

Anteproyecto -Marisma interior
Control de Inundaciones del río Estepona, Bakio Bizkaia



Sangalli, Coronel y Asociados S.L.

ÍNDICE

| | | |
|-----|---|----|
| 1. | PETICIONARIO | 4 |
| 2. | ANTECEDENTES - ESTUDIOS REALIZADOS..... | 4 |
| 3. | OBJETO DEL ANTEPROYECTO..... | 9 |
| 4. | ANÁLISIS | 10 |
| 5. | ESTUDIO HIDRÁULICO..... | 22 |
| 6. | DIAGNÓSTICO..... | 47 |
| 7. | PROPUESTA | 48 |
| 8. | ELEMENTOS DE LA PROPUESTA | 57 |
| 9. | PRESUPUESTO Y MEDICIONES | 67 |
| 10. | INFOGRAFÍAS | 69 |
| 11. | REFERENCIAS..... | 71 |

1. PETICIONARIO

El presente documento se redacta a petición del Ayuntamiento de Bakio, Bizkaia, como documento de diagnóstico del anteproyecto para la creación de una marisma interior en Bakio.

La redacción del anteproyecto surge en el marco de colaboración entre el Ayuntamiento de Bakio y el Departamento de Planificación de la Agencia Vasca del Agua (URA) para resolver conjuntamente las condiciones de inundabilidad que de manera periódica afectan al municipio en una gran parte de su superficie.



Imagen: Inundabilidad del municipio de Bakio. Fuente: Avance del Plan urbanístico de Bakio: Clave 2017

Con objeto de solucionar el problema se han llevado a cabo a lo largo de los años una serie de actuaciones y proyectos, siendo el más reciente el elaborado en 2017 dentro del convenio entre el Ayuntamiento de Bakio, la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) y la Universidad del País Vasco (UPV) para estudiar en detalle la dinámica del agua del río Estepona a su paso por Bakio.

Del estudio Ambiental e Hidráulico de la UPC/UPV realizado en 2018 surge como solución la creación de una marisma interior y un bosque inundable en los parques interiores de Bakea y Solozarre.

El anteproyecto objeto de este documento de diagnóstico avanza en la definición de las anteriores soluciones.

2. ANTECEDENTES - ESTUDIOS REALIZADOS

Bakio es un pequeño municipio de la costa cantábrica de unos 2.600 habitantes, formado por un pequeño valle drenado en su interior por el río Zarraga o Estepona y el Ondarra, que desemboca en plena playa, y rodeado por los montes Burgoa (447 metros), Garbola (474 metros) y Jata (592 metros).



Vista de Bakio y del valle del río Estepona. Fuente: Telle

Debido a su ubicación geográfica, a las condiciones climáticas y al desarrollo urbanístico de las últimas décadas, el municipio ha sufrido periódicamente una serie de inundaciones.

En el año 1994, y con objeto de resolver la problemática en la zona urbana, la Confederación Hidrográfica del Norte -autoridad competente en aquella fecha- llevó a cabo las obras de encauzamiento del río Estepona por una longitud de 555 metros. El ulterior desarrollo urbanístico aguas arriba de esta zona, tanto de zonas residenciales como de ocio, ha hecho que estas nuevas áreas se encuentren en zonas inundables o potencialmente inundables.

Es por ello por lo que esta zona se considera desde el año 2011 ARPSI o Área de Riesgo Potencial Significativo de Inundación, en concreto la ARPSI ES-018BIZ-BUT-04 del río Estepona. Tal y como muestra la cartografía elaborada por URA, se observa que una parte importante del núcleo urbano se encuentra en zona inundable, estando afectado en su mayor parte por la zona de flujo preferente.



Cartografía Inundabilidad del visor de URA

Dada la problemática del lugar, se encargó en el año **2003** el “Estudio de Alternativas de Acondicionamiento Hidráulico y recuperación ambiental del Río Estepona en Bakio (Bizkaia)”, redactado por D. Carlos Corral Madariaga y D. Miguel Ángel Iribarren López en colaboración con la Universidad de Cantabria.

2.1 El anteproyecto de encauzamiento y recuperación ambiental del río Estepona del 2014

Tras el anterior estudio, en el año 2014 se encargó a la empresa IKAUR el desarrollo de una de las alternativas estudiadas, fruto de la cual se redactó el anteproyecto titulado “Anteproyecto del encauzamiento y recuperación ambiental del río Estepona entre el Puente de Santa Catalina y el Puente de San Pelaio de Bakio”.

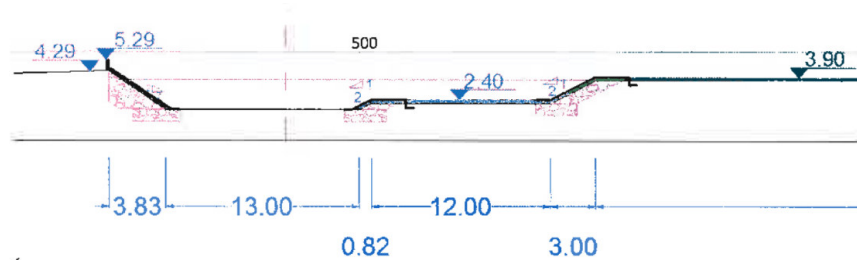
Las principales actuaciones son las siguientes:

- Asegurar una anchura mínima al cauce de 13 m.
- Realización de rebajes en la margen derecha del cauce. La primera plataforma se dejaría a cota +2,40 m y la segunda a cota +3,90-4,00 m. Las anchuras de dichas plataformas son variables y están definidas en los planos del anteproyecto.
- Construcción de muros de hormigón armado en el margen izquierdo para proteger la trama urbana de las inundaciones correspondientes al periodo de retorno de 100 años.
- Construcción de una mota (lezón) de escollera en la margen derecha para proteger una zona habitada afectada por las inundaciones.
- En la zona de la isla existente cercana al puente de Santa Catalina, se amplía el cauce del ramal derecho, de forma que la suma de la anchura total de ambos cauces sea de 13 m.

En el anteproyecto se indica que, con las anteriores actuaciones, se mantiene la avenida de 100 años de periodo de retorno dentro del nuevo cauce gracias al aumento de la sección hidráulica del río Estepona y las construcciones de los muros. De acuerdo con sus cálculos hidráulicos, se consigue una reducción de 58 cm para los calados de la avenida de 100 años, de 78 cm para la avenida de 10 años y de 32 cm para la avenida de 500 años.

Para las ampliaciones del cauce en la margen derecha se eliminan muros existentes, que son sustituidos por taludes revegetados. Las escolleras planteadas también son revegetadas. En la zona aguas arriba del puente de san Pelaio se plantea una pequeña zona de marisma en la que se utilizan plantas típicas de marismas de otras zonas de Bizkaia.

Las plataformas de mayor cota (las inundables en periodo de aguas altas) se plantean como zonas de disfrute y ocio. Las actuaciones también incluyen la plantación de arbolado de alineación y de estacas de sauce en las escolleras.



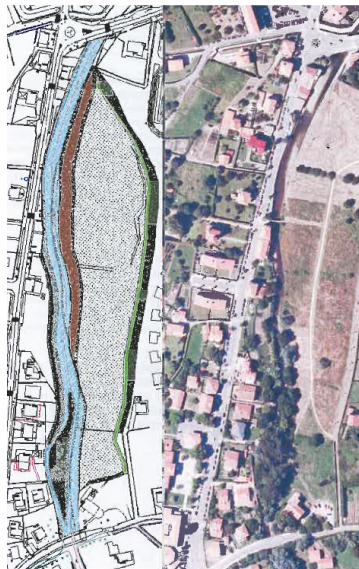
Sección tipo anteproyecto agosto 2014

La definición de los distintos niveles se apoya en la construcción de escolleras con su correspondiente cimentación. Las escolleras se cubren con geotextil de material sintético.

El primer escalón es el definido como pequeña marisma. El segundo escalón estaría solamente expuesto a las inundaciones correspondientes a los periodos de retorno de 100 y 500 años (no estaría afectado por la marea).

El primer escalón desaparece en las zonas donde ya no existe influencia mareal. En ese anteproyecto, esta zona se define en el pk0+339 que corresponde con un punto aguas arriba del límite del DPMY (Dominio Público Marítimo Terrestre según el visor de MAPAMA). Por otro lado, este punto está aguas abajo del definido en el informe hidráulico del UPC (de febrero de 2018). No se indica en el anteproyecto la metodología para obtener la zona de influencia mareal en el río Estepona.

Los taludes de la isla cercana al puente de Santa Catalina se protegen con escollera. Esta isla, de acuerdo con el anteproyecto, es inundable para la avenida de 100 años de periodo de retorno.



Planta de actuaciones del anteproyecto de agosto de 2014. Se puede observar una primera franja pegada al cauce del río Estepona que representa la zona de recreación de marisma. El segundo escalón corresponde a una zona inundable para los periodos de retorno de 100 y 500 años

Por último, se incluye la instalación de 17 clapetas en la margen izquierda del río para impedir que el agua del río afecte a la trama urbana cuando la lámina de agua del río supera la cota del tupo de pluviales.

2.2 Soluciones del estudio hidráulico y ambiental de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) y la Universidad del País Vasco (UPV) de 2018

Durante la elaboración del PGOU de Bakio, se plantea como objetivo y criterio general del planeamiento el reconciliar a Bakio con su entorno, en especial el río Estepona y sus distintas zonas naturales y urbanas de inundación, y se propone profundizar en el estudio al considerarlo elemento clave para la recuperación tanto de la calidad urbana como de la funcionalidad ecológica del núcleo urbano y el resto del territorio.

Para estudiar en detalle la dinámica del agua del río Estepona a su paso por Bakio, se firmó un convenio entre el Ayuntamiento de Bakio, la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) y la Universidad del País Vasco (UPV). Con el objetivo de limitar los efectos de la inundación en Bakio, así como para mejorar la calidad ambiental del río Estepona, este estudio propone una serie de medidas cuya filosofía es dar más espacio al río para la recuperación de procesos físicos (movilidad del cauce, transporte sólido, creación de zonas de erosión y deposición de sedimento), así como procesos biológicos con establecimiento de vegetación autóctona. La finalidad última es aumentar la complejidad de formas y procesos de los cauces, de tal modo que aumente su valor ecológico. En el estudio se establece la conveniencia de recuperar espacio fluvial, esto es, de permitir zonas de laminación, de manera que se puedan disminuir los efectos de las inundaciones aguas abajo.

Del estudio Ambiental e Hidráulico realizado en 2018 surge como solución la propuesta de creación de una marisma interior -en la zona de actuación del anteproyecto de 2014- y se amplía aguas arriba con un bosque inundable en los parques interiores de Bakea y Sollozare. El anteproyecto objeto de este documento de análisis y diagnóstico avanza en la definición de las anteriores soluciones.

Las actuaciones a recoger en el actual anteproyecto se centran en los terrenos de los parques urbanos de Bakea y Solozarre. En el parque de Bakea se plantea la creación de una zona bajo influencia mareal y en el parque Solozarre se plantea la creación de un bosque inundable. Estas zonas corresponden espacialmente con las actuaciones 2 y 3 incluidas en el estudio hidráulico de 2018.



Actuaciones 2 y 3 definidas en el estudio hidráulico de Ferrer-Boix et al. (2018)

Para cada uno de los tramos identificados en la imagen anterior se indica en el estudio hidráulico de 2018 que se consiguen dos objetivos:

- Una atenuación considerable del riesgo de inundación
- La recuperación ambiental de una zona en el corazón del municipio de Bakio

Los anteriores escenarios de análisis son el punto de partida para la elaboración de presente anteproyecto.

3. OBJETO DEL ANTEPROYECTO

El trabajo principal consiste por tanto en la definición, a nivel de anteproyecto, de las actuaciones de rebaje de la topografía en las zonas correspondientes a las actuaciones 2 y 3 del informe hidráulico de la UPC/UPV.

Marisma interior: Actuación 2. Se sitúa en la zona central del núcleo de Bakio y consiste en el rebaje de parte de la llanura de la margen derecha poniendo al río en contacto directo con el agua de mar, lo que contribuirá a aumentar la sección hidráulica y, por tanto, a disminuir el riesgo de inundación, y aumentará el valor ecológico del río Estepona en Bakio. La actuación puede verse también como una medida de restauración o renaturalización fluvial.



Marisma de Txingudi

Bosque inundable: aguas arriba del puente de Santa Catalina, la solución planteada se corresponde más con una llanura de inundación, siendo el rebaje menor y no estando en contacto directo con el cauce.

Ambas actuaciones se definen y justifican, tanto en su tipología como en su zonación y estructura, en base al análisis fluvial e hidráulico incluido en el presente anteproyecto.

3.1 Marco estratégico de la intervención

Las soluciones propuestas estarán alineadas con el IV Programa Marco Ambiental 2020, la Estrategia de Cambio Climático 2050 del País Vasco, la Estrategia de Biodiversidad del País Vasco 2030, el Plan de Acción local de la Agenda 21 y las Bases de Posicionamiento Estratégico de 2017. Se seguirá, entre otras las soluciones, las sugeridas en el documento de “Soluciones Naturales para la adaptación al cambio climático en el ámbito local de la Comunidad Autónoma del País Vasco” y, tal y como recoge el documento, se emplearán las técnicas de Bioingeniería.

4. ANÁLISIS

Con objeto de elaborar una propuesta acorde con los objetivos del anteproyecto, se ha llevado a cabo un análisis del medio físico, antrópico y paisajístico del área de intervención.

4.1 Medio Físico

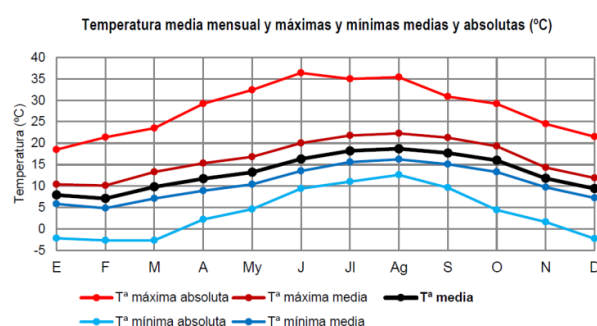
4.1.1 Clima

El clima de la vertiente atlántica de Euskadi es de tipo oceánico Cfb (templado sin estación seca, con verano templado), atendiendo a la clasificación climática de Köppen recogida en el Atlas Climático Ibérico (Agencia Estatal de Meteorología, 2011). En términos generales, este clima mesotérmico, templado y húmedo, se genera como consecuencia de la proximidad de las masas continentales al océano en latitudes medias y se caracteriza por unas temperaturas suaves (oscilación térmica de 10°C) y unas precipitaciones abundantes y constantes a lo largo del año (precipitación anual acumulada superior a 1.000 mm). En la

vertiente atlántica de Euskadi tales características climáticas derivan de la exposición del Norte peninsular ante los húmedos frentes atlánticos, de la orografía montana del territorio y de la corriente del Atlántico Norte, que atempera la región del Golfo de Vizcaya.

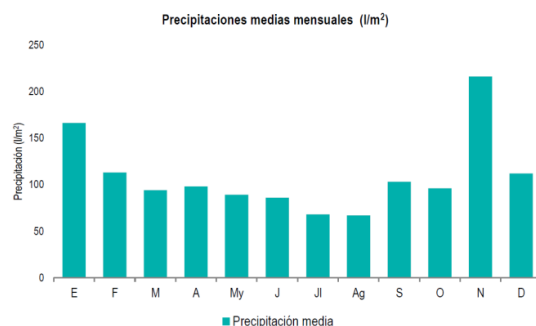
En Bakio la caracterización climática no difiere de lo anteriormente expuesto, si bien se observan ciertas particularidades como consecuencia de su abrigada ubicación geográfica junto al mar: en el municipio se da un microclima ligeramente más cálido que en su entorno circundante.

El régimen de temperaturas del municipio se caracteriza por una estabilidad generalizada a lo largo del año que es consecuencia del marcado efecto oceánico del clima de la vertiente atlántica de Euskadi, con las variaciones locales propias de la orografía y la exposición al mar del valle del Estepona. Por ello, la oscilación térmica anual en el ámbito es baja, de tan sólo 11,6°C.



Fuente: Diagnóstico del Avance del PGOU de Bakio

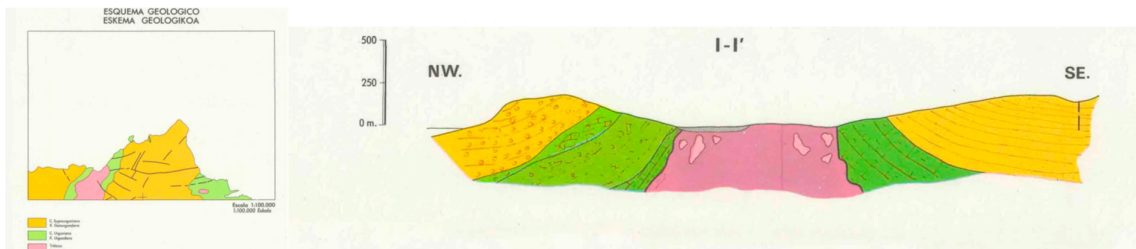
El marco de estudio está en una de las regiones de la península con mayores precipitaciones anuales, siendo el valor medio de la estación meteorológica Matxitxako, de 1.308 l/m² al año. Los meses más lluviosos son noviembre y enero (216 l/m² y 166 l/m², respectivamente) y los más secos agosto (67 l/m²) y julio (68 l/m²). La relativamente baja variabilidad intermensual de las lluvias hace que durante el verano no se experimente un estiaje fuerte, pese a la probabilidad de períodos largos y calurosos, con temperaturas superiores a 20°C. No obstante, en los eventos torrenciales o de máxima precipitación se llega a recoger, de media, una precipitación máxima diaria de 79l/m².



Fuente: Diagnóstico del Avance del PGOU de Bakio

4.1.2 Geología y edafología

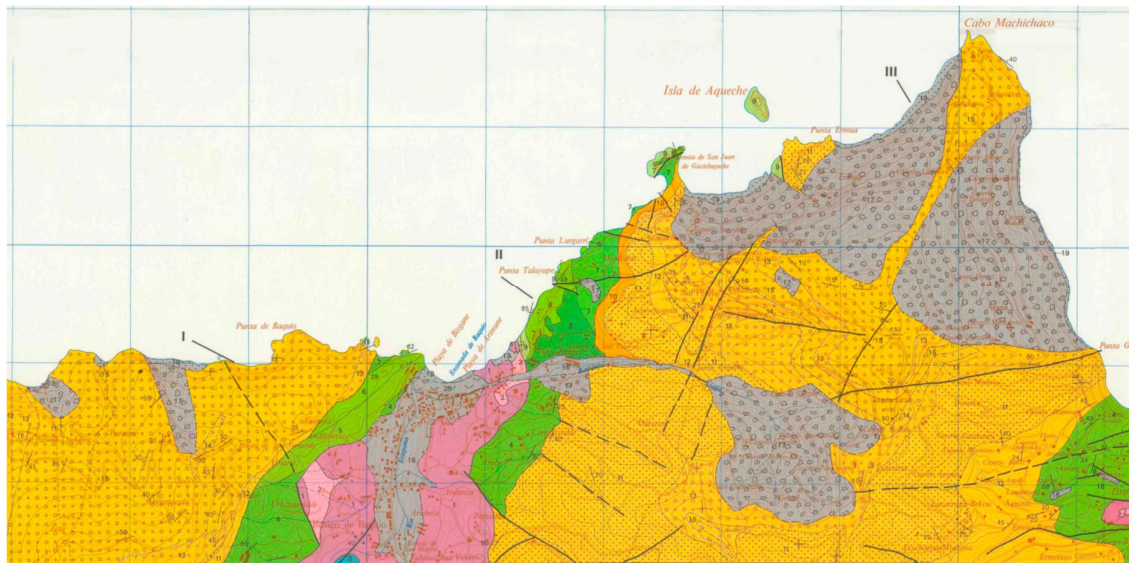
El municipio de Bakio se encuentra situado en la unidad de Oiz, sector Gernika, sobre un estrato del triásico conformado principalmente por margas, arcillas y yesos y ofitas sobre la que se ha depositado un cuaternario de origen aluvial y coluvial coincidiendo con la zona de flujo preferente del río Estepona.



