamente una caracterización hidráulica para un caudal de 26 m^3/s, como valor de referencia aportado por Gobierno de Navarra.

Para dicha caracterización se ha usado la malla de cálculo procedente de los datos LiDAR, y se han ejecutado dos simulaciones: una para la situación actual; y otra simulando las propuestas del escenario 3.

Tabla 16. Características principales de las simulaciones realizadas en el escenario de prueba.

	Objetivo	Condición de entrada	Condición de salida	Rugosidad	Tiempo de simulación (min)
SIMU 19	Caracterización actual	Q=26m^3/s	crítica	automática	22
SIMU 20	Escenario conjunto E3	Q=26m^3/s	crítica	automática	25

Las siguientes figuras muestran los resultados de calados y velocidades obtenidos para la situación actual y según las modificaciones planeadas en el escenario 3 (E3).



Imagen 28. Resultados de calados(izquierda) y velocidades (derecha) para caudal de simulación 26m^3/s y situación actual. Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida en Iber.

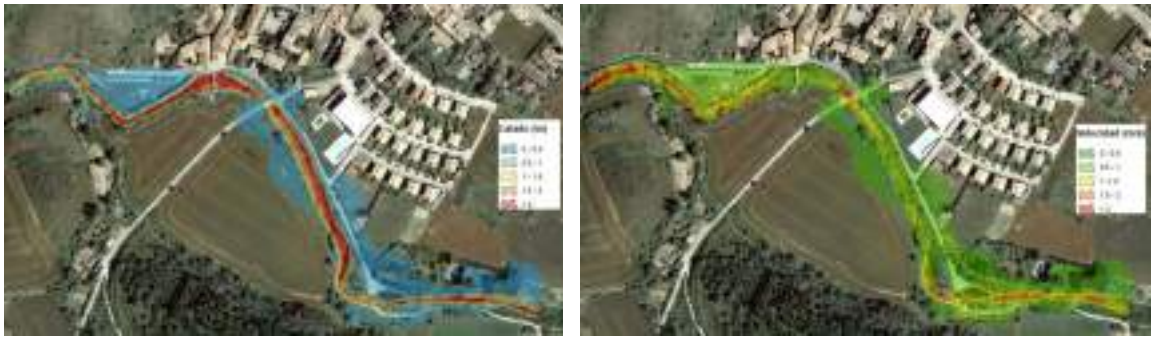


Imagen 29. Resultados de calados(izquierda) y velocidades (derecha) para caudal de simulación 26m^3/s y escenario 3. Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida en Iber.

El resultado más evidente se observa en la reducción del área mojada que se produce como consecuencia de las actuaciones propuestas en el escenario 3. Se pasa de tener una superficie inundada de 3.8 ha a 3.2ha, es decir un 15.8% menos.

La distribución de calados en dichas áreas se muestra a continuación:

Tabla 17. Porcentaje de superficie inundada en función del calado en la situación actual y en el escenario 3 cuando circula un caudal de 26m^3/s.

Calados (m)	% de superficie inundada en la situación actual (Q=26m^3/s)	% de superficie inundada en el escenario 3 (Q=26m^3/s)
0-0.5	62.6	61.6
0.5-1	18.1	12.4
1-1.5	6.6	8.0
1.5-2	5.7	9.1
>2	7.1	8.9

Tal y como se preveía en los resultados de los apartados anteriores, como conclusión se puede afirmar que, para caudales bajos (26m^3/s), **las actuaciones propuestas son más eficaces, ya que consiguen reducir el área inundada en un porcentaje significativo.**

4.7 CONCLUSIONES DESDE EL PUNTO DE VISTA HIDRAÚLICO

A partir del estudio hidráulico realizado, se presentan diferentes alternativas de actuación para mejorar la funcionalidad hidráulicas del río Elorz a su paso por el término municipal de Monreal. Para ello se han realizado diversos escenarios posibles:

- Escenario 0: Se deja el cauce en la situación actual.
- Escenario 1: Se plantea eliminar una escollera en la margen izquierda del río.
- Escenario 2: Se planea eliminar un relleno localizado en la margen izquierda del cauce aguas arriba del puente medieval.
- Escenario 3: E1+E2+ Reperfilado del talud de la margen izquierda del cauce desde la escollera hasta el puente nuevo.
- Escenario 4: E1+E2+ Ensanchamiento de la sección y reperfilado del talud de la margen izquierda del cauce desde la escollera hasta el puente nuevo.

Una vez evaluadas las diferentes hipótesis posibles, se considera que ninguno de los escenarios planteados presenta mejoras cuantitativas respecto a la funcionalidad hidráulica del río.

El motivo de dicho fracaso es la propia capacidad que tiene este tramo de río para albergar los caudales que circulan por él. Se ha comprobado que, para caudales de 59m^3/s (Q5), 89m^3/s (Q25) y por supuesto 115m^3/s (Q100), la morfología del cauce actual no es suficiente para que dicho caudal circule sin desbordamiento.

Las medidas aquí presentadas como escenarios de actuación, pretendían mejorar la morfología fluvial para reducir los efectos de la inundación en el área urbanizada y, a su vez, mejorar la funcionalidad hidráulica en la llanura de inundación “natural”. Se ha demostrado con este estudio que las medidas planteadas son insuficientes para conseguir dicho objetivo, si bien si se logra reducir la inundabilidad en la parte más sensible, la Plaza, que pasa de inundarse para un período de retorno de 2 años, a no hacerlo para un período de retorno de 5 años.

Sería recomendable realizar un estudio más amplio, que abarcara la cabecera de la cuenca para:

- conocer las causas por las cuales circulan caudales tan elevados por este río

- plantear medidas, no tan locales, que permitan modificar el comportamiento hidráulico de este río.