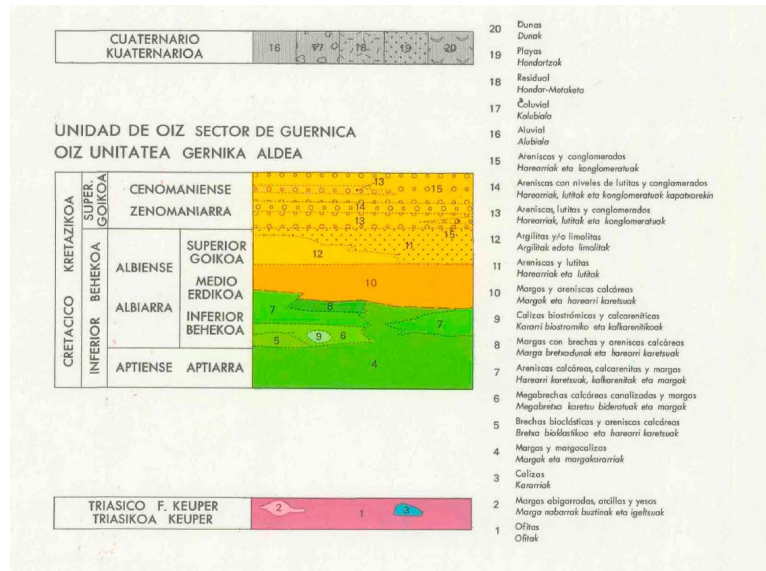
Esquema geológico perfil. Hoja 38 I Bermeo Fuente EVE

Otros materiales geológicos presentes en el municipio son las margas y areniscas calcáreas.

Suelos. Los suelos de gran parte del término municipal son cambisoles y en menor medida luvisoles. La zona aluvial está compuesta por fluvisoles eútricos con capacidad de uso muy elevada desde el punto de vista agrícola.



Extracto del mapa geológico. Hoja 38 I Bermeo Fuente EVE



Legenda del mapa geológico. Hoja 38 I Bermeo Fuente EVE

Suelos Potencialmente Contaminados. En Bakio se encuentran 9 parcelas inventariadas dentro del Catálogo Vasco de Suelos Potencialmente Contaminados de la CAPV en su actualización de 2012 con códigos desde el 48012-00001 hasta el 48012-00009. Entre ellos se encuentran industrias, la estación de servicio, una subestación eléctrica y la EDAR de Bakio.

En la parcela objeto de nuestro estudio, los suelos existentes son suelos de tipo aluvial de potencia de 2-3 metros de profundidad, existiendo una zona de acumulación de residuos de construcción que se deben eliminar previamente a la realización de una obra en la zona.

4.1.3 Marco hidrológico superficial

La red hídrica del municipio se confirma fundamentalmente por los ríos Estepona y Acega, y arroyo Jata. El río principal de la vega de Bakio es el río Estepona (también llamado Zarraga), que recibe aguas procedentes de su homónimo, el barranco de Zarraga, y de los barrancos de Elorriaga, Karrakola, Amutzaga y Osinaga y de numerosos arroyos antes de morir junto al muelle; y el pequeño Ondarra (o Acega), procedente de las faldas del Burgoa y Garbola, y que desemboca en plena playa.

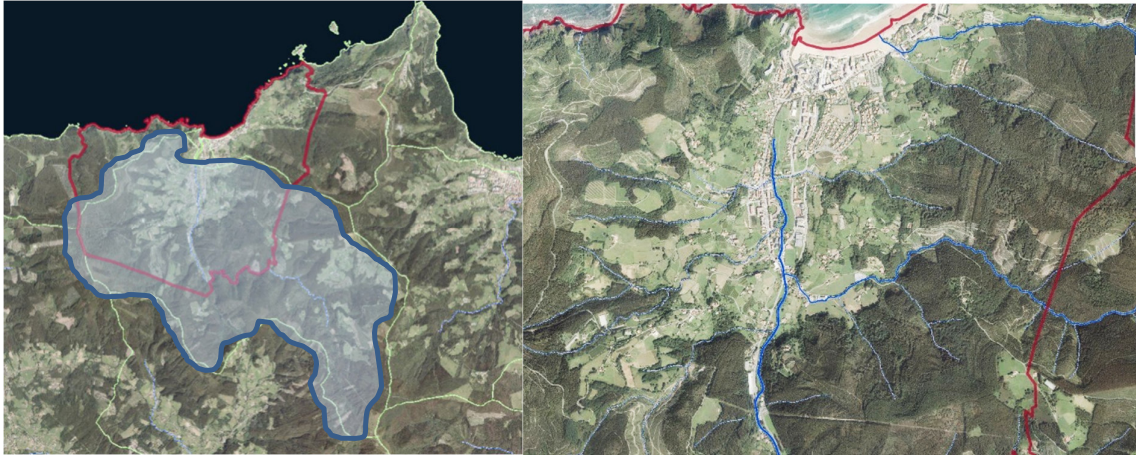


Imagen: Cuenca del Estepona en relación con el municipio de Bakio y Vista de las distintas regatas que confluyen en el Estepona

La cuenca del Estepona tiene una superficie de 24,44 km², siendo el Estepona el principal río con una longitud de 7 km.

Al igual que otros ríos de la vertiente cantábrica, el Estepona es un río corto, ya que nace en las montañas muy cercanas a la costa, tiene fuerte pendiente en el tramo alto y medio y posee un fuerte poder erosivo. Debido a las abundantes precipitaciones tiene un caudal abundante, un tiempo de concentración corto y es de régimen regular, esto es con agua durante todo el año. El Estepona es un río de régimen pluvial oceánico, sin embargo, debido a su corto recorrido acusa cierto estiaje estival.



*Imagen: Río Estepona en verano, con bajo caudal y baja marea.
Se observan depósitos de tipo fluvial, aun en zonas de influencia mareal*

Según la Red de Seguimiento del estado biológico de los ríos de la CAPV, el Estepona pertenece a la Unidad hidrológica del Butrón y presenta unas características fisicoquímicas con carácter muy bueno, al igual que el estado del fitobentos. El estado ecológico, biológico, la vida piscícola y los macroinvertebrados se categorizan como buenos.

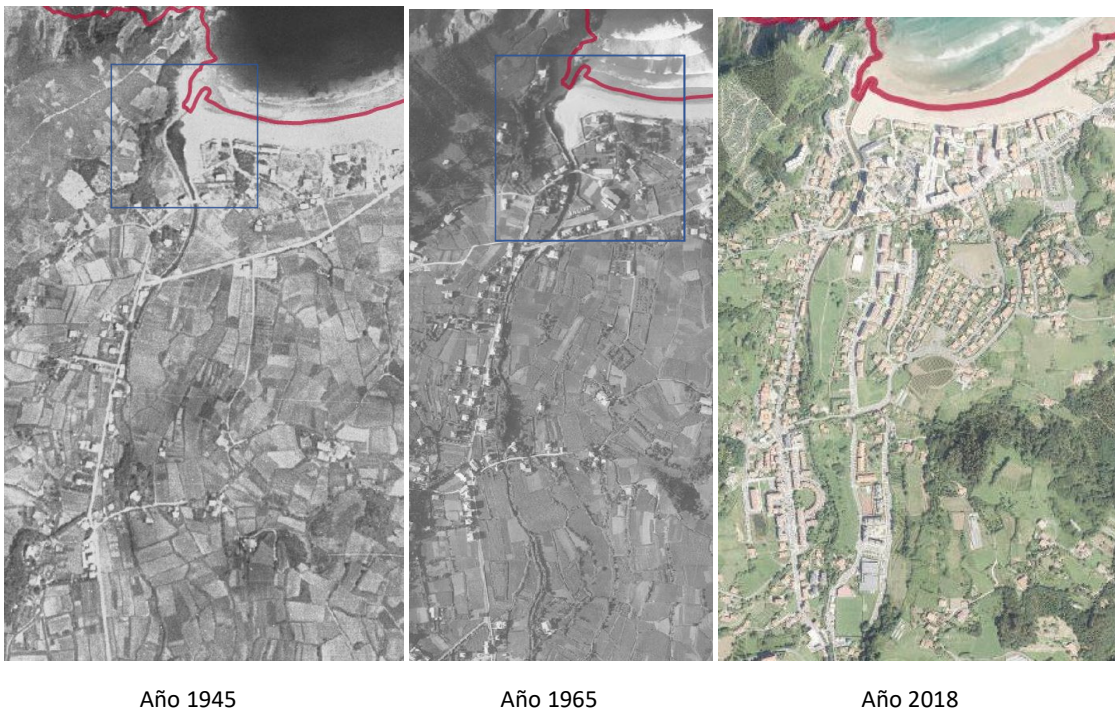
Análisis morfológico del río Estepona

El río Estepona presenta una alteración morfológica al encontrarse encauzado en el tramo de influencia mareal. Este encauzamiento, en forma de embudo, es una de las causas principales de una de las disfunciones más visibles del río Estepona, la denominada Ola de Bakio.



Ola de Bakio que aprovechan los surfistas en el cauce interior

A continuación, se analiza la evolución del Estepona en los últimos 80 años.



Año 1945

Año 1965

Año 2018

En 1945 el río se encuentra canalizado en la desembocadura formando el actual muelle. Existen ya zonas construidas junto a la costa. Se aprecia una pequeña marisma exterior, aunque no muy extensa. El uso de los terrenos adyacentes al río es agrícola.

En 1965 se comienzan a construir las primeras viviendas junto al río y se aprecia una mayor rectificación. Comienza a construirse las viviendas en la calle Sabin Arana.



Año 1985

Año 1990

Año 2018

En los años 80 se comienza a urbanizar la zona aguas debajo del puente de San Pelayo. En los años 90 se canaliza el tramo final del río, cambiando el encuentro de éste con el mar, como veremos en el estudio hidráulico. Así mismo comienza la urbanización en Solozarre.

En los siguientes años, Bakio sufre una fuerte urbanización, principalmente de segundas viviendas, construyéndose el entorno de Bakea.



Años 2000. Bakio sufre, al igual que otras zonas un fuerte incremento urbanístico, construyéndose gran cantidad de viviendas, el polideportivo, en la zona de Bakea y en la margen derecha de Solozarre, ocupando la llanura fluvial.



La urbanización ha llevado consigo la aparición de rectificaciones en las márgenes, muros, escolleras... a lo largo de prácticamente toda la zona de intervención.

4.1.4 Vegetación

La situación actual de la cubierta vegetal existente es extraordinariamente diferente respecto a la situación potencial de la misma. La mayor parte del municipio, cerca del 50% de la superficie está ocupado por superficie de repoblación forestal de coníferas (mayoritariamente *Pinus pinaster* y *Eucalyptus sp.*), con pequeñas manchas de robleal acidófilo y robleal-bosque mixto atlántico diseminadas por el territorio y

unidades de aliseda cantábrica ligada a los ríos y arroyos del municipio. Existen zonas ocupadas por unidades de fase juvenil o degradada de robledales acidófilos o robledales mixtos y brezal-argomal-helechal atlánticos, éste último bien representado en la zona costera. El resto del territorio forma parte de la unidad catalogada como prados y cultivos atlánticos que quedan bien representados dentro del municipio. Cabe señalar también la representación de comunidades de viñedos en la zona central del municipio. Asimismo, se encuentran recogidas dentro del ámbito del Plan las comunidades de vegetación de arenas costeros de interés naturalístico. En las inmediaciones de las zonas más antropizadas se presentan unidades de vegetación ruderal-nitrófila.

En nuestra parcela la vegetación potencial es el bosque de ribera constituido por aliseda cantábrica. En general la aliseda cantábrica está presente en los tramos menos antropizados del río Estepona, estando muy alterada en la zona de intervención.

Parcela de Solozarre: Constituida principalmente por pradera, bosquetes de sauces, bosques de bambú y caña americana y vegetación riparia de distribución desigual.

La zona con mejor vegetación riparia es la zona de la isla, situada aguas debajo del puente de Santa Catalina. En las inmediaciones, en la margen izquierda, existen unos alisos de gran porte. Sin embargo la franja de vegetación riparia es muy escasa en todo el río Estepona, con una anchura media de 3 a 5 metros.



Alisos de cierto porte. Vegetación de la isla

En la zona del bosque inundable existe también una sauceda de *Salix atrocinerea*.



Existe una gran cantidad de especies invasoras, en especial la *Acacia dealbata* o mimosa, que se ha naturalizado de manera espontánea en las márgenes del Estepona. Junto a la acacia hay presencia de otras invasoras como el bambú o *Phyllostachys aurea*, *Arundo donax* o caña americana, *Cortaderia sellowiana* o hierba de la pampa. No se ha detectado presencia de *Baccharis halimifolia*, pero se encuentra en la marisma de Urdaibai y es una de las especies a vigilar en el momento que se lleve a cabo la marisma interior, dado que tendrá condiciones óptimas para desarrollarse.



En la parcela de Bakea, en el tramo sin influencia mareal se encuentra algún resto de vegetación riparia. El resto de vegetación es principalmente vegetación ornamental, en las zonas del parque, destacando un grupo de encinas y vegetación de mayor porte en la zona central de la parcela.



4.3.5 Fauna

Dentro del término municipal existen Áreas de especial protección para las siguientes especies de fauna amenazadas: *Lacerta schreiberi* (lagarto verdinegro): Reptil de interés especial, todo el municipio está dentro de su zona de distribución preferente. *Mustela lutreola* (visón europeo): El río Estepona se encuentra catalogados como área de interés especial para el visón europeo (*Mustela lutreola*) según lo establecido en el Decreto Foral 118/2006 de 19 de junio, por el que se aprueba el Plan de Gestión del Visón Europeo, *Mustela lutreola* (Linnaeus, 1761), en el Territorio Histórico de Bizkaia, como especie en peligro de extinción y cuya **protección exige medidas específicas**. *Phalacrocorax aristotelis* (cormorán moñudo): presente en dos tramos de costa y en la zona de San Juan de Gaztelugatxe, regulado por el Decreto Foral 112/2006, de 19. de junio, por el que se aprueba el plan de gestión del ave "cormorán moñudo (*Phalacrocorax aristotelis*)", como especie rara y cuya protección exige medidas específicas.

Rana ibérica (rana patilarga): Anfibio de interés especial, todo el municipio está dentro de su zona de

distribución preferente. *Lucanus cervus* (ciervo volante): Insecto. Además, existen varias especies de quirópteros amenazados entre los que cabe destacar: murciélago de bosque, murciélago Geoffroy, murciélago de cueva, murciélago grande de herradura, murciélago pequeño de herradura murciélago orejudo meridional y septentrional. También en la zona de costa aparece zonas de protección para *Falco peregrinus* (halcón peregrino), *Pandion haliaetus* (águila pescadora), *Chlidonias niger* (fumarel común).



La zona no está incluida en Natura 2000

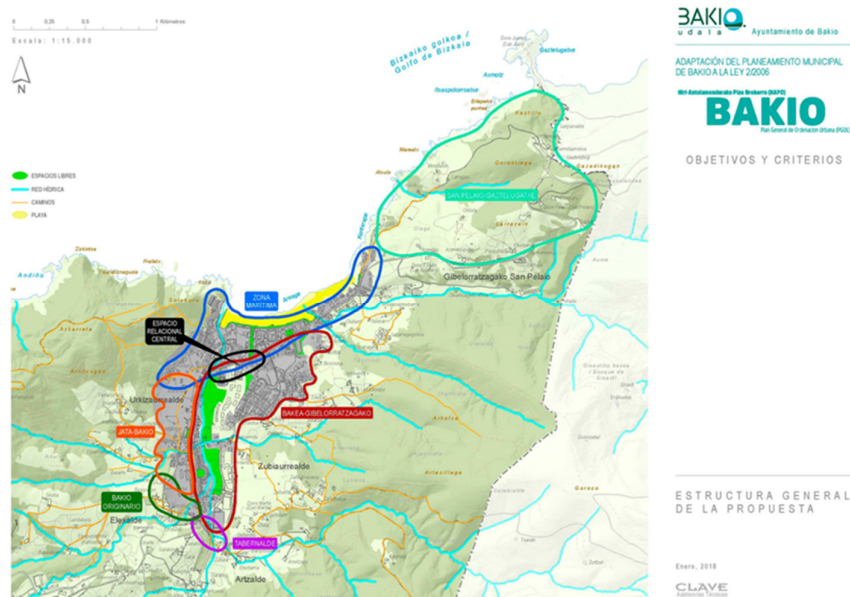
4.2 Medio antrópico

Aunque este punto se debe desarrollar más cuando se lleve a cabo el proyecto de integración de la zona inundable con la zona urbana, se plantean una serie de elementos que se consideran de interés de cara al diseño de las soluciones.

4.2.1 Planeamiento

Actualmente está en redacción el nuevo plan general, habiéndose aprobado un documento de Avance en el año 2018. En este documento de avance, la zona de intervención es una zona de espacios libres.

La parcela en la que se sitúa la zona de intervención es una parcela municipal.



Propuesta Avance del Plan General

En este avance se habla también de la necesidad de crear una zona central en Bakio, dado que no tiene un centro claro a excepción del muelle. Se requiere un espacio más central.

4.2.2 Demografía

Bakio es un municipio de 2.600 personas en invierno que se quintuplican en verano, alcanzando los 12.000 habitantes. Es un municipio con una proporción elevada de gente joven y niños, con relación a la media de Bizkaia y al mismo tiempo tiene una tasa demográfica también por encima de la media.

4.2.3. Usos

La parcela de Bakea alberga actualmente una zona polideportiva al aire libre y un parque infantil.



No suele utilizarse mucho por los ciudadanos la zona más cercana al río, solo algunas personas, paseando al perro. Hay numerosos perros en Bakio y después de la playa en invierno, este es uno de los principales paseos.

4.2.4 Infraestructuras e instalaciones

En la parcela existen caminos peatonales o de bici. Así mismo existe también una línea de media tensión con transformador, que deberá desplazarse para hacer la obra. Se desconoce si hay instalaciones de saneamiento en la zona



4.2.4 Deslindes

La zona de intervención se encuentra en parte dentro del DPMT y del Dominio Público hidráulico , afectando principalmente al deslinde y será necesario presentar una Solicitud para su ocupación temporal durante las obras.



Dominio Público

Deslindes

Dominio Público Marítimo Terrestre

- DPMT aprobado
- Ribera del mar
- Servidumbre de protección
- Dominio Público Hidráulico
- ▨ Zona de Policia

5. ESTUDIO HIDRÁULICO

El estudio hidráulico se ha realizado en base a un modelo bidimensional que nos ha permitido estudiar cuales son las variaciones de calado y parámetros hidráulicos en los distintos periodos de retorno, así como con las distintas medidas propuestas de manera de poder comprobar su eficacia desde el punto de vista de control de la inundabilidad.

5.1 Introducción general sobre las mejoras aportadas por la simulación bidimensional. Justificación de la necesidad de una simulación bidimensional en el anteproyecto

Para el análisis fluvial e hidráulico, que da base a la justificación y definición de las soluciones en términos de su tipología y estructura, se ha realizado una simulación hidráulica bidimensional.