Se han realizado tres simulaciones a modo de prueba para testar que caudales puede albergar el río, en la situación actual, sin desbordarse. Los caudales a simular han sido 10m^3/s, 20m^3/s y 30 m^3/s. Esta información puede servir para futuras decisiones de gestión en este río, ya que, como se observa en las siguientes imágenes, el río se desborda en el municipio de Monreal ya incluso cuando el caudal es de 30 m^3/s. Por lo tanto, no es de extrañar que, cuando circulan los caudales asociados a los periodos de retorno Q5 (59 m^3/s), Q25 (89 m^3/s) y Q100 (115 m^3/s) el río no tenga capacidad para ellos.

En estas simulaciones se ha utilizado el Modelo Digital del Terreno 2ª Cobertura con paso de malla 2m que proporciona el Instituto Geográfico Nacional. El tramo de estudio se ha ampliado hasta los límites del término municipal para valorar una mayor zona. En las siguientes imágenes se muestran los calados alcanzados por la lámina de agua cuando circulan los distintos caudales.

Tabla 15. Características principales de las simulaciones realizadas en el escenario de prueba.

	Objetivo	Condición de entrada	Tiempo de simulación (min)
SIMU 16	Conocer el caudal máximo antes de desbordamiento	Q= 10m^3/s	10
SIMU 17	Conocer el caudal máximo antes de desbordamiento	Q= 20m^3/s	8
SMU 18	Conocer el caudal máximo antes de desbordamiento	Q= 30m^3/s	9



Imagen 30. Resultados de calados cuando circula un caudal de 10m3/s. Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida en Iber.



Imagen 31. Resultados de calados cuando circula un caudal de 20m3/s. Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida en Iber.

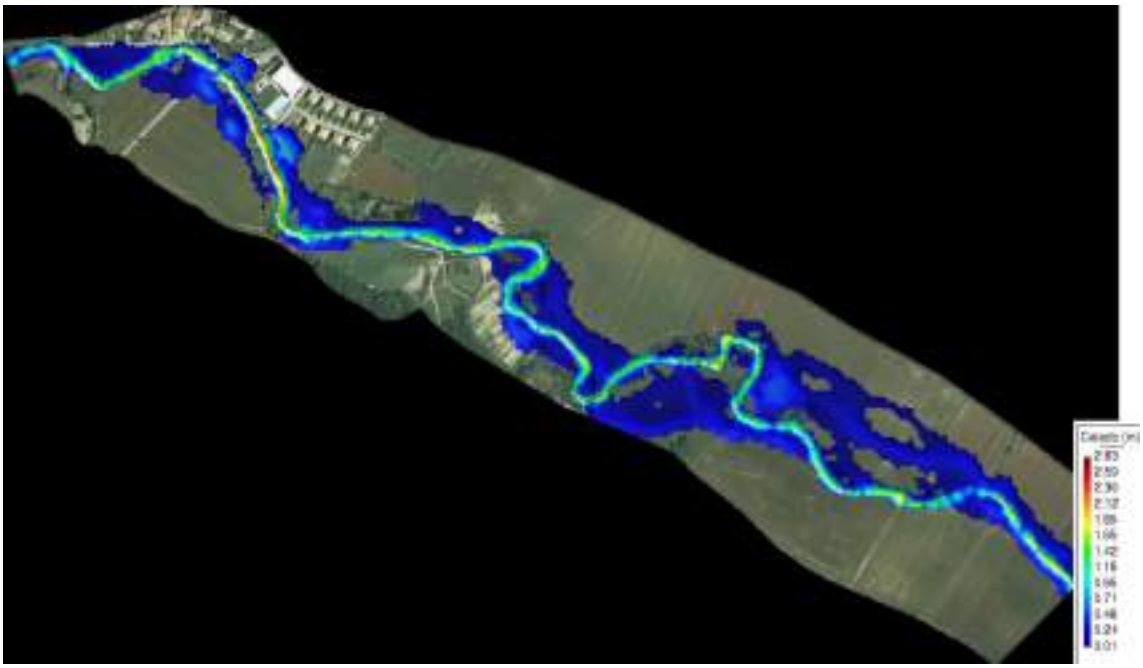


Imagen 32. Resultados de calados cuando circula un caudal de 30m3/s. Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida en Iber.

5 VALORACIÓN ECONÓMICA BÁSICA DE LAS PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN

A falta de un proyecto definido en detalle, se hace a continuación una valoración aproximada del coste de ejecución material de cada una de las intervenciones que se han valorado en este estudio, de forma que sirvan como un elemento más a la hora de valorar cuál de ellas es la óptima para llevar a cabo.

	ESCENARIO 1.- Retirada de la escollera	MEDICIÓN	PRECIO	IMPORTE	PARCIALES
m3	Demolición parcial de escollera	135,00	30,00	4.050,00	
m3	Movimientos de tierra, excavación de materiales y traslado	165,00	7,00	1.155,00	
m	Regeneración de la cubierta vegetal del área intervenida y consolidación	55,00	30,00	1.650,00	
					6.855,00
	ESCENARIO 2.- Retirada del relleno aguas arriba del Puente Medieval y creación de playa	**MEDICIÓN**	**PRECIO**	**IMPORTE**	**PARCIALES**
m3	Demolición de muros y otros elementos	40,00	30,00	1.200,00	
m3	Remodelacion terraza fluvial, generación de playa	1.800,00	7,00	12.600,00	
m	Regeneración de la cubierta vegetal del área intervenida y consolidación	55,00	30,00	1.650,00	
					15.450,00
	ESCENARIO 3.- E2+ tendido de la ribera entre P.Nuevo y Escollera, MI	**MEDICIÓN**	**PRECIO**	**IMPORTE**	**PARCIALES**
ud	Ejecución de Escenarios 2	1,00	15.450,00	15.450,00	
m3	Movimientos de tierra, excavación de materiales y traslado	5.590,00	6,00	33.540,00	
m	Regeneración de la cubierta vegetal del área extra intervenida en escenario 3 y consolidación	190,00	30,00	5.700,00	
					54.690,00
	ESCENARIO 4.- E2+ excavación de la ribera entre P.Nuevo y Escollera, MI, y ampliación del Puente Nuevo	**MEDICIÓN**	**PRECIO**	**IMPORTE**	**PARCIALES**
ud	Ejecución de Escenarios 1 y 2	1,00	22.305,00	22.305,00	
m3	Movimientos de tierra, excavación de materiales y traslado	7.175,00	7,00	50.225,00	
ud	Ampliación del puente nuevo mediante marcos prefabricados de hormigón	1,00	24.300,00	24.300,00	
m	Regeneración de la cubierta vegetal del área extra intervenida en escenario 3 y consolidación	190,00	30,00	5.700,00	
					96.830,00
	OTRAS INTERVENCIONES A LLEVAR A CABO EN CUALQUIERA DE LOS ESCENARIOS	**MEDICIÓN**	**PRECIO**	**IMPORTE**	**PARCIALES**
	Tratamientos de bioingeniería para consolidación de riberas				
m2	Estaquillados vivos, de escollera o talud	90,00	4,00	360,00	
m3	Entramados vivos y otras estructuras vivas mixtas de contención	135,00	200,00	27.000,00	
m2	Coberturas de ramas y otras técnica de cubrición	200,00	21,00	4.200,00	
m	Trenzados de mimbre y otros deflectores de la energía del río	30,00	30,00	900,00	
m	Fajinas y drenajes vivos	60,00	22,00	1.320,00	
					33.780,00
	Reconstruccion del Camino de Santiago				
m2	Sendero Camino de Santiago	375,00	18,00	6.750,00	
					6.750,00