A continuación, se enumeran algunas de las capacidades de las simulaciones hidráulicas bidimensionales:

Se pueden obtener valores de las variables analizadas (calado, velocidad, tensión de fondo, etc.) en todos los puntos del dominio de análisis. En el análisis anteriormente realizado en Hec ras, sólo se puede conocer el valor de las variables dentro de las secciones transversales seleccionadas para el análisis unidimensional. Esta capacidad permite mostrar mejor la continuidad de las manchas de inundación y facilita el análisis del seguimiento y evolución de las manchas de inundación en los distintos escenarios de avenida analizados (T100 años, T500 años, etc).

Los efectos de laminación de avenidas se recogen mejor en modelos bidimensionales con régimen variable. Mediante las actuaciones de laminación de avenidas se consigue reducir el caudal pico del hidrograma a costa del aumento del tránsito de avenida.

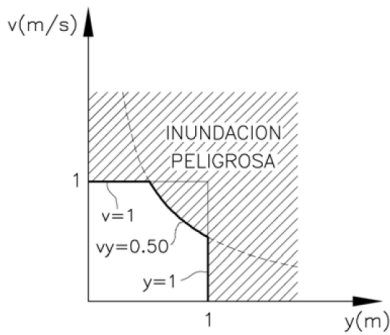
En los modelos bidimensionales la trayectoria del agua sobre la topografía (en planta) del terreno es parte fundamental del resultado del cálculo. Es decir, existe una trazabilidad mucho mayor en la representación de la mancha del agua sobre el terreno analizado.

Las limitaciones de los modelos unidimensionales se hacen más patentes en los casos en los que el agua desborda por llanuras de inundación con topografía arbitraria. Este es el caso de los estudios que se plantean en el anteproyecto (llanuras de inundación ocupadas en las avenidas de cálculo).

Las limitaciones de los mapas de calados obtenidos en la simulación del trabajo de la UPC (simulación unidimensional con HecRas) hacen que sea necesario realizar simulaciones bidimensionales de las zonas de actuación 1 y 2. Esto se debe a que el conocimiento de los calados es fundamental a la hora de plantear la sección transversal y el funcionamiento hidráulico de las soluciones buscadas en este anteproyecto.

Otra ventaja de las simulaciones bidimensionales es la mayor fiabilidad y facilidad a la hora de generar los mapas de peligrosidad. En los modelos unidimensionales es necesario dividir cada sección transversal en varas zonas donde se analiza la peligrosidad aplicando el criterio mostrado en el reglamento de MMAMRM de 2011. En el anterior reglamento se definen las zonas donde pueden producirse daños graves (zona de inundación peligrosa) a partir de los valores de calado y velocidad. En esta zona se cumplirá al menos una de las siguientes condiciones:

- Que el calado supere 1.0 m o
- Que la velocidad supere 1m/s o
- Que el producto del calado por la velocidad sea mayor de 0.5 m²/s.



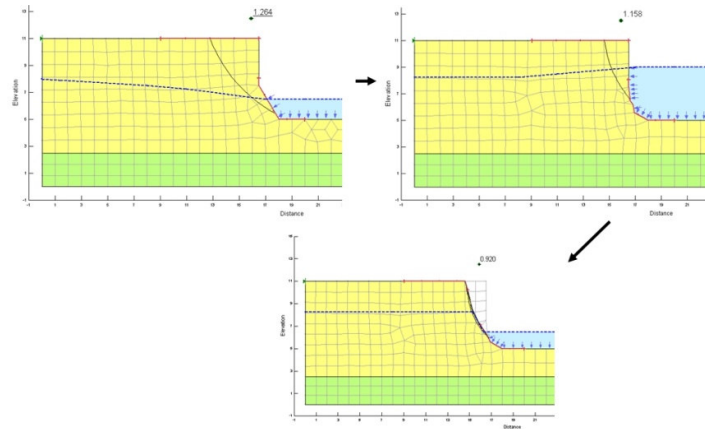
Criterio para delimitar la zona de inundación peligrosa

La delimitación de las zonas de flujo preferente (ZFP) dependen del anterior análisis aplicado sobre la mancha correspondiente a T100 años. Por tanto, las zonas de flujo preferente (ZFP) obtenidas en el trabajo de la UPC tienen una serie de limitaciones que pueden ser superadas por el uso de una simulación bidimensional. Esto tiene un impacto muy importante en la calidad de la información utilizada en los instrumentos de planeamiento urbano.

En el análisis hidráulico bidimensional, la simulación en régimen variable se puede realizar incluyendo directamente los efectos de las estructuras (puentes y pasarelas). En la simulación realizada por el UPC con HecRas debido a las limitaciones de dicho programa, en cuanto a la simulación en régimen variable y la presencia de estructuras, se tuvo que realizar simulaciones en régimen permanente con tanteos del coeficiente de rugosidad en las zonas con estructuras para incorporar los efectos de los mismos en el análisis de régimen variable. Esta metodología se simplifica mucho con el uso de programas que permiten simulación bidimensional. Además, la anterior calibración de los coeficientes de rugosidad dio lugar a valores de calados no tan exactos debido a la eliminación de secciones transversales.

La información necesaria para el diseño y propuesta de actuaciones en la protección de la orilla y de la nueva topografía propuesta puede ser generada con suficiente exactitud en el análisis bidimensional. En particular, nos referimos al cálculo de tensiones de arrastre, de velocidades y de calados. Estos valores se generan en todo el dominio de análisis por lo que los resultados no están limitados a valores medios y sólo dentro de las secciones transversales utilizadas en hec-ras (análisis unidimensional).

La posibilidad de tener datos más precisos de tensiones de arrastre y de velocidades permite diseñar con mayor precisión los escenarios críticos para las laderas fluviales que se propongan en la topografía modificada. En los casos donde sea necesario se podrá realizar el análisis integrado de erosión-análisis de estabilidad de las laderas fluviales. Esta posibilidad es interesante ya que permite analizar la estabilidad de las laderas fluviales teniendo en cuenta todos los procesos de desestabilización a los que está sujeta la ladera.



Procesos actuando sobre una ladera fluvial (tensiones de arrastre sobre el pie y tercio inferior de la ladera, peso del suelo, oscilación de la línea piezométrica-nivel freático)

5.2 Simulación de la situación actual del río Estepona y afluentes para un periodo de retorno de 100 años

A continuación, se muestra una imagen con una vista parcial del mallado realizado para la simulación bidimensional:

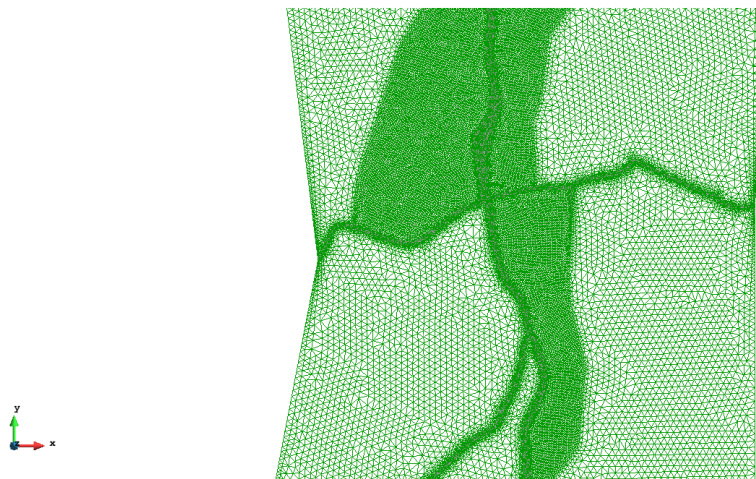
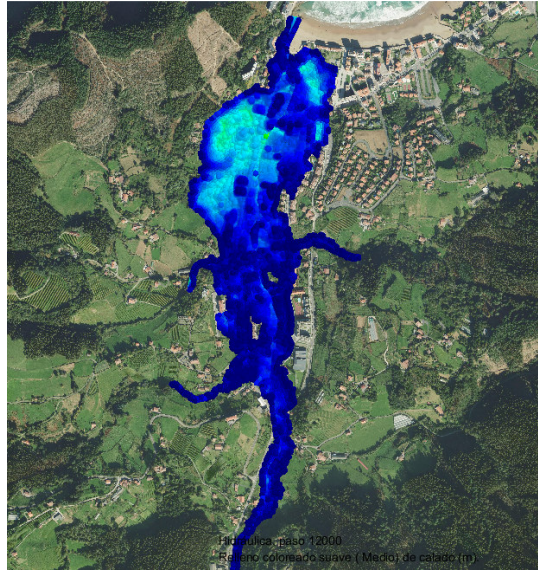


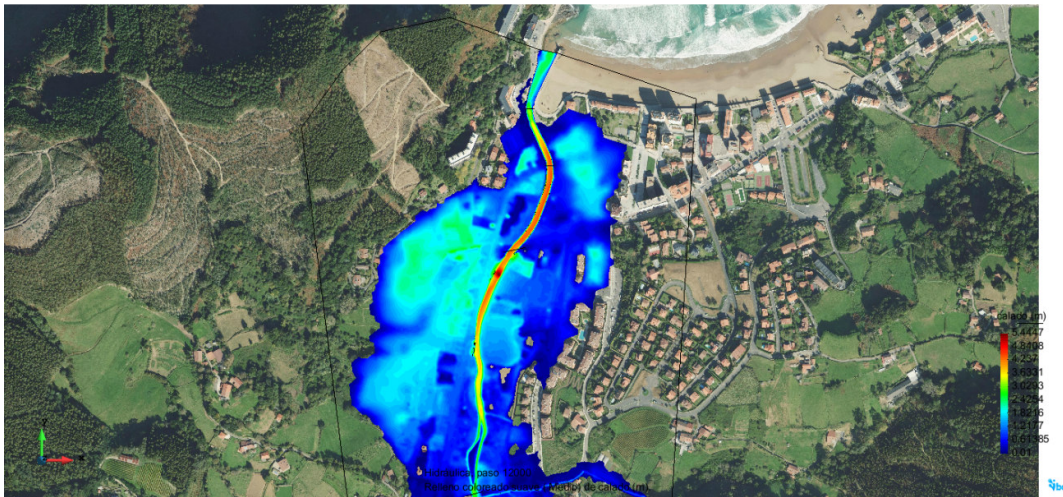
Imagen parcial del mallado del dominio de análisis

Los resultados del análisis hidráulico tanto de la situación actual como futura se incluyen en el anejo de estudio hidráulico del anteproyecto. El resultado del análisis bidimensional de la situación actual (preoperacional) es el siguiente.

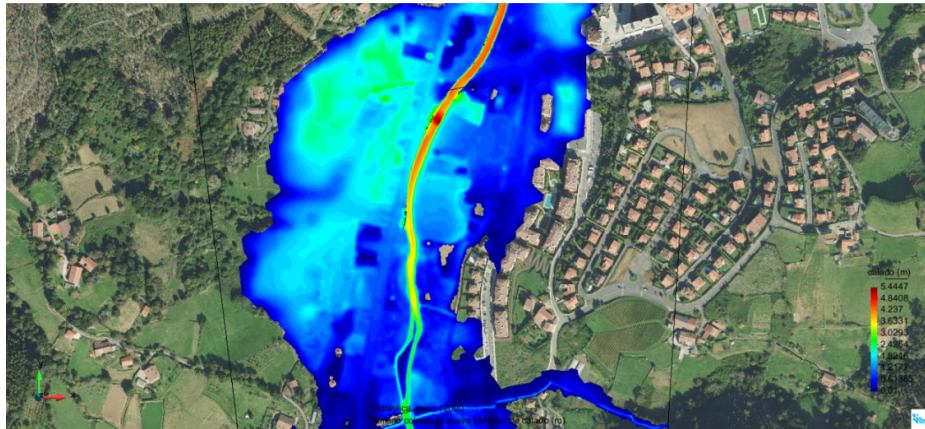


Simulación estado actual

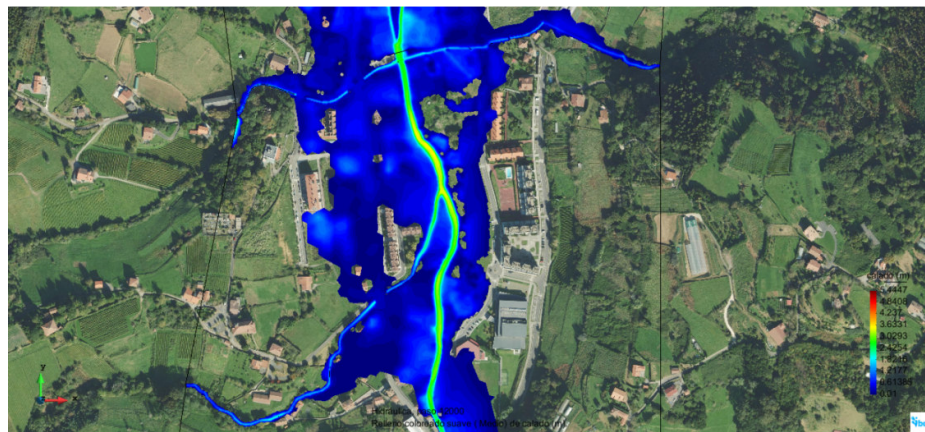
A continuación, se muestran imágenes por tramos:



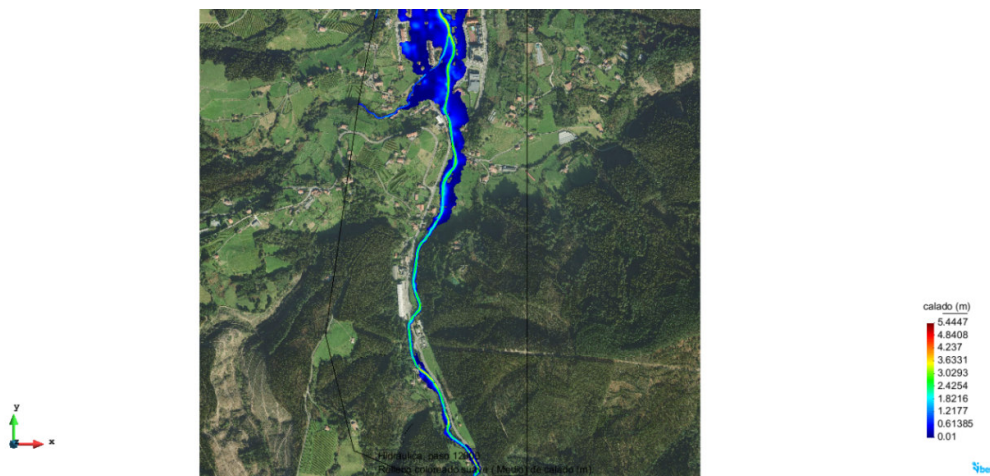
Zona desembocadura



Zona entre Puente San Pelaio y puente Santa Catalina (se refleja bien el efecto de represa debido a la alta capacidad hidráulica del tamo encauzado)



Confluencia con ríos Seube, Oxinaga y Amutzaga



Resto de tramos (aguas arriba del río Amutzaga)

5.3 Comentarios sobre la simulación hidráulica bidimensional

En general se obtiene una mejor fluidez/continuidad entre las manchas de inundación, así como una mejor representación de la evolución de las manchas de inundación de los distintos periodos de retorno analizados.

Los siguientes comentarios se refieren a los resultados obtenidos en la simulación bidimensional para el periodo de retorno de 100 años.

En términos generales, los resultados son similares a los obtenidos por la UPC y URA, aunque se observan las siguientes diferencias:

- En la zona de confluencia con el río Amutzaga, la continuidad de la mancha de inundación está más conseguida. Los calados en esta zona de unión de manchas son pequeños, pero quedan reflejados en la simulación bidimensional. Aparte, en la simulación con Hec Ras, dado que las secciones transversales no se deben tocar (ni intersectar), la zona entre el río Estepona y el río Amutzaga carece de información adecuada para dar una continuidad a las manchas obtenidas en la simulación unidimensional.

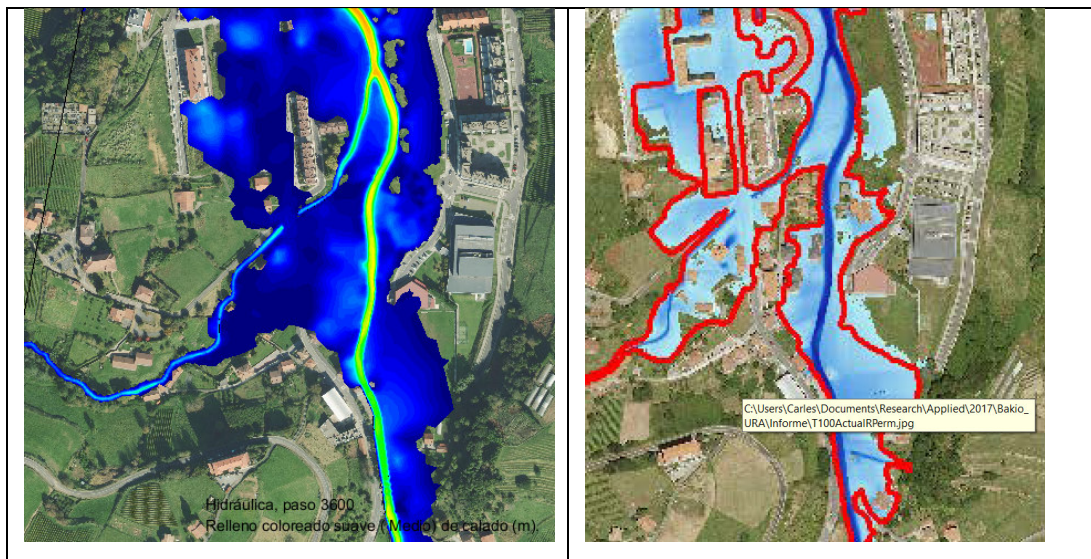
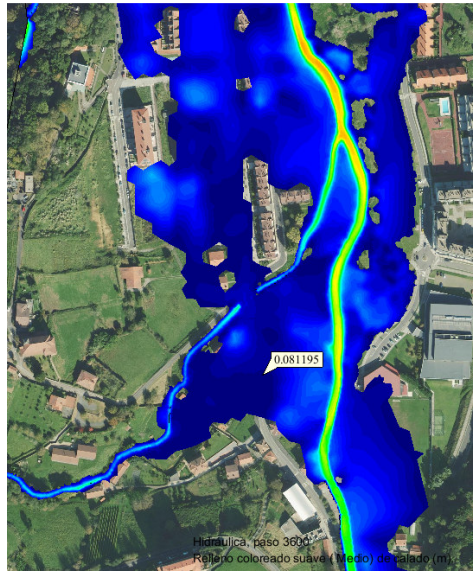


Imagen izquierda: simulación bidimensional. Imagen derecha: simulación unidimensional de URA y la UPC

Los pequeños calados existentes en la zona de confluencia del río Estepona y el río Amutzaga se pueden ver en la siguiente imagen (la etiqueta de la imagen muestra un calado de 8 cm):



Etiqueta con valor de calado en zona de confluencia del río Estepona y el río Amutzaga

- En la zona correspondiente a la actuación 3 de bosque inundable (propuesta en el estudio de la UPC/UPV), en la simulación bidimensional, las manchas de inundación conectan entre sí (ver imagen izquierda):