6 COMPARATIVA DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS

A modo de resumen, se hace el siguiente análisis comparativo de los diferentes beneficios que se obtienen con cada una de las alteralivas valoradas, y sus costes económicos.

	RECUPERACIÓN DE CONECTIVIDAD ECOLÓGICA	REGENERACIÓN DE ECOSISTEMAS	MEJORA PAISAJÍSTICA	MEJORA HIDRÁULICA	COSTE ECONÓMICO	EFECTOS AMBIENTALES ADVERSOS
ESCENARIO 1	en menos de 100 m	entre 600 y 1.000 m2	BAJA	BAJA	BAJO (47.000€ PEM)	leves
ESCENARIO 2	en menos de 100 m	entre 600 y 1.000 m2	ALTA	BAJA	BAJO (56.000€ PEM)	leves
ESCENARIO 3	en más de 100 m	entre 600 y 1.000 m2	ALTA	MEDIA	MEDIO (95.000€ PEM)	leves
ESCENARIO 4	en más de 100 m	entre 600 y 1.000 m2	ALTA	MEDIA	ALTO (137.000€ PEM)	leves

7 CONCLUSIONES FINALES

A la vista de todo lo anterior, se hacen las siguientes recomendaciones:

- Abordar el estudio y la intervención del rio Elorz desde una escala de cuenca, tomando medidas de intervención ya aguas arriba, más allá del propio municipio de Monreal.

- En cuanto a las intervenciones que el Ayuntamiento de Monreal puede llevar a cabo en su entorno, se valora como la más eficiente el Escenario 3, por ser la mínima intervención que mejora la inundabilidad de la Plaza, que pasa de inundarse con caudales de período de retorno 2, a no hacerlo con caudales de retorno 5. Si bien, este escenario 3 no evita la inundación de la zona de aparcamiento, del camino de la Higa, ni del parque de la Barbacoa.

- La ejecución al menos del Escenario 2, de retirada del relleno junto al Puente Medieval, se considera en cualquier caso muy recomendable, por lo que supone de recuperación del paisaje, de las visuales del elemento patrimonial en su totalidad, la mejora de la accesibilidad al rio, y la recuperación de un área de alto valor como ecosistema acuático al devolver parte de su espacio al cauce y modelar una pequeña llanura de inundación.

- Aun llevando a cabo la intervención hidráulica del escenario 2, o del 3, se considera muy aconsejable tomar medidas de consolidación de las riberas con bioingeniería, en los puntos en los que las velocidades son elevadas para períodos de retorno de 5 años o más, para proteger elementos que, si bien no resulta grave que queden sumergidos temporalmente de vez en cuando, sí es relevante que no sufran daños con estas inundaciones, concretamente:

- Zona aguas abajo del Puente Medieval, MD, talud del parque de la Barbacoa

- Zona entre el Puente Nuevo y el vado de hormigón, MD, para protección del camino.



8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y FUENTES DE DOCUMENTACIÓN

Beechie, T. J., Sear, D. A., Olden, J. D., Pess, G. R., Buffington, J. M., Moir, H., Roni, P., Pollock, M. M. (2010). Process-Based Principles for Restoring River Ecosystems. *BioScience*, 60: 209-222.

Bertalan, L., Rodrigo-Comino, J., Surian, N., Šulc Michalková, M., Kovács, Z., Szabó, S., Szabó, G., Hooke, J. (2019). Detailed assessment of spatial and temporal variations in river channel changes and meander evolution as a preliminary work for effective floodplain management. The example of Sajó River, Hungary. *Journal of Environmental Management*, 248: 1-19.

Bladé, E., Cea, L., Corestein, G., Escolano, E., Puertas, J., Vázquez-Cendón, E., Dolz, J., Coll, A. (2014). Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos*. Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 30: 1-10.

Brookes, A., Shields, F. D. (1966). River Channel Restoration. Guided Principles for Sustainable Projects.

González del Tánago, M., García de Jalón, D. (1995). Principios básicos para la restauración de ríos y riberas. *Ecología*, 9: 34-46.

González del Tánago, M., García de Jalón, D. (2007). Restauración de Ríos. Guía metodológica para la elaboración de Proyectos. Ministerio de Medio Ambiente.

Horvat, Z., Horvat, M., Majer, F., Koch, D. (2020). Hydraulic analysis of a meander on the Danube River using a 2D flow model*. Environmental Monitoring and Assessment*, 192: 149.

Magdaleno, F. (2008). Manual de técnicas de restauración fluvial. CEDEX.

Magdaleno, F., Martínez, R. (2006). Aplicaciones de la teledetección láser (LiDAR) en la caracterización y gestión del medio fluvial. *Ingeniería Civil*, 142: 1-15

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2012). Guía Metodológica para el Desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables

Ollero, A. (2011). Restauración fluvial: principios, dificultades y propuestas. La perspectiva del CIREF. Restaura Ríos 2011 - I Congreso Ibérico de Restauración Fluvial.

Vizcaíno, P., Magdaleno, F., Seves, A., Merino de Miguel, S., González del Tánago, M., García de Jalón, D. (2003). Los cambios geomorfológicos del río Jarama como base para su restauración. *Limnetica,* 22: 1-8.

Williams, P.B. (2001). River engineering versus river restoration. ASCE Wetlands Engineering & River Restoration Conference, Reno, American Society of Civil Engineers.

Wohl, E., Angermeier, P. L., Bledsoe, B., Kondolf, G. M., MacDonnell, L., Merritt, D. M., Palmer, M. A., Poff, N. L., Tarboton, D. (2005). River restoration. *Water Resources Research*, 41, W10301.

Ayuntamiento de Monreal. *Plan Urbanístico Municipal de Monreal* 2020 https://monrealnavarra.es

Gobierno de Navarra. *Geoportal de Navarra* https://sitna.navarra.es/

Gobierno de Navarra. Gestión Ambiental de Navarra S.A Memoria de la red de control de calidad de agua. 2020

Gobierno de Navarra. Gestión Ambiental de Navarra S.A Estudio de Determinación de Índices Bióticos en 89 puntos de los ríos de Navarra. 2020

Gobierno de Navarra. Gestión Ambiental de Navarra S.A Estado ecológico de masas de agua superficial de Navarra. 2020

Gobierno de Navarra. *Infraestructura de Datos de Navarra*. https://idena.navarra.es/

Gobierno de Navarra. Sistema de Información Urbanística de Navarra -SIUN https://navarra.es

Meteo Navarra http://meteo.navarra.es/climatologia

PROYECTO DE RESTAURACIÓN HIDROMORFOLÓGICA Y AMBIENTAL DEL RÍO ELORZ,

A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE MONREAL – NAVARRA

ANEJO III.- ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD



JULIO 2021

PROYECTO DE
RESTAURACIÓN HIDROMORFOLÓGICA Y AMBIENTAL DEL RÍO ELORZ,
A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE MONREAL – NAVARRA

DOCUMENTO 1.- MEMORIA Y ANEJOS

ANEJO III.- ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

PROYECTO DE RESTAURACIÓN HIDROMORFOLÓGICA Y AMBIENTAL DEL RÍO ELORZ, A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE MONREAL – NAVARRA

ANEXO 1.- ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

INDICE

1. INTRODUCCIÓN 2
1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD 2
2. DISPOSICIONES GENERALES 3
3. MEMORIA 5
3.1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA 5
3.1.1. Datos de la obra 5
3.1.2. Descripción de la obra 5
3.1.3. Accesos 6
3.1.4. Duración de la obra y número de trabajadores punta 6
3.1.5. Materiales previstos en la construcción 6
3.1.6. Interferencias y Servicios afectados 6
3.1.7. Datos del Coordinador en materia de Seguridad y Salud 6
3.1.8. Instalaciones 7
3.1.9. Teléfonos y Direcciones de interés 7
3.2. ANÁLISIS DE RIESGOS 7
3.2.1. Riesgos derivados de las actuaciones del proyecto 7
3.2.2. Riesgos profesionales debidos a la maquinaria de movimiento de tierras y afirmados 8
3.2.3. Riesgos de daños a terceros 9
3.3. NORMAS DE SEGURIDAD 9
3.3.1. Relativas a las actuaciones de proyecto 9
3.3.2. Relativas a la maquinaria a emplear 10
3.4. MEDIOS DE PROTECCIÓN 13
3.4.1. Medidas de protección colectiva 13
3.4.2. Medidas de protección individual 14
3.4.3. Medidas de prevención de daños a terceros 15
3.5. CONTROL DE LA SEGURIDAD EN LA OBRA 15
3.5.1. Formación 15
3.5.2. Personal de seguridad 16
3.6. MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS 17
3.7. MEDIDAS DE HIGIENE PERSONAL E INSTALACIONES DEL PERSONAL 17
3.8. SEÑALES DE SEGURIDAD PROPUESTAS PARA LA OBRA 19
3.8.1. Generalidades 19
3.8.2. Presentación de señales de seguridad 20
3.9. PRINCIPIOS GENERALES APLICABLES DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA 21
3.10. OBLIGACIONES DE LAS DIFERENTES PARTES IMPLICADAS 22
3.10.1. Nombramiento de un coordinador 22
3.10.2. Redacción de un plan de seguridad 23
3.10.3. Avisos e información a la autoridad laboral 23

1. INTRODUCCIÓN

El Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción, establece en su Artículo 4 sobre obligatoriedad del estudio de seguridad y salud o del estudio básico de seguridad y salud en las obras; lo siguiente:

1. El promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio de seguridad y salud en los proyectos de obras en que se den alguno de los supuestos siguientes:

- Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 75 millones de pesetas (450.000 euros).
- Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- Que el volumen de mano de obra estimada, entendiendo por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500.
- Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

2. En los proyectos de obras no incluidos en ninguno de los supuestos previstos en el apartado anterior, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio básico de seguridad y salud.

Por tanto, en el presente proyecto será suficiente con la realización de un estudio básico de seguridad y salud.

De acuerdo con el artículo 6 del R.D 1627/1997, el Estudio Básico de Seguridad y Salud deberá precisar las normas de seguridad y salud aplicables a la obra, contemplando la identificación de los riesgos evitables y las medidas técnicas precisas para ello, la relación de riesgos laborales que no puedan eliminarse especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir riesgos y cualquier tipo de actividad a desarrollar en obra.