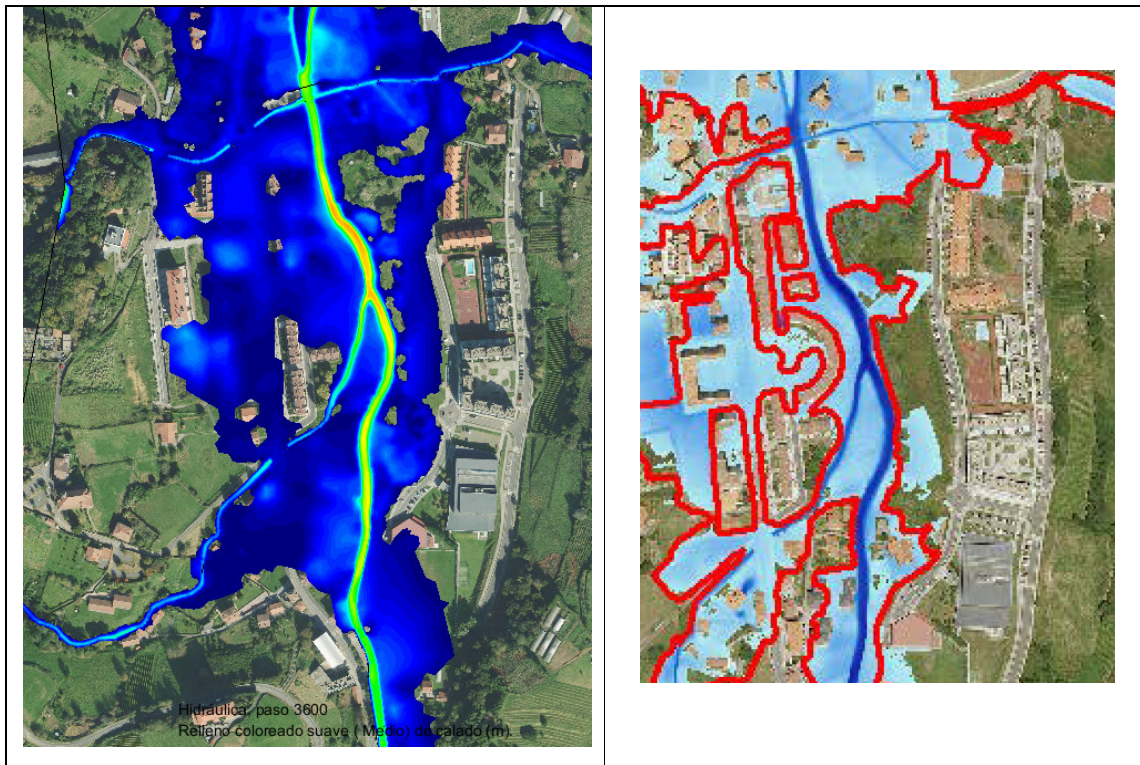


Imagen izquierda: simulación bidimensional. Imagen derecha: simulación unidimensional de URA y la UPC

En esta zona, la imagen obtenida en la simulación bidimensional para T100 años se parece más a la obtenida por la UPC para T500 años. Por tanto, en la simulación bidimensional ya se intuyen/recogen las manchas que se obtendrán en la simulación de T500 años ya que, la simulación bidimensional, es capaz de detectar pequeños calados (en muchos casos inferiores a los 10 cm) en todos los puntos del dominio analizado.

- En el tramo entre el puente de San Pelaio y Santa Catalina, la simulación bidimensional arroja manchas de inundación más similares a las producidas por la UPC (sobre todo en el margen derecho del citado tramo). Las manchas generadas en el estudio de la UPC son también detectadas en la simulación bidimensional y se logra una mejor continuidad entre ellas.

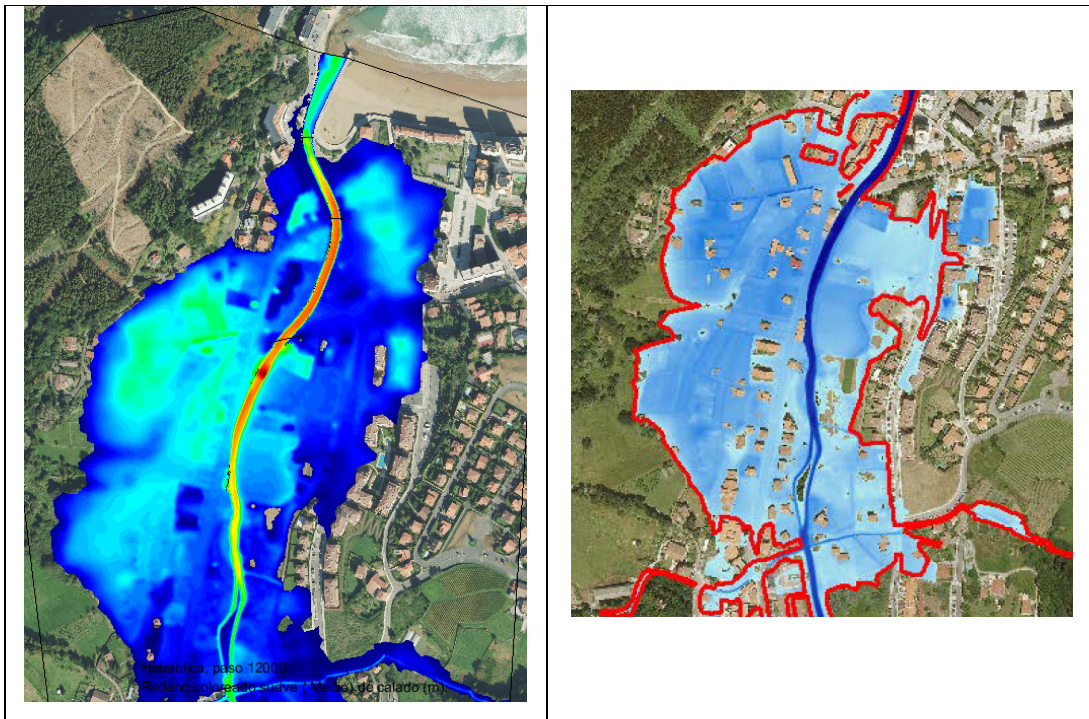


Imagen izquierda: simulación bidimensional. Imagen derecha: simulación unidimensional de URA y la UPC

- Aparecen nuevas manchas de inundación en el tramo de la desembocadura del río Estepona. Estas manchas no han sido reflejadas, para T100años, ni en el análisis de URA ni en el análisis de la UPC.

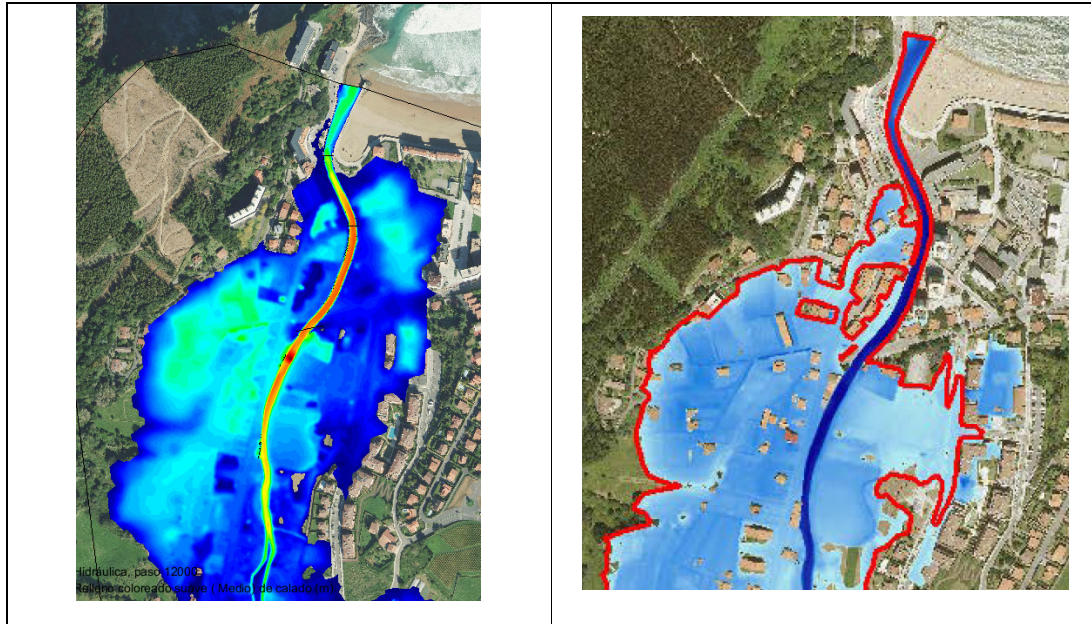


Imagen izquierda: simulación bidimensional. Imagen derecha: simulación unidimensional de URA y la UPC

La anterior mancha en el margen derecho refleja pequeños calados (en su mayoría en el entorno de los 0,5 m) y velocidades inferiores a los 0,3 m/s. Es decir, se trata de zonas de baja peligrosidad y no pertenecientes a la zona de flujo preferente (ZFP). En cualquier caso, han sido detectadas en el análisis bidimensional. Esto se muestra en la siguiente imagen:

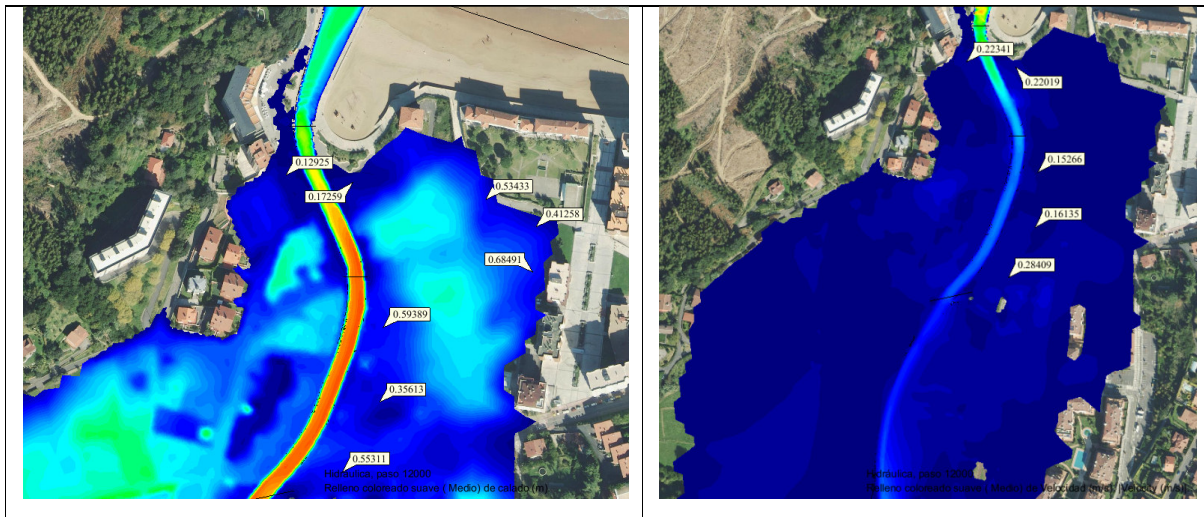


Imagen izquierda: calados (m). Imagen derecha: velocidad (m/s)

Las nuevas manchas detectadas en la simulación bidimensional para T100 años si aparecen en las simulaciones unidimensionales para T500 años (tanto de URA como de la UPC). Tal y como se ha comentado anteriormente, esto se debe a que la simulación bidimensional es capaz de recoger los pequeños calados en

todos los puntos del dominio y, por tanto, las manchas que en la simulación de T500 años aparecerán claramente definidas, en la simulación de T100 años aparecen ya recogidas, aunque con pequeños calados.

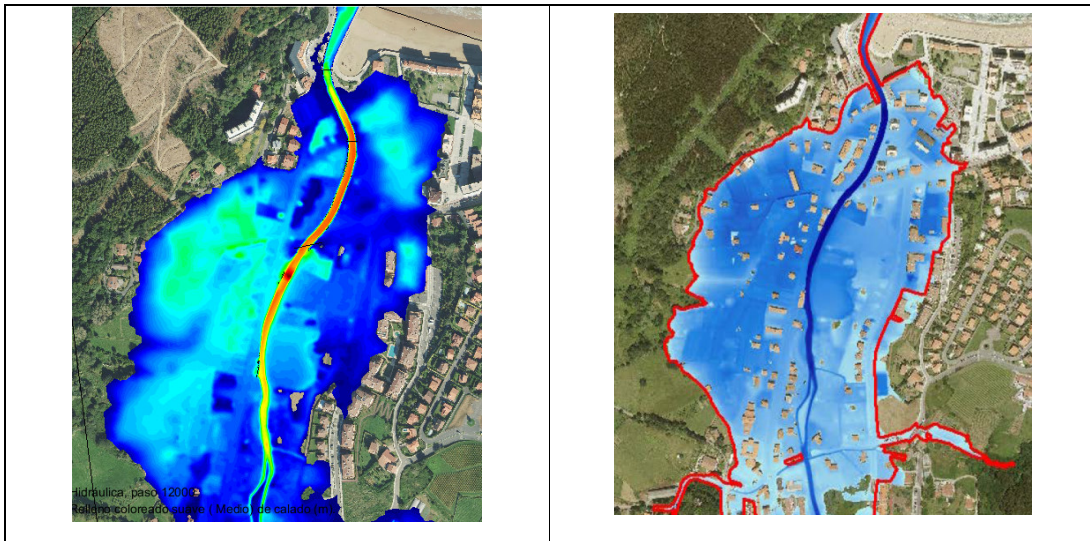


Imagen izquierda: simulación bidimensional de T100 años. Imagen derecha: simulación unidimensional de URA y la UPC para T500 años

Por tanto, la simulación bidimensional tiene una mejor capacidad tanto para reflejar las manchas de inundación como para mostrar la continuidad entre los escenarios analizados (T100, T500, etc.).

- La isla existente aguas abajo de la confluencia del río Estepona con los ríos Seube y Oxinaga sí aparece como inundada en la simulación bidimensional (con calados entre 20 y 40 cm). En la simulación de la UPC aparece como no inundada (para T100 años).

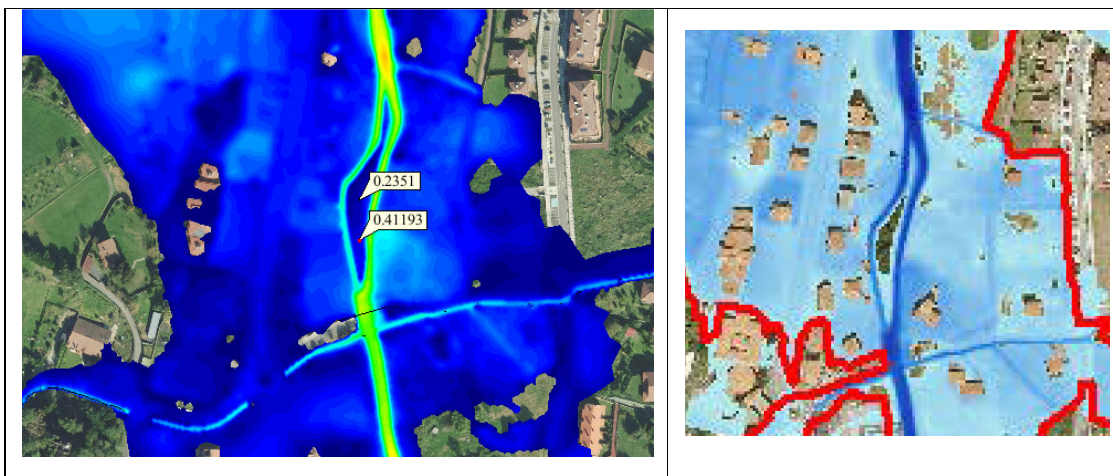


Imagen izquierda: simulación bidimensional. Imagen derecha: simulación unidimensional de URA y la UPC

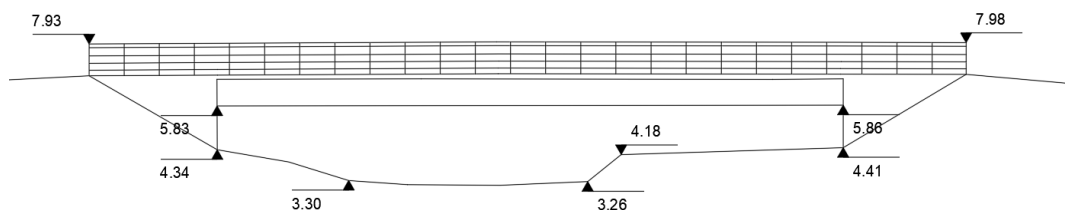
5.4 Conjunto propuesta de soluciones del informe de URA y del informe de la UPC

Tal y como se indica en el informe emitido por URA en marzo de 2016 (ARPSI DE BAKIO (ES017-BIZ-BUT-04)), considerando el bajo daño anual del ARPSI en relación con el conjunto de ARPSIs de la CAPV, la ejecución de medidas estructurales no resulta prioritaria. No obstante, disminuir de forma sustancial el riesgo por inundación existente requiere intervenciones estructurales.

Las soluciones deberán dar respuesta a los problemas de inundabilidad para los periodos de retorno de 100 y 50 años.

Listado de propuesta de soluciones para T100 años.

- Ampliación del cauce bajo el puente San Pelaio.
- Ampliación de cauce en margen derecha entre los PK 0+465 y 0+1000 (tramo de las actuaciones 2 y 3 del informe de la UPC).
- Ampliaciones de cauce en las zonas de las actuaciones 2 y 3 del estudio de la UPC. Actuaciones comprendidas entre los PK 0+485 y 1+350.
- Excavación en puente Santa Catalina: ampliación de cauce. Con esta actuación se pretende mejorar la continuidad entre las actuaciones 2 y 3.



- Ampliación cauce en margen derecha entre PK 0+1000 y 0+1350 (tramo de la actuación 3-bosque inundable del informe de la UPC)
 - Eliminación de pasarelas propuestas en el informe de URA de marzo de 2016 (ARPSI DE BAKIO. ES017-BIZ-BUT-04).
 - Incorporación de elementos de defensa en el margen derecha e izquierda del río Estepona. En particular:
 - Muro en margen izquierda entre los PKs 0+465 y 0+720 de 0,8 m de altura.
 - Muro perimetral en margen derecha aguas arriba del puente del PK 0+450 de 0,5 m de altura para proteger unas viviendas aisladas.
 - Muro en margen izquierda entre los PKs 1+410 – 1+592 de 0,7 m de altura.
 - Muro en margen derecha entre los PKs 1+460 – 1+730 de altura máxima 1 m.
- Incorporación de las actuaciones propuestas en el río Oxinaga
- Incorporación de las actuaciones propuestas para el río Amutzaga

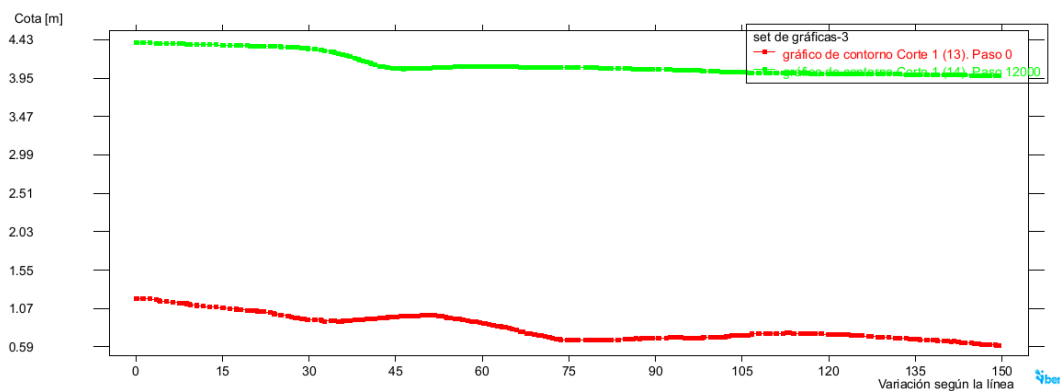
En principio, tanto para los anteriores casos como para el río Seube, la disminución de la cota de la lámina de agua en el río Estepona solucionará la mayor parte de los problemas de inundación de estos tres ríos (Seube, Oxinaga y Amutzaga).