1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

Este estudio básico de seguridad y salud establece , durante la ejecución de la obra, las previsiones respecto a prevención de riesgos de accidentes y enfermedades

profesionales, así como los derivados de los trabajos de reparación, conservación, mantenimiento, y las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los operarios.

Servirá para dar unas directrices básicas a la empresa constructora para llevar a cabo sus obligaciones en el campo de la prevención de riesgos profesionales, facilitando su desarrollo, bajo el control de la Dirección Facultativa de acuerdo con el Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre, por el que se implanta la obligatoriedad de la inclusión de un Estudio Básico de Seguridad y Salud en el trabajo en los proyectos de edificación y obras públicas.

Los objetivos que pretende alcanzar el estudio de seguridad y salud en el trabajo son, en resumen, los siguientes:

- GARANTIZAR LA SALUD E INTEGRIDAD FÍSICA DE LOS TRABAJADORES.

- EVITAR ACCIONES O SITUACIONES PELIGROSAS POR IMPREVISIÓN, INSUFICIENCIA O FALTA DE MEDIOS

- DELIMITAR LOS COSTES DE LAS MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y PREVENCIÓN.

- DELIMITAR Y ESCLARECER ATRIBUCIONES Y RESPONSABILIDADES EN MATERIA DE SEGURIDAD A LAS PERSONAS QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO.

- DETECTAR A TIEMPO LOS RIESGOS QUE DERIVAN DE LA PROBLEMÁTICA DE LA OBRA.

- APLICAR TÉCNICAS DE EJCUCIÓN QUE REDUZCAN LO MÁS POSIBLE ESTOS RIESGOS.

2. DISPOSICIONES GENERALES

- Orden de 28 de agosto de 1.970 (BOE 5/7/8/9-9-70). Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica, modificada por: Orden de 27 de Diciembre de 1.973.
- Orden de 9 de marzo de 1971 (BOE 16-03-71) por el que se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Ley 8/1.980 de 10 de marzo. Estatuto de los trabajadores:
- Orden de 20 de septiembre de 1.986 por la que se aprueba el modelo del libro de incidencias de obra, en las que es obligatoria la inclusión del Plan de Seguridad e Higiene.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre (BOE 10-11-95) por la que se aprueba la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

- Instrucción de 26 de febrero de 1996, de la Secretaría de Estado para la Administración Pública, para la aplicación de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales en la Administración del Estado.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Orden de 27 de junio de 1997, por la que se desarrolla el RD 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, en relación con las condiciones de acreditación de las entidades especializadas como servicios de prevención ajenos a las empresas, de autorización de las personas o entidades especializadas que pretendan desarrollar la actividad de auditoria de las entidades públicas o privadas para desarrollar y certificar actividades formativas en materia de prevención de riesgos laborales.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 488/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización.
- Orden de 22 de abril de 1997 por la que se regula el régimen de funcionamiento de las Mutuas de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales de la Seguridad Social en el desarrollo de actividades de prevención de riesgos laborales.
- Orden de 27 de junio de 1997 por la que se desarrolla el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, en relación con las condiciones de acreditación de las entidades especializadas como servicios de prevención ajenos a las empresas, de autorización de las personas o entidades especializadas que pretendan desarrollar la actividad de auditoría del sistema de prevención de las empresas y de autorización de las entidades públicas o privadas para desarrollar y certificar actividades formativas en materia de prevención de riesgos laborales.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- Ordenanzas Municipales sobre el uso del suelo y edificación.
- Convenio Colectivo Provincial de la Construcción y Obras Públicas.
- Decreto 432/1971, del 11 de marzo
- Orden de 20 de mayo de 1952, de reglamento de Seguridad e Higiene en la industria de la construcción.
- Orden de 17 de mayo de 1974, de homologación de medios de protección personal de los trabajadores.
- Real Decreto 842/2002, del 2 de agosto por el que se aprueba el reglamento electrotécnico de baja tensión.

3. MEMORIA

3.1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

3.1.1. Datos de la obra

- Denominación: "PROYECTO DE RESTAURACIÓN HIDROMORFOLÓGICA Y AMBIENTAL DEL RÍO ELORZ A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE MONREAL, NAVARRA".

- Emplazamiento: Monreal de Navarra

- Total Presupuesto General: 114.685,03 €

- Plazo de ejecución: 5 meses

- Número máximo de trabajadores al mismo tiempo en obra: 6

- Número medio de trabajadores: 4

- Jornales en obra: 440

- Nombre de la Propiedad: AYUNTAMIENTO DE MONREAL DE NAVARRA

- Climatología: Clima suboceánico y submediterráneo

- Centro Asistencial más próximo: Hospital de Navarra 848 42 22 22

3.1.2. Descripción de la obra

El proyecto objeto de este estudio incluye las siguientes actuaciones:

LABORES PREVIAS:

- Limpieza y desbroce
- Demolición parcial de muro de escollera

TRATAMIENTO DE TERRENO Y MOVIMIENTOS DE TIERRA

- Excavación para apertura del cauce y remodelado del terreno
- Retirada de rellenos antrópicos

BIOINGENIERIA Y PAISAJISMO

CONSOLIDACIÓN DE TALUDES CON BIOINGENIERÍA

NUEVAS PLANTACIONES Y PAISAJISMO

3.1.3. Accesos

El acceso a la obra se llevará a cabo desde la antigua carretera a Jaca, la NA-2420, y a través del municipio por la Carretera de la Higa.

3.1.4. Duración de la obra y número de trabajadores punta

La previsión de duración de la obra es de 5 meses de ejecución y 6 meses de mantenimiento.

El número de trabajadores punta asciende a 6 operarios.

3.1.5. Materiales previstos en la construcción

No está previsto el empleo de materiales peligrosos o tóxicos, ni tampoco elementos o piezas constructivas de peligrosidad desconocida en su puesta en obra; tampoco se prevé el uso de productos tóxicos en el proceso de construcción.