5.5 Análisis de la zona entre el puente de San Pelaio y el puente de Santa Catalina. El río se convierte en ría

Los rebajes en las orillas del margen derecho crearán nuevas zonas inundables accesibles al agua del río y a las mareas ya para un periodo de retorno correspondiente a la máxima crecida ordinaria ($T=2,3$ años). Por tanto, se asegurará una periodicidad en la inundación de las zonas rebajadas adecuada para el funcionamiento tipo estuario.

No existen evidencias históricas de la existencia de marismas en la desembocadura del río Estepona. Por tanto, la dinámica predominante es la fluvial. Tras las modificaciones y actuaciones acumuladas a lo largo del tiempo en la zona de la desembocadura del río, se han producido una serie de cambios que se podrían resumir en los siguientes puntos:

- La cota de entrega de agua del río ha sido reducida hasta $-0,17$ m. Es decir, el río entrega a las aguas por debajo del nivel del mar. Originalmente el río vertía sus aguas al mar.
- La forma de embudo en la zona de entrega de aguas magnifica el fenómeno del frente de ola que originalmente no existía. El anterior punto también magnifica este fenómeno. Esta situación también expone a la influencia mareal a zonas que originalmente tenían una dinámica exclusivamente fluvial.
- La gran capacidad hidráulica de la zona encauzada de la desembocadura, junto con valores de pendiente longitudinal más bajos, crean un efecto represa cuya influencia alcanza zonas aguas arriba del puente de San Pelaio. Consecuencia de esta situación son las frecuentes inundaciones en el barrio de Errenteria de Bakio.



Curva de remanso para T10 años. El efecto de represa a la altura del puente de San Pelaio se puede observar claramente en la línea verde. También se observa el cambio de pendiente del lecho

Por tanto, nos encontramos con una dinámica fluvial alterada y alejada del funcionamiento original del río Estepona. Las posibilidades de aprovechamiento de las nuevas zonas de influencia mareal (mucho más

aguas arriba de la que originalmente se daban), así como la necesidad de mitigar los riesgos de inundación justifican la recreación de una zona de estuario y de bosque inundable. En cualquier caso, en ambas actuaciones el río deberá ser el elemento fundamental y se evitará desdibujarlo.

Avanzando ya en el anterior enfoque, se pueden diferenciar zonas con mayor o menor influencia mareal. En el caso de las marismas, se pueden diferenciar zonas en base a la frecuencia y duración del periodo de inmersión. De este modo, la marisma baja es una zona de inundación frecuente y la marisma alta es la zona que se inunda con menor frecuencia. Otra denominación sería la de marisma sumergida, marisma emergida y la zona intermedia entre ellas. Estos patrones de zonación también sirven para definir tipos particulares de vegetación. Así mismo, la anterior zonación también se expresa en los patrones de zonación de la fauna. Conviene recalcar que, aunque no se busca en este anteproyecto la formación de una marisma, si se quiere utilizar los criterios de zonación de las mismas en función del mayor o menor peso de las mareas.

De cara a obtener las zonas con influencia mareal predominante (con presencia muy frecuente) se utilizará una simulación hidráulica con periodo de retorno alto y condiciones de marea baja. Las zonas con influencia mareal excepcional responden periodos de retorno bajos y marea viva equinoccial. El resto de las situaciones comprenderá las zonas con influencia más equilibrada entre el río y la marea. Estas simulaciones fueron realizadas en el informe de la UPC y se los datos obtenidos se han utilizado en este anteproyecto. En dicho estudio se determina que el límite de la influencia mareal daría es el $x=800$ m. De acuerdo con el anterior esquema, en el caso del río Estepona, la marisma baja corresponde al tramo entre la desembocadura y la $x=800$ m. La marisma alta corresponde al tramo de $x=800$ m a $x=865$ m. De este punto hacia aguas arriba la dinámica del río es exclusivamente fluvial (no existe influencia mareal).

Como ya se ha comentado, aun cuando en el anterior análisis se distinguen distintas zonas de influencia mareal, en la propuesta no se buscará desdibujar al río ya que el río Estepona no es de tipo estuarial. Se incorporará en el diseño una diversificación topográfica. Por tanto, se formarán hoyas, zonas semicerradas, zonas abiertas, zonas expuestas con fácil entrada y salida de agua. Se buscará conectar la diversidad de formas y condiciones hidrodinámicas con la activación de procesos y activación de una evolución en la biodiversidad.

El progresivo descenso de la cota del lecho del río Estepona en su zona de desembocadura facilita la entrada del agua de mar y aumenta la influencia de las mareas en el valle fluvial (facilita la penetración del agua de mar al interior del valle fluvial). En la actualidad la zona de entrega de aguas está por debajo del nivel del mar (cota de -0.17 m) creándose de esta manera las condiciones geomorfológicas típicas de una ría (**en la que se produce la sumersión de la parte litoral de la cuenca fluvial**). En la configuración actual el valle fluvial está expuesto a las transgresiones marinas. Por tanto, en esta configuración fluvial, **el río se convierte en ría**.

Se utilizará el enfoque hidrogeomórfico (HGM) (Brinson, 1993; Smith *et al.*, 1995) en el que las características hidrológicas y geomorfológicas son las que definen las distintas zonas de la marisma. Por tanto, se parte de la idea de que las entradas y salidas de agua son las que regulan las funciones del humedal y las características biológicas son una consecuencia de estas funciones. Este es el enfoque seguido para activar procesos y dar posibilidades de evolución y desarrollo a las zonas donde se actúa.

5.6 Definición de zonas dentro del área bajo influencia mareal

Como complemento y comprobación a los análisis realizados en el informe de la UPC, se ha comprobado mediante simulación bidimensional, la zona de influencia mareal en el río Estepona. Se ha buscado, por tanto, el punto que define la zona exenta de influencia mareal y, por tanto, de comportamiento exclusivamente fluvial. Para ello, se ha utilizado como condición de contorno en la desembocadura del río Estepona, el valor de la marea viva equinoccial (cota = 2.68 m).

Para la definición de las zonas se ha seguido la nomenclatura utilizado en los trabajos realizados para la implementación de la Directiva marco del Agua llevados a cabo por las confederaciones hidrográficas. Por tanto, se define dentro de la zona de marisma un límite interior, exterior y lateral. el límite interior (continental) del estuario, considerado como límite teórico entre las aguas de transición y las aguas fluviales, se localizó en el punto más interno en el que se deja sentir la influencia de la marea.

Para la condición de marea viva equinoccial, la zona del río Estepona afectada por dicha marea se representa en la siguiente imagen:



Mancha representando el tramo del río Estepona con influencia mareal

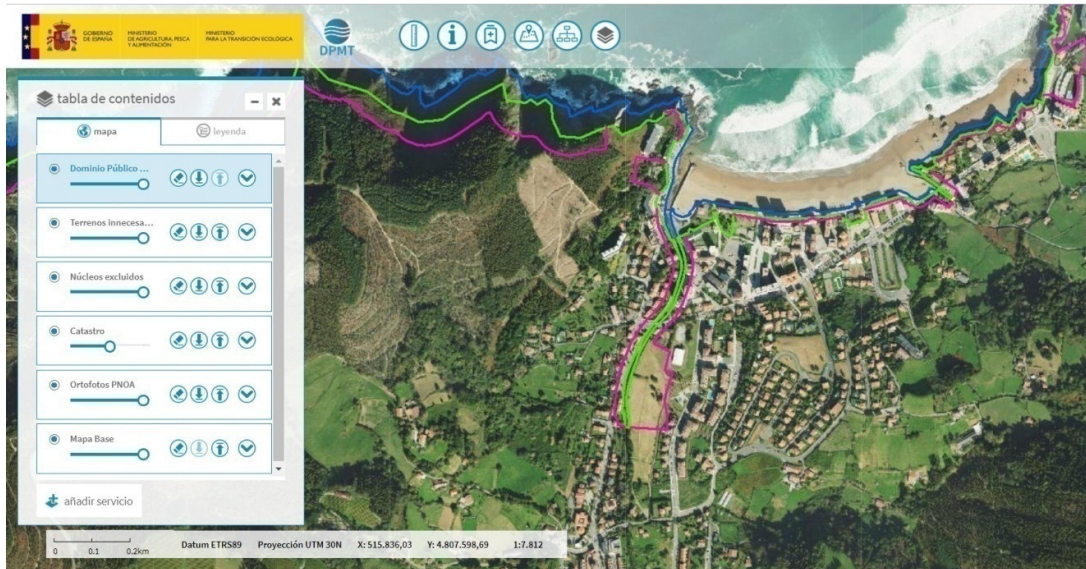
La longitud de la anterior mancha, desde la desembocadura es de 865 m, la cual es similar la obtenida en el estudio hidráulico realizado por la UPC ($x=840$) sobre todo teniendo en cuenta que, en el informe de la UPC, no existe información entre secciones transversales por lo que el límite obtenido siempre es aproximado. De este punto en adelante, en el sentido aguas arriba, el comportamiento es exclusivamente fluvial.

De acuerdo con el informe de la UPC, la zona afectada diariamente por las mareas se ha definido en el

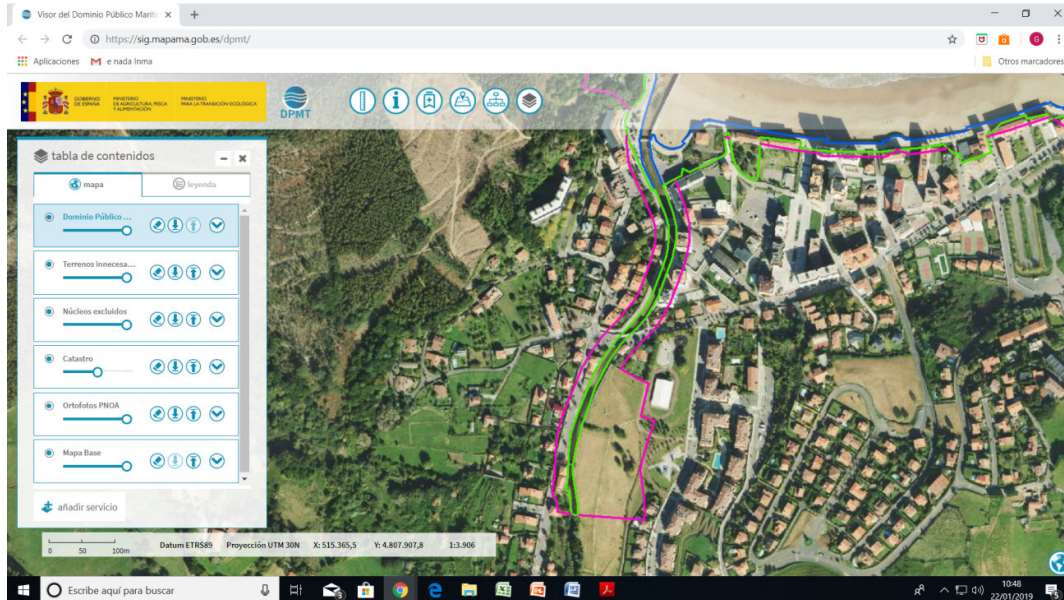
punto $x=800$ m. Este punto está más alejado que el límite definido por el DPMT (según el visor del MAPAMA).

El límite lateral de influencia mareal vendrá definido por la cota máxima de alcance de la marea.

En la siguiente imagen del visor del MAPAMA, se muestra el Dominio Público Marítimo Terrestre (DPMT) en la zona de estudio.



Fuente: visor del DPMT del MAPAMA, <https://sig.mapama.gob.es/dpmt/>



Fuente: visor del DPMT del MAPAMA, <https://sig.mapama.gob.es/dpmt/>

En la anterior imagen, la línea magenta representa el límite interior y lateral del Dominio Público

Marítimo Terrestre (DPMT) entendido como la zona bajo influencia mareal. El límite de esta zona coincide con el límite identificado en el estudio hidráulico de la UPC como la zona con influencia mareal diaria.

5.7 El funcionamiento del río Estepona en su tramo final

Antes de las modificaciones y obras en la desembocadura de río Estepona, el río vertía sus aguas al mar. Es decir, la cota del lecho era superior a la cota del mar en su punto de entrega de aguas. En estas condiciones, la formación de frente de ola no se producía. Tras las distintas obras en la desembocadura y tramo final del río Estepona, se ha rebajado la cota del lecho y se formado una entrada de aguas tipo embudo. Las consecuencias de lo anterior consisten en una mayor frecuencia en la formación de frente de ola y una mayor rapidez en la entrada del agua procedente del mar.

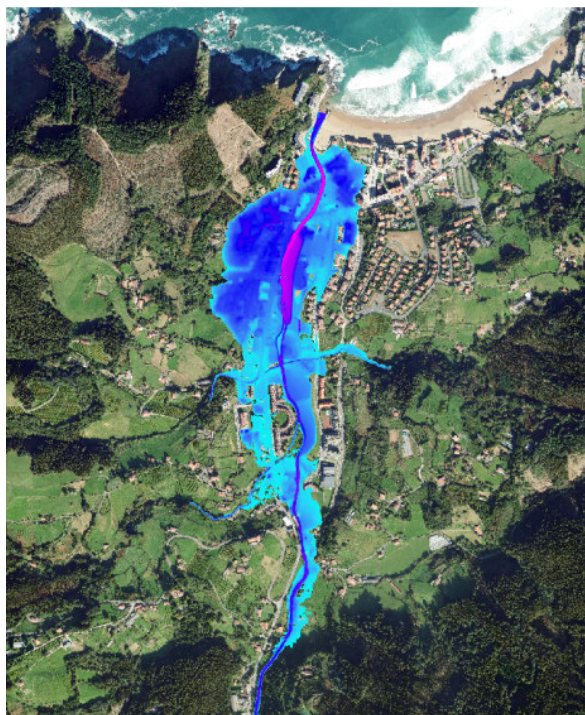
En la forma original de desembocadura del río Estepona, el agua marina entrante, debido a su mayor densidad, circulaba pegada al lecho del río mientras que el agua dulce circulaba por encima de la en los estratos superiores. La actual forma de embudo de la desembocadura junto con el rebaje del lecho del río Estepona en su desembocadura afecta a la estratificación del agua salina durante el efecto de las mareas. La mayor rapidez de entrada hace que el agua de mar, en vez de ir por el fondo por tener mayor densidad, vaya por el estrato superior y, a su vez, también se reducen las posibilidades de mezcla entre ambos tipos de aguas.

En la zona entre el puente de San Pelaio y el puente de Santa Catalina, se produce una bajada en la pendiente longitudinal que, sumado al efecto de represa, da lugar a una activación de los procesos de sedimentación. Esto permite la formación de un tramo con varios ramales (tipo trenzado o entrelazado). Este es el escenario que se propone recrear en esta zona ya que de manera natural es el que se daría. La justificación hidráulica de esta forma fluvial se justifica en el epígrafe 7. Las fotografías históricas también muestran la presencia de ramales de río en la zona entre los puentes anteriormente mencionados.

5.8 Análisis escenarios planteados en el informe de la UPC para T 100 años y T 10 años (escenario postoperacional del informe de la UPC)

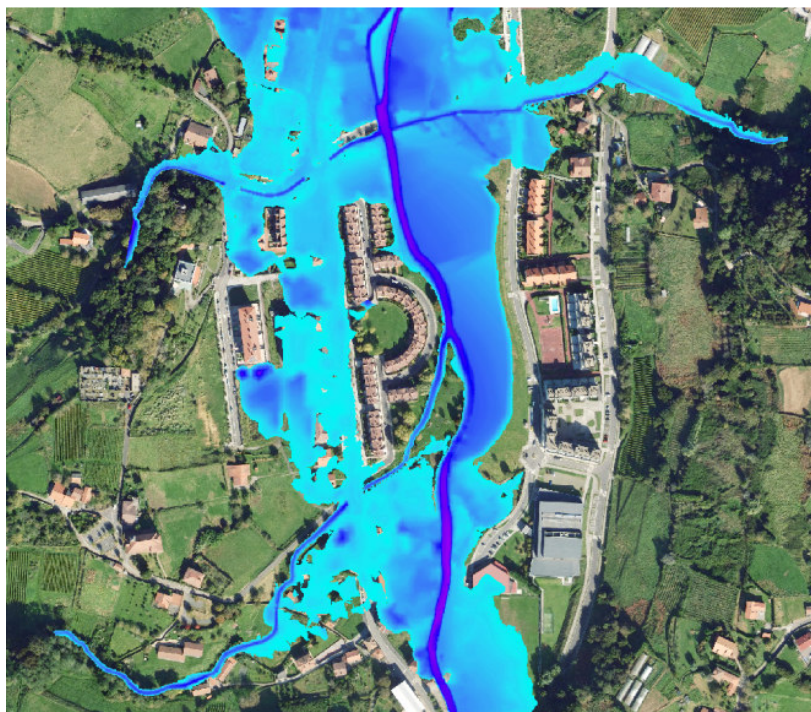
Se ha simulado el comportamiento de la inundación correspondiente al periodo de retorno de 100 y de 10 años incorporando la zona de marisma y la zona de bosque inundable (actuaciones 2 y 3 del estudio de la UPC respectivamente).

En el caso de T 100 años, el resultado es el siguiente:

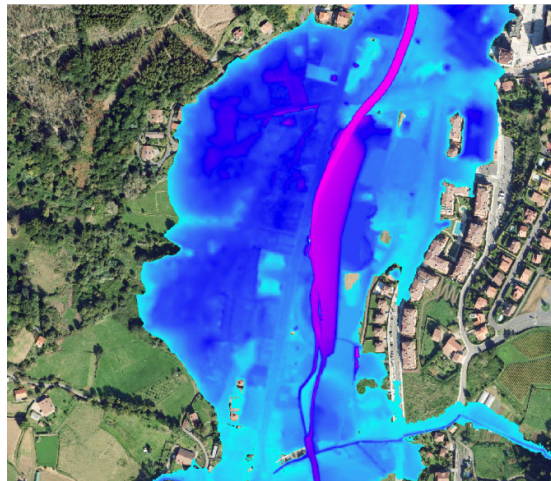


Simulación escenario postoperacional incluyendo zona de marisma y bosque inundable

Las mayores mejoras se obtienen en el barrio de Eletxalde.