3.1.6. Interferencias y Servicios afectados

No se esperan interferencias con servicios de saneamiento de aguas pluviales y fecales, con líneas de telefonía, ni con una línea de distribución de energía eléctrica.

No se afectará en ningún caso a línea alguna de ferrocarril.

3.1.7. Datos del Coordinador en materia de Seguridad y Salud

Nombre: Los datos correspondientes a la persona que realice esta labor serán fijados por el constructor adjudicatario de la obra, antes del comienzo de la misma.

3.1.8. Instalaciones

Las instalaciones necesarias para el funcionamiento de la obra serán las casetas de vestuario y comedor. Las casetas de herramientas que el contratista considere necesarias correrán a cargo de los gastos generales.

Los servicios necesarios se captarán del propio municipio.

3.1.9. Teléfonos y Direcciones de interés

POLICIA FORAL (SOS - Deiak) 112

BOMBEROS DE NAVARRA Av. de Zaragoza, 31, 31191 Cordovilla, Navarra - 112

HOSPITAL DE NAVARRA: 848 422222 (Calle de Irunlarrea, 3, 31008 Pamplona, Navarra)

SERVICIO DE SALUD.- URGENCIAS 112

INFORMACION TOXICOLOGICA (permanente) 91-262.04.20

DYA Navarra-Nafarroa – Servicio de Ambulancias – 948 171717

3.2. ANÁLISIS DE RIESGOS

3.2.1. Riesgos derivados de las actuaciones del proyecto

En demoliciones, desmantelados y retirada de residuos:

- CAÍDAS DE MATERIALES TRANSPORTADOS
- ATRAPAMIENTOS Y APLASTAMIENTOS
- ATROPELLOS, COLISIONES Y VUELCOS
- CONTAGIOS POR LUGARES INSALUBRES
- RUIDOS Y VIBRACIONES
- AMBIENTE PULVÍGENO
- ELECTROCUCIONES

En movimientos de tierras y consolidación de taludes:

- DESLIZAMIENTO Y VUELCO DE LAS MÁQUINAS

- ATRAPAMIENTOS
- CAÍDAS A DISTINTO NIVEL
- DESPRENDIMIENTOS
- POLVO
- RUIDO

En podas y talas de material vegetal

- CONTACTOS CON HILO DE CORTE
- ROTURA DE CADENAS
- PROYECCIÓN DE PARTICULAS
- SOBREESFUERZOS
- QUEMADURAS
- RUIDO

3.2.2. Riesgos profesionales debidos a la maquinaria de movimiento de tierras y afirmados

Riesgos comunes

- FALTA DE CARCASA PROTECTORA EN MOTORES, CORREAS, ENGRANAJES..
- SUPERAR LAS POSIBILIDADES DE LA MÁQUINA
- FALTA DE MANTENIMIENTO
- FATIGA FÍSICA DEL OPERADOR

Riesgos particulares

Los riesgos particulares afectan a las máquinas que disponen de los elementos que a continuación se exponen:

- COLECTOR DE ESCAPE
- REPOSTAJE DE COMBUSTIBLE
- NIVEL DE REFRIGERANTE
- BATERÍAS

3.2.3. Riesgos de daños a terceros

Los riesgos que se pueden producir a terceras personas, vienen derivados de:

- TRANSPORTES
- DERIVADOS DE ROBOS
- DESMANTELADO Y RETIRADA DE ELEMENTOS PARTICULARES
- DERIVADOS DE LOS ENLACES CON LAS CARRETERAS, HABRÁ RIESGOS DERIVADOS DE LA OBRA FUNDAMENTALMENTE POR CIRCULACIÓN DE VEHÍCULOS.

3.3. NORMAS DE SEGURIDAD

3.3.1. Relativas a las actuaciones de proyecto

Demolición y Movimiento de tierras

- SE SEÑALIZARÁN LOS BORDES DE LAS ACTUACIONES
- LAS MANIOBRAS DE LAS MÁQUINAS SE HARÁN SIN INTERFERENCIA DE LAS MISMAS
- SE ESTABLECERÁN ACCESOS Y LIMPIEZA EN ZONAS DE TRABAJO
- CORRECTA SITUACIÓN Y ESTABILIZACIÓN DE LAS MÁQUINAS DE CIMENTACIÓN SUPERFICIAL
- ESTABLECIMIENTO DE MEDIOS AUXILIARES ADECUADOS AL SISTEMA
- COLOCACIÓN DE TESTIGOS PARA EL CONTROL DE VIBRACIONES
- PROHIBICIÓN DE PERMANENCIA DE PERSONAL JUNTO A MAQUINARIA EN MOVIMIENTO.

Construcción e instalaciones

- COMPROBACIÓN PERIÓDICA DEL BUEN ESTADO DE HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES
- SEÑALIZACIÓN CORRECTA
- LIMPIEZA DE LOS TAJOS DE TRABAJO
- USO DE VENTOSAS PARA EL TRASIEGO DE ELEMENTOS FRÁGILES
- VENTILACIÓN NATURAL O FORZADA
- PROHIBICIÓN DE ENCENDER FUEGO
- MÁQUINAS ELÉCTRICAS PORTÁTILES CON DOBLE AISLAMIENTO
- PROHIBICIÓN DE USAR COMO TOMA DE TIERRA CANALIZACIONES DE OTRAS INSTALACIONES

- CORRECTO ESTADO DE MANTENIMIENTO DE MANGUERAS, MANÓMETROS, VÁLVULAS Y SOPLETES
- ESTABLECIMIENTO DE ORDEN Y LIMPIEZA EN TAJOS
- CORRECTA ILUMINACIÓN

3.3.2. Relativas a la maquinaria a emplear

RETROEXCAVADORA y MINIRETROEXCAVADORA

- El operador conocerá las características de la máquina. Antes de moverla comprobará el funcionamiento de mandos y controles, así como la ausencia de personas en las proximidades.
- Durante la realización de la excavación, la máquina estará calzada mediante el sistema que prevea el fabricante para evitar desplazamientos y facilitar la inmovilización del conjunto.
- Los neumáticos estarán inflados con la presión adecuada.
- Deberán extremarse las precauciones en la proximidad de tuberías subterráneas de gas, líneas eléctricas, telefónicas o de agua, finalizando la excavación de las zanjas de manera manual.
- Se evitará elevar o girar bruscamente la máquina o frenar de repente. Estas acciones ejercen una sobrecarga adicional en los elementos de la máquina y pueden desestabilizar el conjunto.
- Se prohíbe entrar en la cabina a otra persona que no sea el maquinista, mientras se está trabajando.
- No bajar de la cabina mientras el embrague general está engranado.
- No abandonar la máquina cargada, ni con el motor en marcha ni con la cuchara subida.
- Almacenar los trapos aceitosos y otros materiales combustibles en un lugar seguro.
- No se deben almacenar dentro de la cabina de la máquina latas de gasolina de repuesto.
- Los operarios estarán fuera de la zona de acción de la máquina.
- Estarán dotadas de cabina adecuada o de pórtico de seguridad que proteja el puesto del conductor, así como dispondrá de bocina, sistema de iluminación y señal acústica automática de retroceso.
- En caso de manipular cargas, tubos, entibaciones, etc., estará dotada de un sistema de control de descenso de la pluma, montado en cilindro o cilindros de elevación, así como un sistema de aviso acústico o visual que indique al operador que se ha alcanzado la capacidad nominal prevista para manejo de cargas y una tabla con las capacidades nominales para manipulación de cargas

determinadas por el fabricante, debiendo estar visible en el puesto del operador. (Todo ello conforme a Norma UNEEN 474-5)

DUMPER

- El conductor conocerá las características de la máquina. Antes de moverla comprobará el funcionamiento de mandos y controles, así como la ausencia de personas en las proximidades.
- No se transportarán viajeros.
- Mantener los frenos siempre en buen estado, teniendo como norma revisarlos después del paso sobre barrizales
- Se revisará la carga antes de iniciar la marcha, observando su correcta disposición.
- Las cargas no deberán dificultar la visión del conductor.
- Cuando se deje estacionado el vehículo, se parará el motor y se accionará el freno de mano. Si está en pendiente, además se calzarán las ruedas.
- El dúmper debe de estar dotado de pórtico de seguridad que proteja el puesto del conductor, así como de cinturón de seguridad que amarre a éste al propio vehículo, luz giratoria y matrícula.
- El dúmper deberá disponer de bocina, sistema de iluminación, espejo retrovisor y señal acústica automática de retroceso.
- El conductor poseerá el permiso de conducir, como mínimo Categoría B-1.

CAMIÓN VOLQUETE

- La caja será bajada inmediatamente después de efectuada la descarga y antes de emprender la marcha.
- Al realizar las entradas y salidas del solar, lo hará con precaución, auxiliado por la señales por un miembro de la obra.
- Respetará todas las normas del Código de Circulación.
- Si por cualquier circunstancia tuviera que parar en rampa, el vehículo quedará frenado y calzado con topes.
- Respetará en todo momento las señalizaciones de la obra
- Las maniobras dentro del recinto de obra se harán sin brusquedades, anunciando con antelación las mismas, auxiliándose del personal de la obra.
- La velocidad de circulación estará en consonancia con la carga transportada, la visibilidad y las condiciones del terreno.
- La cabina estará dotada de extintor de incendios.

COMPACTADORA DE MANO

- Antes de empezar a trabajar, limpiar los posibles derrames de aceite o combustible que puedan existir.
- Antes del inicio del trabajo se ha de inspeccionar el terreno (o elementos estructurales) para detectar la posibilidad de desprendimientos por la vibración transmitida.
- Evitar desplazamientos laterales mientras se avanza frontalmente.
- Evitar la presencia de cables eléctricos en las zonas de paso.

MOTOSIERRA

- Freno de la cadena de corte que, al golpear contra la mano del operario en un retroceso, detiene la máquina.
- Empuñadura con pulsador, que detiene la máquina al dejar de apretarlo. - Empuñadura posterior con resguardo.
- Resguardo de cadena por la parte inferior.
- La carga de combustible se realizará con el motor de la motosierra parado.
- La puesta en marcha se efectuará con la motosierra colocada sobre el suelo, en un sitio despejado y horizontal, procurando que no existan operarios en las proximidades.
- Las operaciones de mantenimiento se efectuarán a motor parado.
- El operario que la maneja, se situará a un lado de la sierra.
- Se deberá agarrar siempre con las dos manos.
- Empleo de prendas con protección anticorte.
- Uso de pantallas de rejilla para protección contra la proyección de partículas.
- Empleo de protectores auditivos para amortiguar el ruido

DESBROZADORA

- Mantenimiento periódico y adecuado de la maquinaria
- Fijación correcta de la desbrozadora al cuerpo mediante arneses.
- Empuñadura con pulsador, que detiene la máquina al dejar de apretarlo.
- La carga de combustible se realizará con el motor parado.
- Las operaciones de mantenimiento se efectuarán a motor parado.
- No eliminar las protecciones del motor ni de los elementos de corte.
- Empleo de los equipos de protección individual adecuados.
- No permanecer en las proximidades de la zona de siega para evitar ser alcanzados por pequeñas piedras que puedan salir proyectadas.

3.4. MEDIOS DE PROTECCIÓN

3.4.1. Medidas de protección colectiva

SEÑALES DE TRÁFICO

- STOP en salidas de vehículos
- Entrada y salida de vehículos

SEÑALES DE SEGURIDAD

- Obligación -------Obligatorio casco, cinturón de seguridad, gafas, mascarilla, protecciones auditivas, botas y guantes.

- Advertencia--------Riesgos eléctricos, caídas de objetos, caída distinto nivel, maquinaria pesada en movimiento, carga suspendida, incendios, intoxicación, corrosión, desprendimientos...

- Prohibición---------Prohibido el paso a toda persona ajena a la obra, prohibido encender fuego, prohibido fumar....