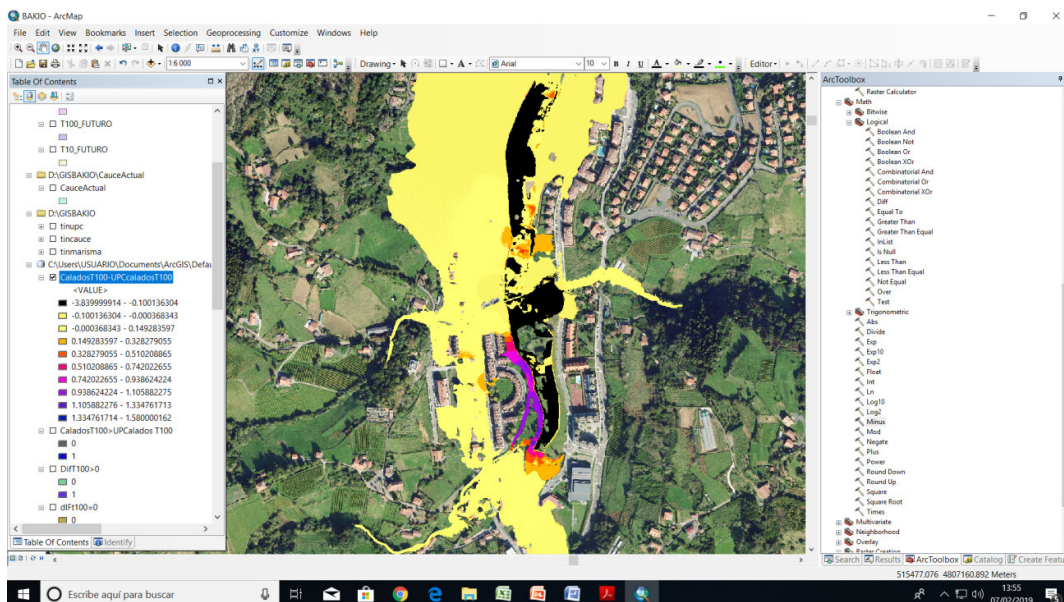


Detalle zona del barrio Eletxalde



Zona de marisma

En la siguiente imagen se muestran las diferencias de calados entre las situaciones pre- y post-operacional:



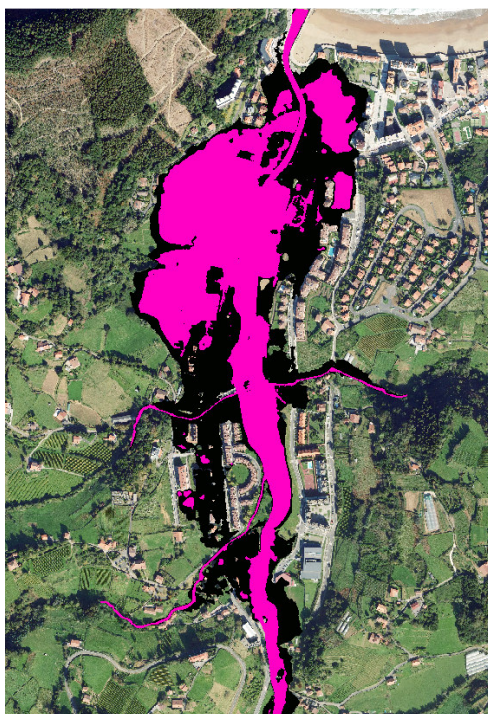
Se puede observar como las mejoras conseguidas con las actuaciones 2 y 3 se concentran en el barrio de Eletxalde y en las confluencias del arroyo Seube y zona sur del barrio de Errenteria. Se puede observar que, exceptuando las zonas donde se han realizado rebajes, la mayor parte del ámbito no se observan cambios importantes de los calados. Aguas abajo del puente de San Pelaio no hay cambios importantes en los calados.

En la anterior imagen, se representa en negro las zonas donde los calados son significativamente superiores en el escenario postoperacional. Estas zonas se concentran en las zonas donde se han producido rebajes y en zonas que se ven afectadas por esta actuación.

En color amarillo se muestran zonas donde la diferencia de calado es muy pequeña (de menos de 15 cm). Las mayores reducciones de calado se dan en el tramo del río Estepona en la zona del barrio de Eletxalde.

También se observan mejoras en el tramo comprendido entre el puente de San Pelaio y el puente de Santa catalina, sobre todo fuera de la zona de influencia mareal y del efecto de represa.

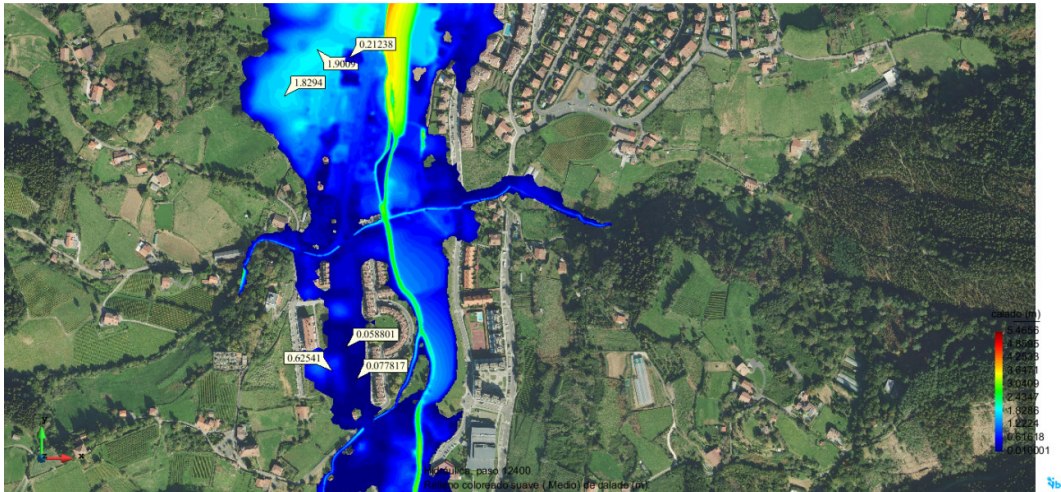
A partir de los valores de calado y velocidad se ha calculado la Zona de Flujo Preferente (ZFP).



Zona de Flujo Preferente en color magenta

La ZFP es similar al obtenido en el escenario post operacional del informe de la UPC.

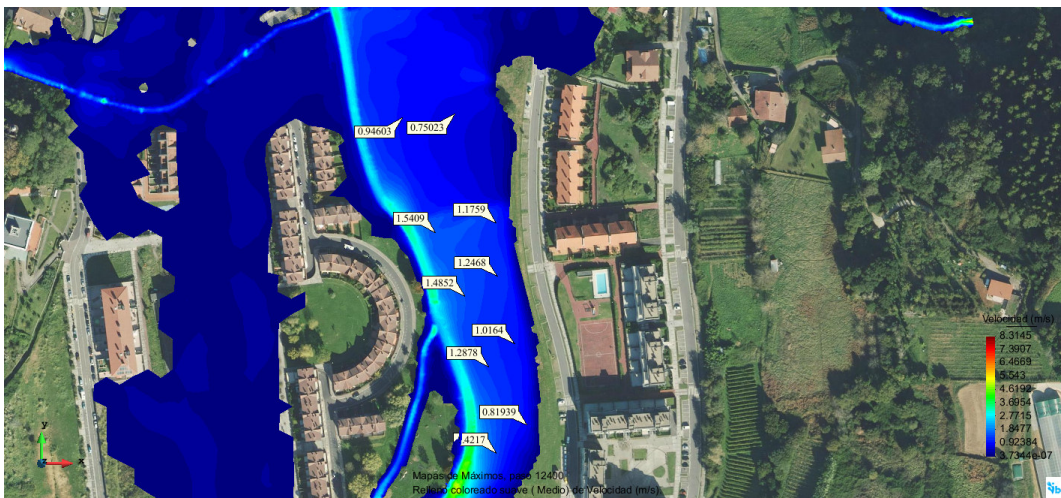
En el barrio de Errenteria se siguen formando manchas de inundación con calados de más de 1 m de profundidad.



Calados en el barrio de Errenteria y de Eletxalde

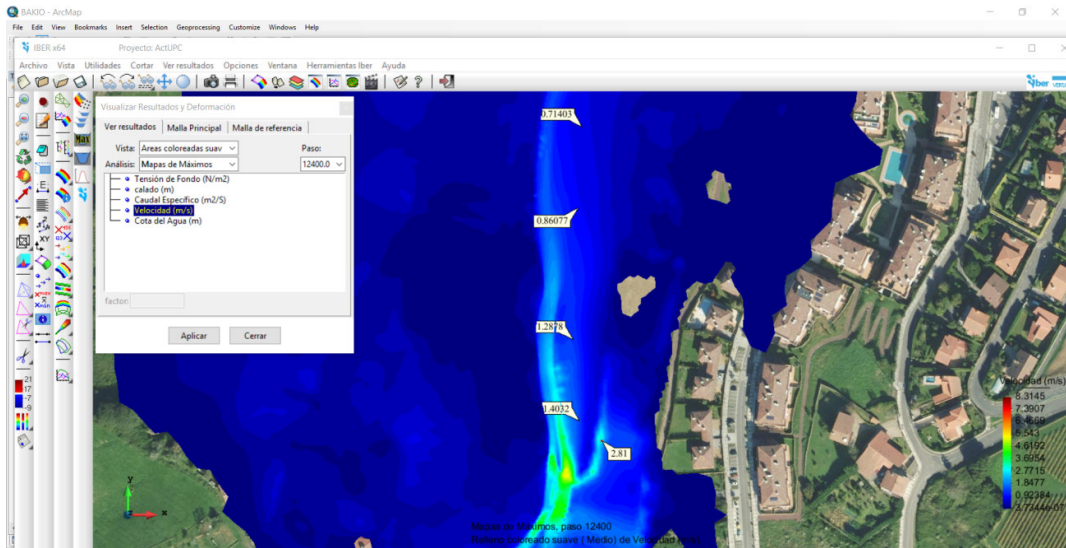
En el barrio de Eletxalde, los calados son muy bajos a excepción de las zonas donde se han realizado excavaciones asociadas a obras de edificación.

El rango de velocidades en la zona de bosque inundable (actuación 3) no supera los 1,5 m/s.



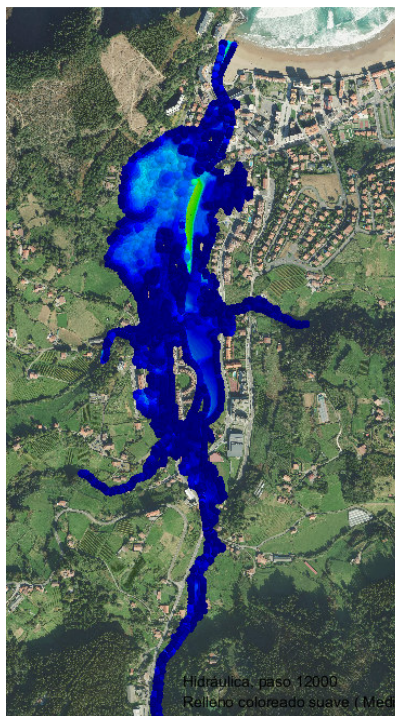
Velocidades en zona de bosque inundable

El rango de velocidades en la zona de marisma en general también es bajo, pero, en este caso, en la zona más aguas arriba se producen velocidades superiores a los 2 m/s (ver imagen inferior). La transición deberá ser suave y alguna protección sobre el cuerpo de las orillas y el pie del talud será incluida en las actuaciones.



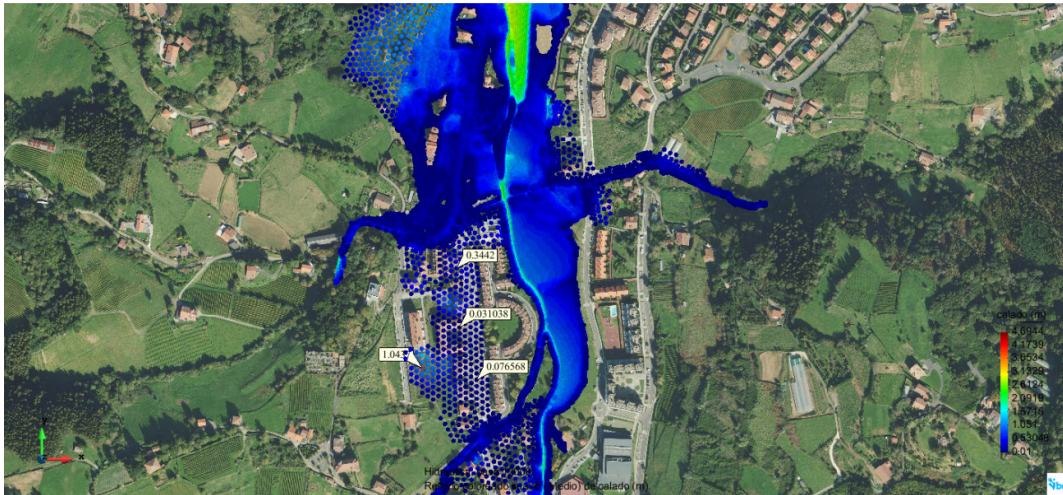
Velocidades en zona de marisma para T100 años

En el caso de la avenida de periodo de retorno de **10 años**, los resultados son los siguientes:



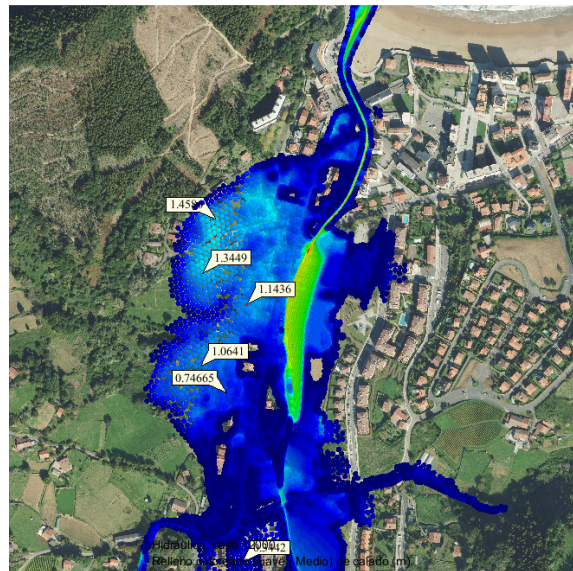
Calados para T10 años

Los calados en el barrio de Eletxalde, son en su gran mayoría inferiores a los 10 cm. La única zona con calados mayores corresponde a la zona donde se realizaron excavaciones asociadas a una obra de construcción.



Calados barrio Eletxalde

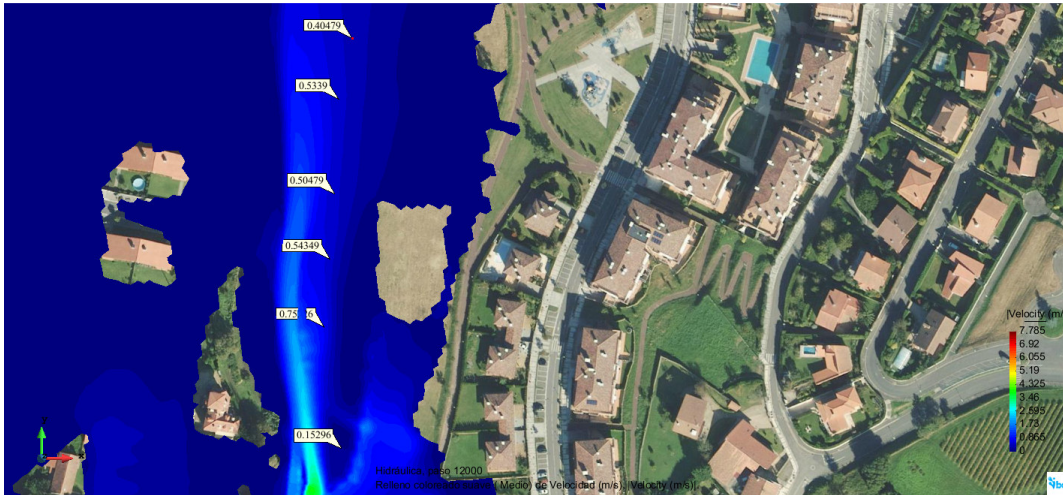
El barrio de Errenteria sigue presentando calados superiores a 1,0 m de profundidad.



Calados barrio Errenteria para T 10 años

Por tanto, existe una presencia frecuente de agua en este barrio.

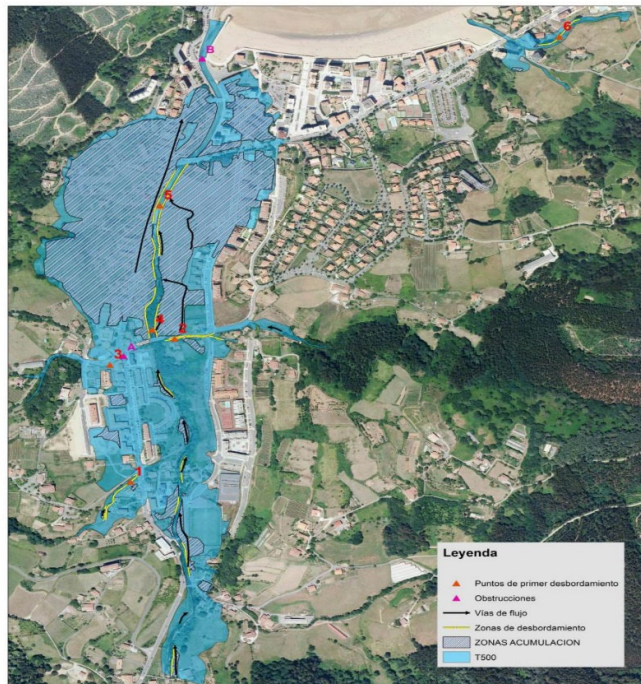
Las velocidades entre el puente de Santa Catalina y San Pelaio son bajas (por debajo de 1.0 m/s).



5.9 Análisis de los puntos de primer desbordamiento

Se analizan los resultados de la simulación bidimensional y los resultados del informe de ARPSI DE BAKIO (ES017-BIZ-BUT-04).

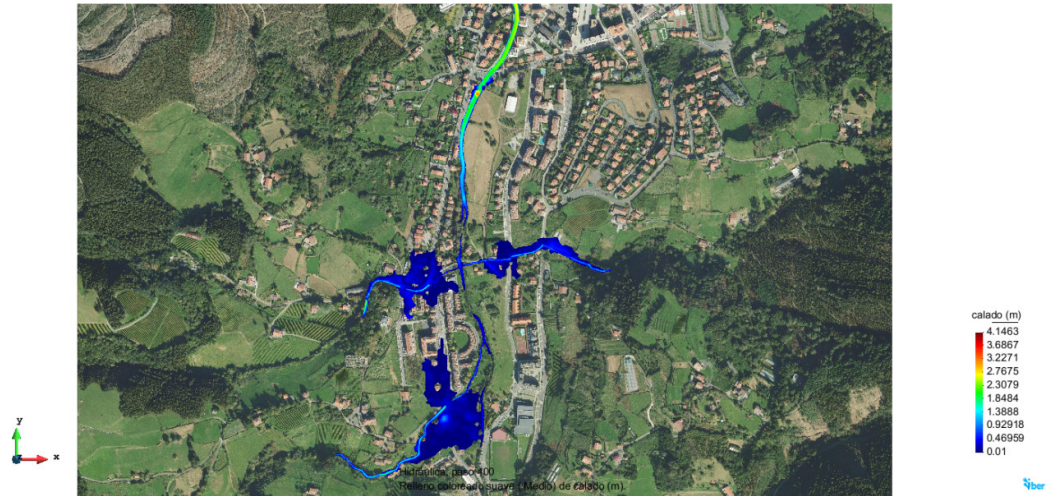
Los puntos de primer desbordamiento recogen las zonas donde comienza la inundación. En el informe de ARPSI DE BAKIO (ES017-BIZ-BUT-04), los puntos de primer desbordamiento son los siguientes (son un total de 5 puntos):



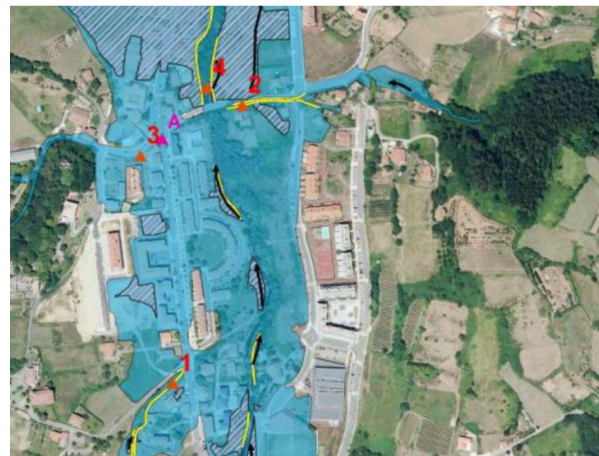
Fuente: informe de ARPSI DE BAKIO (ES017-BIZ-BUT-04)

Puntos de primer desbordamiento 1, 2, 3 y 4:

La simulación bidimensional recoge bien los puntos de primer desbordamiento 1, 2, 3 y 4.



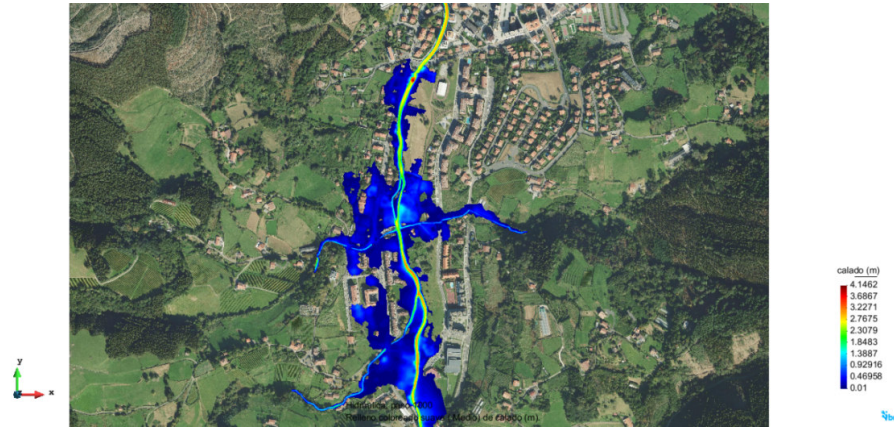
Primeras zonas inundadas (en el paso $T=400$ s de la simulación bidimensional)



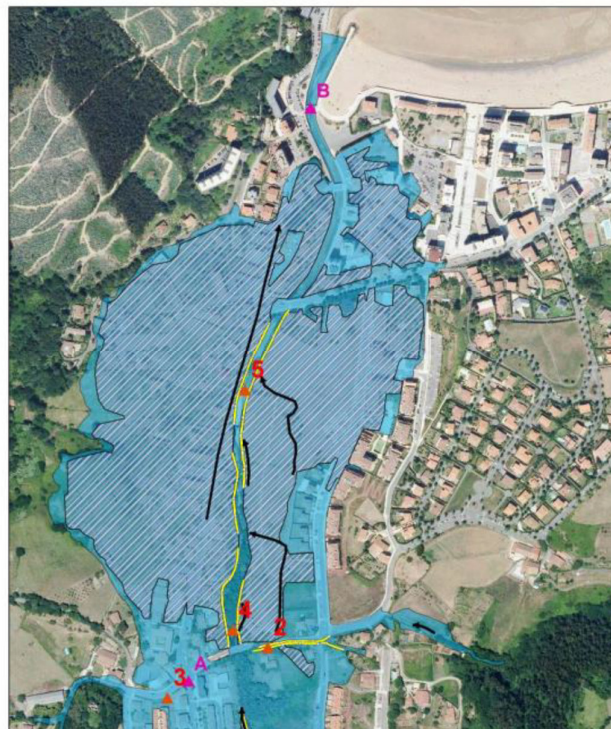
Puntos de primer desbordamiento 1, 2, 3 y 4 según informe de ARPSI DE BAKIO (ES017-BIZ-BUT-04)

Las primeras manchas de inundación aparecen en las inmediaciones del punto de desbordamiento 1.

Punto de primer desbordamiento 5:



*Punto de desbordamiento 5 (agua arriba del puente de San Pelaio).
Aparece en el paso de tiempo $t=800$ s de la simulación bidimensional de T 100 años*



Punto de desbordamiento 5 según informe de ARPSI DE BAKIO (ES017-BIZ-BUT-04)

6. DIAGNÓSTICO

La bajada progresiva del nivel de lecho del río Estepona a lo largo de las últimas intervenciones ha causado la sumersión de la parte litoral de la cuenca fluvial: **el río se ha transformado en ría.**

Desde el punto de vista hidráulico

- Las soluciones aportadas y que se han estudiado, permiten mejorar y atenuar los efectos de las inundaciones en las zonas construidas de la margen izquierda, sin embargo, no llegan a solucionar todos los problemas de inundabilidad de Bakio, especialmente en los barrios de Erreterria y Ariztondo.
- La zona de influencia mareal diaria llega hasta la $x=800$ m. La influencia de la marea viva equinoccial llega hasta $x=860$ m. A partir de este punto, el río responde a una dinámica exclusivamente fluvial.
- Las actuaciones en esta zona reflejan la anterior dinámica a la vez que expresan la tendencia a la morfología fluvial entrelazada.
- La magnitud de los caudales dominantes junto con el valor de la pendiente entre los puentes de San Pelaio y el puente de Santa Catalina tiende a una morfología fluvial de **tipo entrelazado o trenzado**. La forma natural en esta zona no es del tipo marisma. La reducción de la pendiente longitudinal a partir del puente de San Pelaio también fomenta la tipología fluvial tipo entrelazados.
- La zona más aguas arriba responde a una dinámica exclusivamente fluvial. En esta primera mitad de la parcela se mantendrá una tipología de ramales de río. Estas formas se irán desdibujando a medida que nos aproximemos al puente de San Pelaio donde la influencia mareal conduce a tipologías tipo ría (con cauces más anchos y zonas de mezcla de sedimentos de origen fluvial y marino).

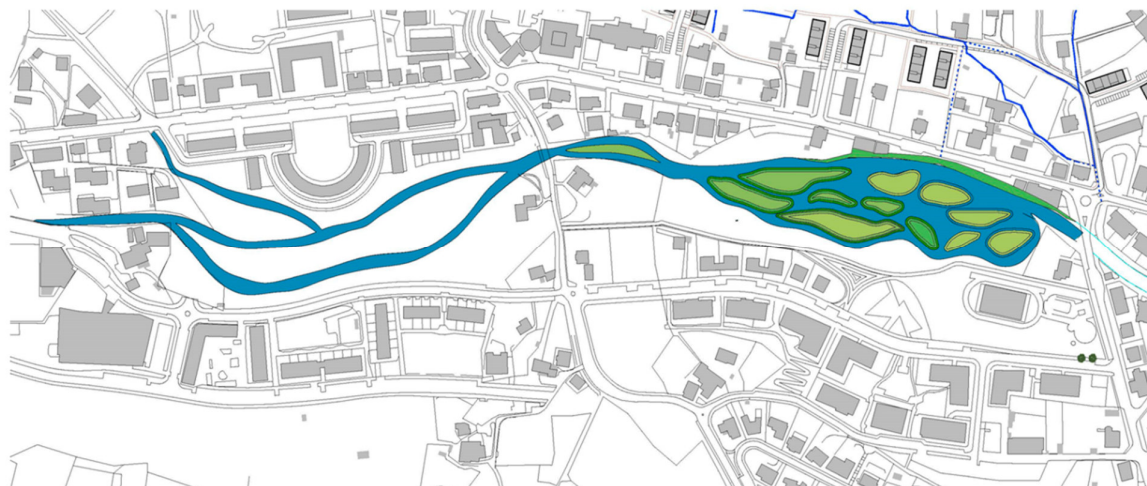
Desde el punto de vista ambiental

- Se mantendrá y potenciará la vegetación de ribera autóctona presente.
- Se debe eliminar y contener la vegetación alóctona potencialmente invasora.
- Uno de los mayores problemas ambientales es la gestión de tierras, dado el volumen de m^3 a recolocar.

Desde el punto de vista constructivo

- Instalaciones. Hay que trasladar la instalación eléctrica presente en la zona de la marisma.
- Las propuestas incluyen el uso de técnicas de bioingeniería que se priorizan ante otros tipos de soluciones constructivas de ingeniería más tradicional.

7. PROPUESTA



Esquema de la propuesta

Las soluciones propuestas estarán alineadas con el IV Programa Marco Ambiental 2020, la Estrategia de Cambio Climático 2050 del País Vasco, la Estrategia de Biodiversidad del País Vasco 2030, el Plan de Acción local de la Agenda 21 y las Bases de Posicionamiento Estratégico de 2017.

Las propuestas incluyen el uso de técnicas de bioingeniería y la creación de una marisma cantábrica interior. Estas soluciones son soluciones basadas en la naturaleza (con las siglas NBS, en inglés; Nature Based Solutions) y utilizan las características y procesos de sus sistemas complejos. También son conocidas como soluciones naturales y, en el contexto del anteproyecto, se refieren a aquellas intervenciones urbanas que, desde una perspectiva amplia, utilizan la naturaleza y sus procesos para mitigar los impactos derivados del cambio climático y favorecer la adaptación de los municipios y la ciudadanía a los cambios.

Las soluciones naturales se caracterizan por su multifuncionalidad, es decir, por tener la vocación de proporcionar múltiples beneficios. La Bioingeniería del Paisaje se engloba dentro de este tipo de soluciones y enfoques de intervención.

En base a los análisis y diagnóstico realizados, las principales actuaciones incluidas en el presente anteproyecto son las siguientes: de aguas abajo a aguas arriba.

1- Recuperar la margen izquierda del río Estepona, actualmente encauzada, dotándolo de un aspecto más natural mediante la recreación de la margen.

Zonas fluviales



Ekolur SLL EULEN–Gobierno Vasco
Foto P.Sangalli

2- Zonificación según la influencia mareal: el límite de la influencia mareal daría es el $x=800$ m. De acuerdo con el anterior esquema, en el caso del río Estepona, la marisma baja corresponde al tramo entre la desembocadura y la $x=800$ m. La marisma alta corresponde al tramo de $x=800$ m a $x=865$ m. De este punto hacia aguas arriba la dinámica del río es exclusivamente fluvial (no existe influencia mareal).

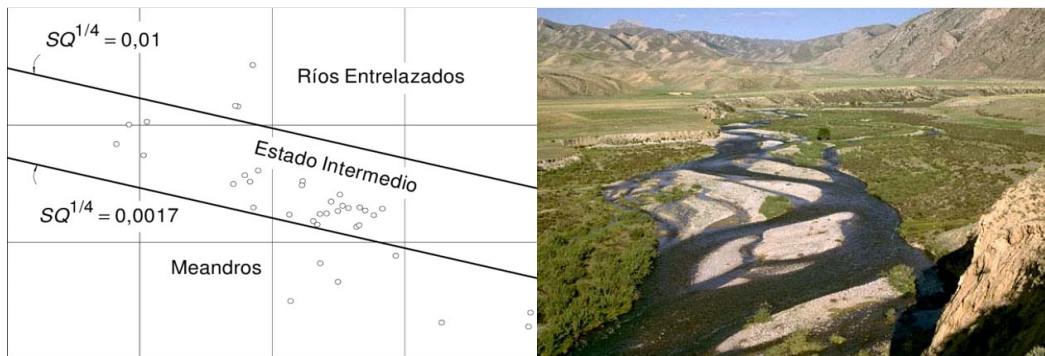
Como ya se ha comentado, aun cuando en el anterior análisis se distinguen distintas zonas de influencia mareal, en la propuesta no se buscará desdibujar al río ya que el río Estepona no es de tipo estuario. Se incorporará en el diseño una diversificación topográfica.

3- Recrear una zona de trenzado entre el puente de San Pelaio y el puente de Santa Catalina



Zona de recreación de una zona de trenzado de ramales de río y de la marisma interior

La justificación de la dinámica tipo trenzado o entrelazado en esta zona se puede observar a través de la gráfica de Lane (1957). En esta gráfica se representa la tendencia morfológica de una corriente de agua en función del valor del producto $Q^{1/4} \cdot S$, donde Q es el caudal (caudal relacionado con su morfología hidráulica) y S es la pendiente. El producto de las anteriores variables para un caudal de T 10 años es de 0,017. Según la siguiente imagen, este tramo de río queda claramente en la zona de ríos entrelazados.



Gráfica de Lane (1957) y dinámica de un río trenzado

La anterior tendencia se acentúa debido a la tendencia a la sedimentación que se produce aguas arriba del puente de San Pelaio debido al cambio de pendiente (pasa de 0.006 a 0.001) y al efecto de represa debido al tramo encauzado.

Se justifica hidráulicamente, por tanto, la recreación de una zona de ramales entrelazados en esta zona.

También se proponen zonas de aguas más tranquilas. Zonas de lagunaje, pero con renovación.

Se recrearán distintas condiciones hidrodinámicas. Los anfibios presentes (o potencialmente presentes) en la zona agradecen la combinación de zonas de sombra y zonas más abiertas. Esto se podrá conseguir mediante la estrategia de plantación del anteproyecto. Los comentarios sobre la fauna anfibia afectan a la zona con influencia exclusivamente fluvial (o predominantemente fluvial). Esto es, del punto $x=800\text{m}$ hacia aguas arriba.

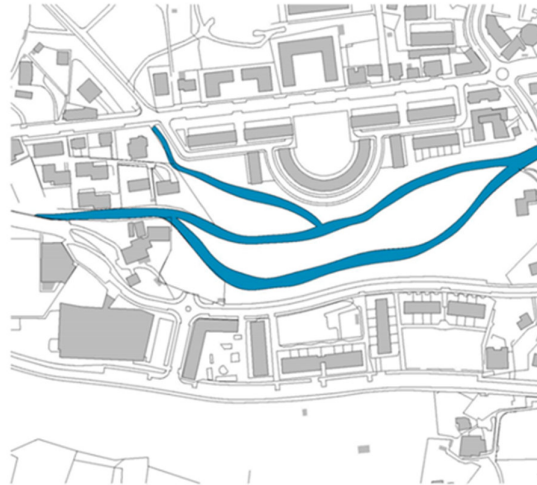
En las zonas del margen derecho del río Estepona donde se realizarán modificación de la topografía existente, se llevará a cabo una distribución de las plantaciones y comunidades vegetales en función de la mayor o menor influencia de las mareas. De esta forma, del punto $x=800\text{ m}$ hacia aguas abajo, las comunidades de especies vegetales especializadas en condiciones salinas serán dominantes (especies de sistemas de marisma en ambientes templados del norte de Europa). Fuera de la influencia salina (donde la dinámica es fluvial) se utilizarán las especies típicas de las alisedas cantábricas. Fuera de la influencia fluvial se utilizarán especies típicas de los robledales acidófilos del roble pedunculado.

En el conjunto de actuaciones se jugará con la recreación de un mosaico de vegetación con zonas de

sombra y espacios abiertos que favorezca la creación de una gran variedad de condiciones y, por tanto, de hábitats.

En la zona cercana a la isla existe un rodal de alisos (*Alnus glutinosa*) que se tendrá en cuenta a la hora de diseñar las medidas de control de inundaciones.

4- Recrear una zona de bosque inundable en la parcela aguas arriba del puente de Santa Catalina

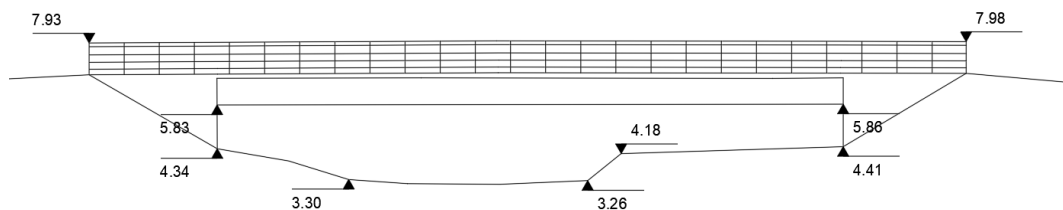


Zona de bosque inundable

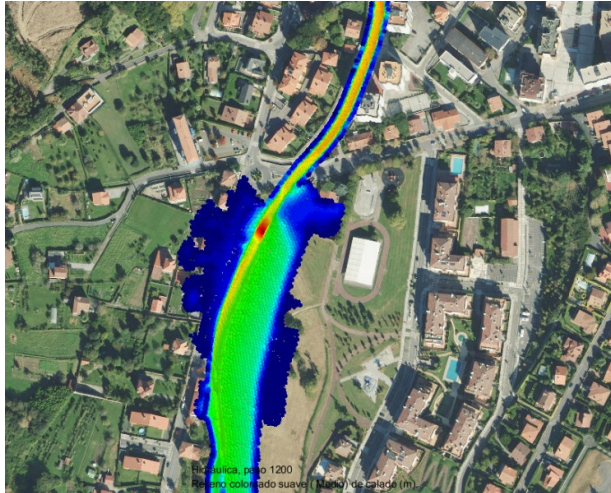
Esta actuación permitirá disminuir considerablemente las manchas de inundación en el barrio de Eletxalde. Para el periodo de retorno de T100 años, la mayor parte de los calados son menores de 10 cm.

Se crearán nuevos ramales del río. Se crearán algunos ramales principales y ramales secundarios a cota superior (activos a partir de T10 años). Los ramales secundarios podrán funcionar por freático en vez de por alimentación directa. Aparte, en las zonas próximas a las nuevas orillas se pueden crear pequeñas entradas de agua para que el agua esté más calmada. También se crearán un mosaico de zonas de sombra y claros con la vegetación. Todo lo anterior promoverá la presencia de fauna anfibia y reptiles.

5- Excavación en puente Santa Catalina: ampliación de cauce. Con esta actuación se pretende mejorar la continuidad entre las actuaciones 2 y 3.



Aparte, tal y como se ha visto en el análisis de los puntos de primer desbordamiento, la zona de alimentación de las aguas acumuladas en el barrio de Errenteria procede de los puntos de primer desbordamiento 3 y 5.



Zona de primer desbordamiento aguas arriba del puente de San Pelaio.

Instante $t=1200$ s de la simulación correspondiente a T 10 años (simulación de la actuación 2 del informe de la UPC/UPV)

Estas medidas pueden completarse con la generación de una red de lagunas en el barrio de Errenteria, que acumularán y mitigarán los anteriores efectos a la vez que podrá ir devolviendo el agua al río tras un proceso de laminación en el interior de las lagunas. para la definición de esta solución de red de lagunaje será necesario un estudio hidráulico específico para esta zona.