- Informativas----------Señal informativa de localización de extintor botiquín, teléfono, puesto de primeros auxilios, taller más cercano...

DESBROCE Y EXPLANACIÓN

- AVISOR ACÚSTICO EN MÁQUINAS
- SE UTILIZARÁN VALLAS DE CONTENCIÓN EN BORDES DE VACIADO
- SEÑALIZACIÓN: SE UTILIZARÁ CINTA DE BALIZAMIENTO REFELECTANTE Y SEÑALES INDICATIVAS DE RIESGO DE CAÍDA A DISTINTO NIVEL.
- PARA EL ACCESO DEL PERSONAL SE UTILIZARÁN ESCALERAS FIJAS
- RIEGO DE LAS ZONAS DONDE EL TRABAJO GENERE POLVO.

MOVIMIENTO DE TIERRAS

- BARANDILLAS DE LIMITACIÓN DE BORDE
- TOPE DE FINAL DE RECORRIDO
- LIMITACIÓN PARA LOS APILAMIENTOS DE MATERIAL

RESTO DE INSTALACIONES Y ACABADOS

- HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES EN CORRECTO ESTADO DE FUNCIONAMIENTO
- ORDEN Y LIMPIEZA EN LAS ZONAS DE TRABAJO

INSTALACIONES SANITARIAS Y DE OBRA

- INSTALACIONES DE ASEOS, VESTUARIOS Y COMEDOR ASÍ COMO LAS DE BOTIQUÍN

3.4.2. Medidas de protección individual

PROTECCIONES DE LA CABEZA

- CASCOS---PARA TODAS LAS PERSONAS QUE PARTICIPEN EN LAS OBRAS, INCLUIDOS LOS VISITANTES
- GAFAS CONTRA IMPACTO Y ANTIPOLVO
- GAFAS PARA OXICORTE
- PANTALLA DE SOLDADOR
- MASCARILLA ANTIPOLVO
- PROTECTORES AUDITIVOS
- FILTROS PARA MASCARILLAS
- PANTALLA CONTRA PROTECCIÓN DE PARTÍCULAS

PROTECCIONES DEL CUERPO

- MONOS O BUZOS----NO SE TENDRÁ EN CUENTA LAS REPOSICIONES A LO LARGO DE LA OBRA.
- TRAJES DE AGUA
- MANDILES DE SOLDADOR
- CINTURÓN DE SEGURIDAD DE SUJECIÓN
- CINTURÓN ANTIVIBRATORIO
- CINTURÓN PORTAHERRAMIENTAS
- FAJA ELÁSTICA SOBREESFUERZOS

PROTECCIONES DE EXTREMIDADES SUPERIORES

- GUANTES DE CUERO

- GUANTES DE GOMA FINOS PARA TRABAJOS DE ALBAÑILERÍA Y HORMIGONADO.
- GUANTES DE USO GENERAL
- MANO PARA PUNTERO

PROTECCIONES DE EXTREMIDADES

- BOTAS DE AGUA
- BOTAS DE SEGURIDAD DE LONA
- BOTAS DE SEGURIDAD DE CUERO
- BOTAS DIELÉCTRICAS

3.4.3. Medidas de prevención de daños a terceros

Se señalizarán, de acuerdo con la normativa vigente, los accesos naturales a la obra, prohibiéndose el paso a toda persona ajena a la misma, colocándose en su caso los cerramientos necesarios.

Se señalizará la existencia de zanjas abiertas para impedir el acceso a ellas a todas las personas ajenas a la obra y se vallará toda la zona peligrosa, debiendo establecerse la vigilancia necesaria, en especial por la noche para evitar daños al tráfico y a las personas que hayan de atravesar la zona de las obras.

Toda la señalización será ratificada por el Director de obra.

Se regarán las zonas de trabajo que generan polvo o que puedan interferir a terceros.

3.5. CONTROL DE LA SEGURIDAD EN LA OBRA

3.5.1. Formación

Todo el personal debe recibir, al ingresar en la obra, una exposición de los métodos de trabajo y los riesgos que éstos pudieran entrañar, juntamente con las medidas de seguridad que deberá emplearse.

Eligiendo al personal más cualificado, se impartirán cursillos de socorrismo y primeros auxilios de forma que todos los tajos dispongan de algún socorrista.

3.5.2. Personal de seguridad

COMITÉ DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

Se formará un comité, de acuerdo con la legislación vigente, cuyas funciones serán las específicas en el artículo 8 de la Ordenanza de Seguridad y Salud en el trabajo.

JEFE DE SEGURIDAD

De entre los miembros del comité de Seguridad y salud, la empresa constructora designará a una persona para ocupar el cargo de Jefe de Seguridad con una titulación mínima de grado medio.

Las funciones del Jefe de seguridad serán las establecidas en el artículo 10 de la Ordenanza de seguridad y salud en el trabajo además de:

- Transmitir a la empresa los acuerdos del Comité de seguridad.
- Es el responsable de que se lleve a cabo el presente Estudio básico de Seguridad y Salud o el desarrollado por la empresa, así como cualquier otra orden dada por el empresario o por la dirección facultativa que sea relativa a seguridad y salud.
- Podrá proponer a la empresa las sanciones al personal, que de una forma reincidente, no cumpla con las normas de seguridad, según el artículo 15 de la ordenanza general de seguridad y salud en el trabajo.
- Sus funciones serán incompatibles con cualquier otro tipo de función que normalmente preste en la empresa.

No será necesario que pertenezca al Comité de Seguridad y Salud del Trabajo.
Tendrá el cometido que se les reconoce en el artículo 9 de la Ordenanza General y Salud del trabajo.

Al finalizar la jornada laboral, recorrerá toda la obra, comprobando que la totalidad de los trabajos se encuentran correctamente señalizados y con todos los elementos de seguridad que se han estipulado.

En su defecto, serán los encargados de montar dichos elementos de señalización y seguridad, para lo cual, la empresa les proporcionará los elementos oportunos.