El anteproyecto también incluye algunas de las actuaciones incluidas en el informe emitido por URA en marzo de 2016 (ARPSI DE BAKIO (ES017-BIZ-BUT-04)). En particular:

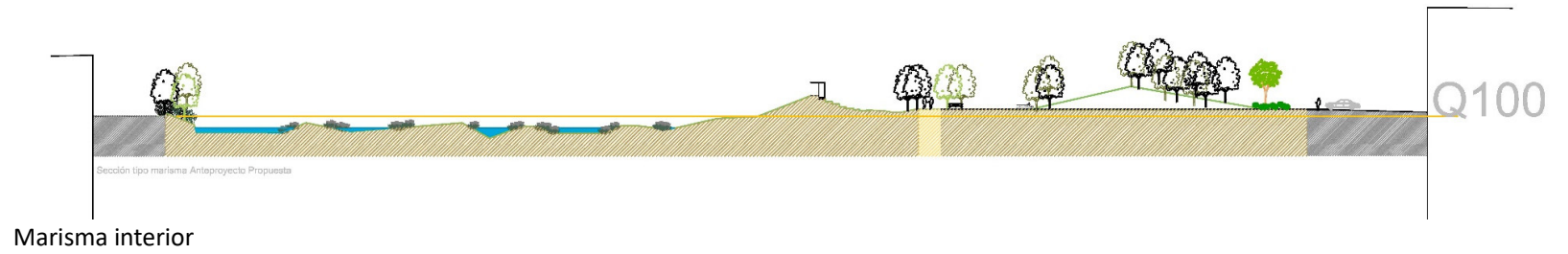
- Ampliación cauce en margen derecha entre PK 0+1000 y 0+1350 (tramo de la actuación 3-bosque inundable del informe de la UPC).
- Eliminación de pasarelas propuestas en el informe de URA de marzo de 2016 (ARPSI DE BAKIO. ES017-BIZ-BUT-04).
- Incorporación de las actuaciones propuestas en el río Oxinaga
- Incorporación de las actuaciones propuestas para el río Amutzaga

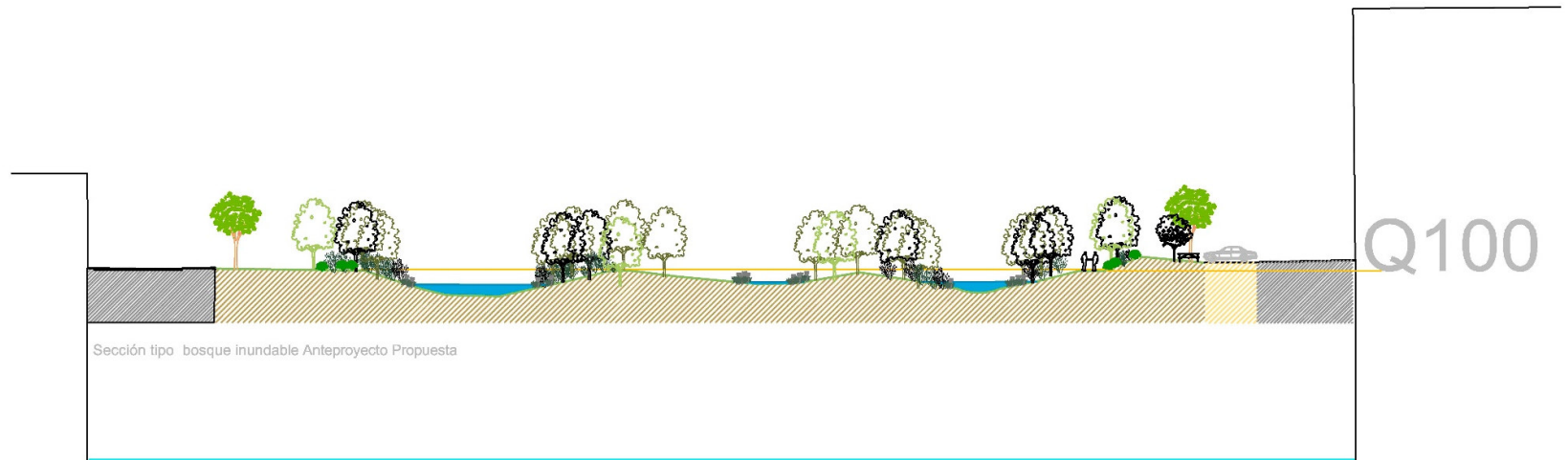
PROPUESTA



Propuesta Bakio -

SECCIONES TIPO





Sección tipo bosque inundable Anteproyecto Propuesta

Bosque inundable

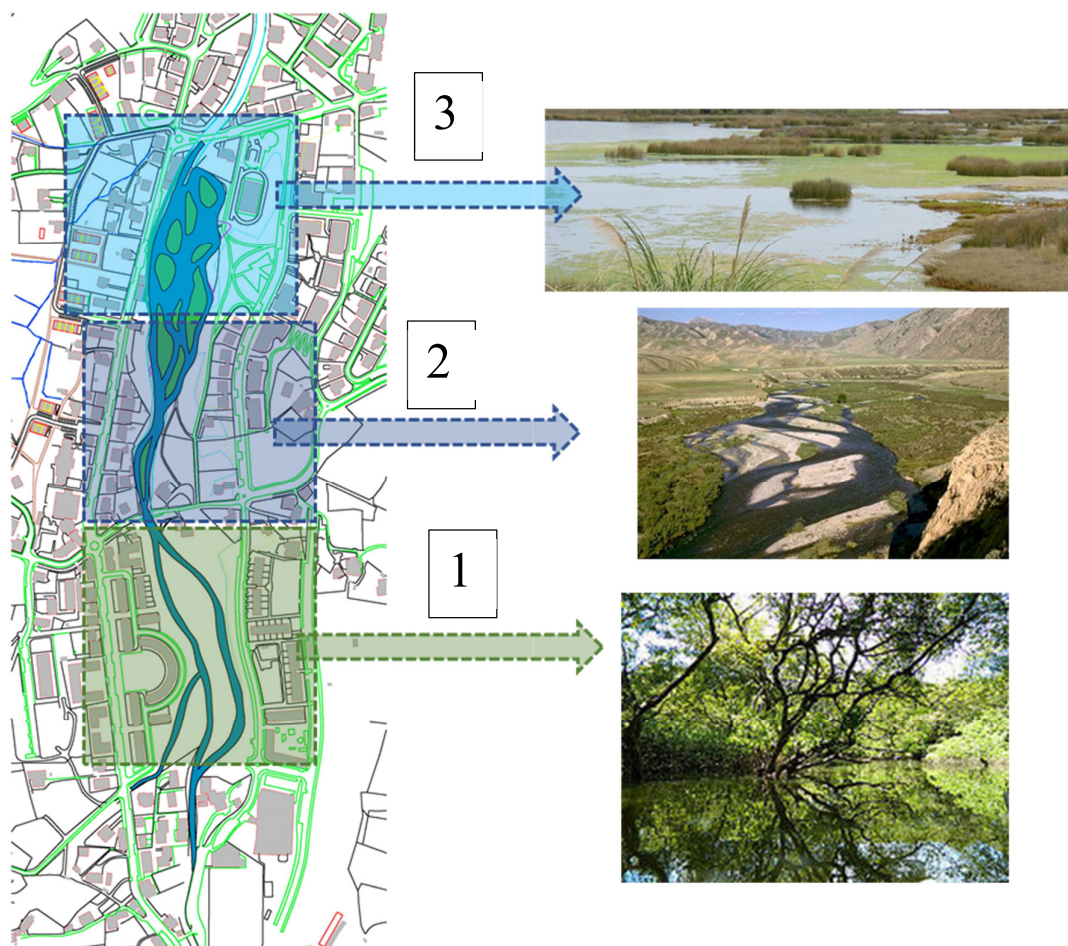
Q100

8 ELEMENTOS DE LA PROPUESTA

8.1 Zonificación

Tal y como se ha comentado en la propuesta, la intervención presenta tres zonas, de aguas abajo a aguas arriba:

1- Bosque inundable en el que se desdobra el cauce: este segundo cauce llevará agua del río en crecidas ordinarias, así como la precedente del freático. Esta zona se encuentra comprendida entre el puente de San Pelayo y el Puente de Santa Catalina.



2- Río trenzado. Aguas abajo del puente de Santa Catalina y tras la isla, el río comienza a trenzarse. Se mantiene como río, abriéndose a partir de la aliseda. Esta zona se inundará en crecidas extraordinarias

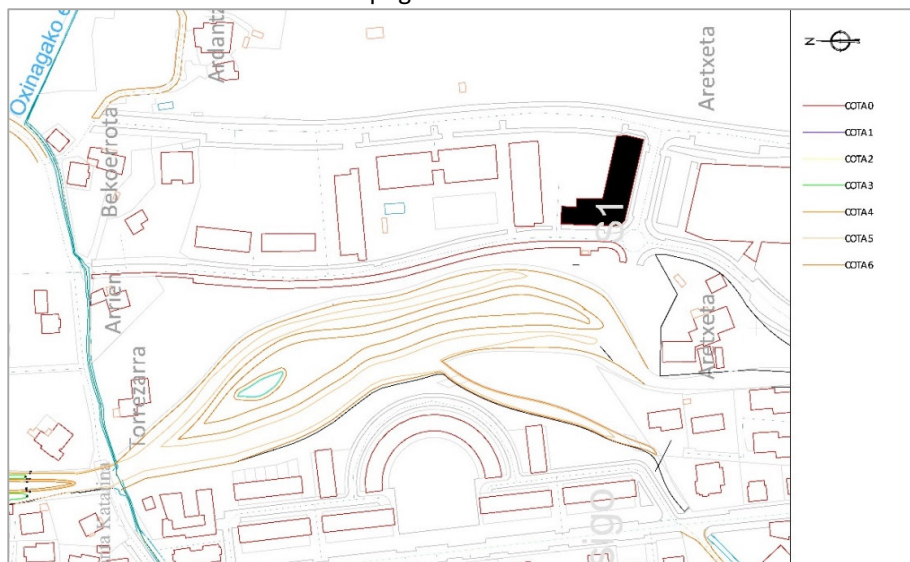
3- Marisma. Esta es la zona de influencia mareal, donde se prevé que se inunde diariamente en ocasión de la alta mareal. En esta zona se propone además el recuperar también la margen derecha como margen vegetada.

8.2 Topografía propuesta

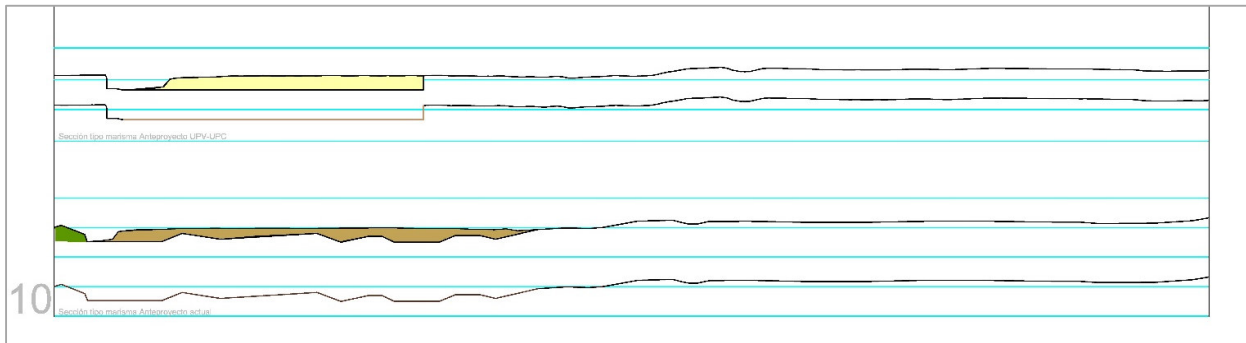
- La elaboración de la topografía para la propuesta ha partido de considerar diversas cuestiones:
La topografía existente.
- La topografía prevista en el proyecto.
- La línea de otros cauces previamente existentes y que estaban presentes en las fotografías áreas de los años cincuenta.
- Se ha trabajado especialmente en el encuentro con la topografía existente en la ciudad.



Modificación topográfica de la zona de marisma

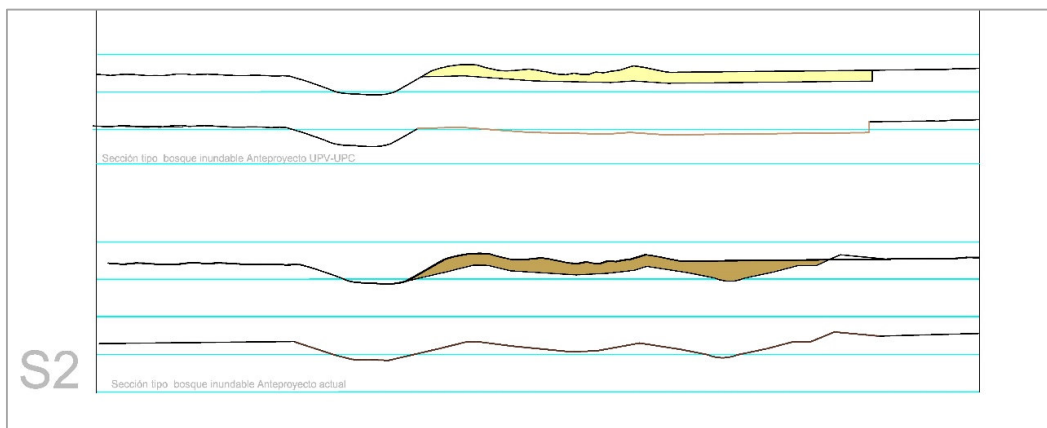


Modificación topográfica de la zona del bosque inundable



Sección tipo de la marisma inundable

- La sección de arriba corresponde a la propuesta del anteproyecto de la UPV y UPC para la marisma inundable, de rebajar a nivel del cauce la zona de la marisma.
- La sección de abajo corresponde a la topografía propuesta en el anteproyecto. Se amplía la zona de intervención con objeto de mejorar la conexión con la zona urbanizada.

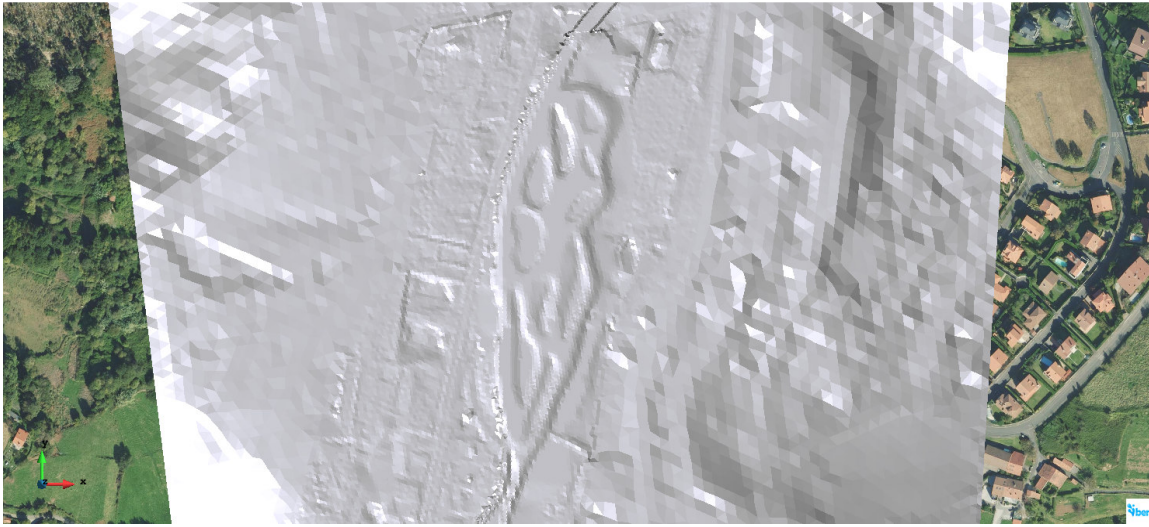


- La sección de arriba corresponde a la propuesta del anteproyecto de la UPV y UPC de rebajar un metro y medio en la zona de intervención.
- La sección de abajo corresponde a la topografía propuesta en el anteproyecto con el doble cauce.

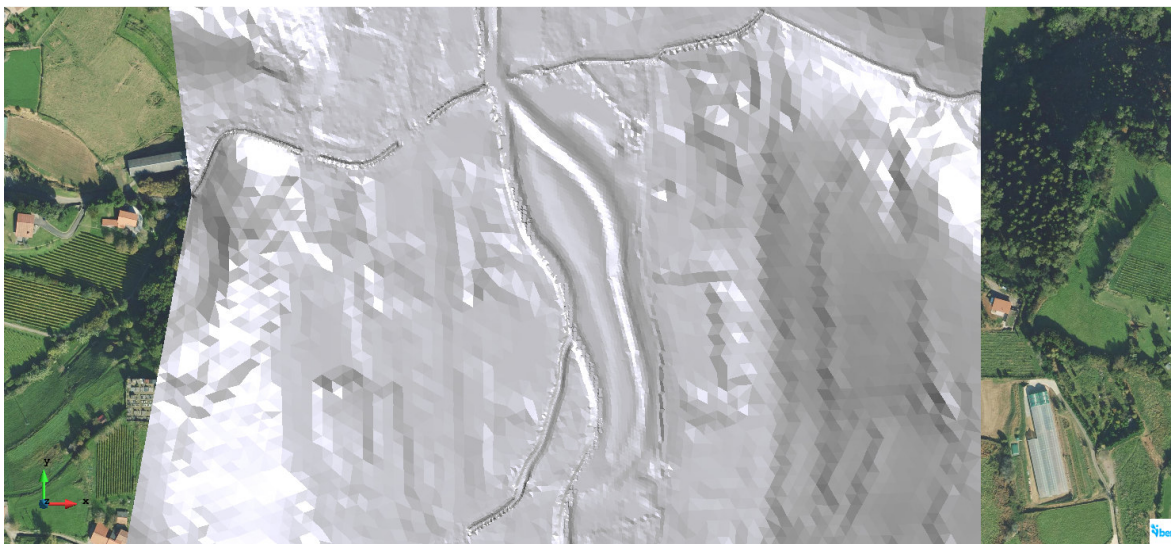
8.3 Simulación hidráulica de la propuesta y comparación con las soluciones de la UPC/UPV

La comparativa y los detalles de la simulación hidráulica de la propuesta están recogidos en el anejo 2 del presente anteproyecto.

Tras la modificación topográfica, el modelo digital de elevaciones queda de la siguiente manera:



MDT en la zona entre el puente de San Pelaio y el puente de Santa Catalina



MDT tras la modificación topográfica en la zona aguas arriba del puente de Santa Catalina

La simulación hidráulica de las actuaciones para el periodo de retorno de 100 años es la siguiente:

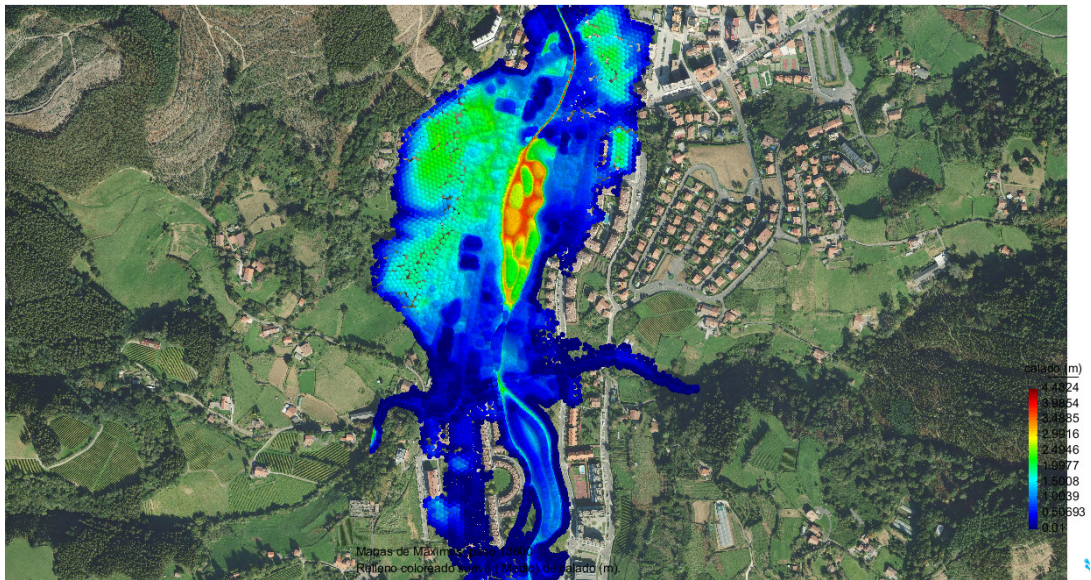
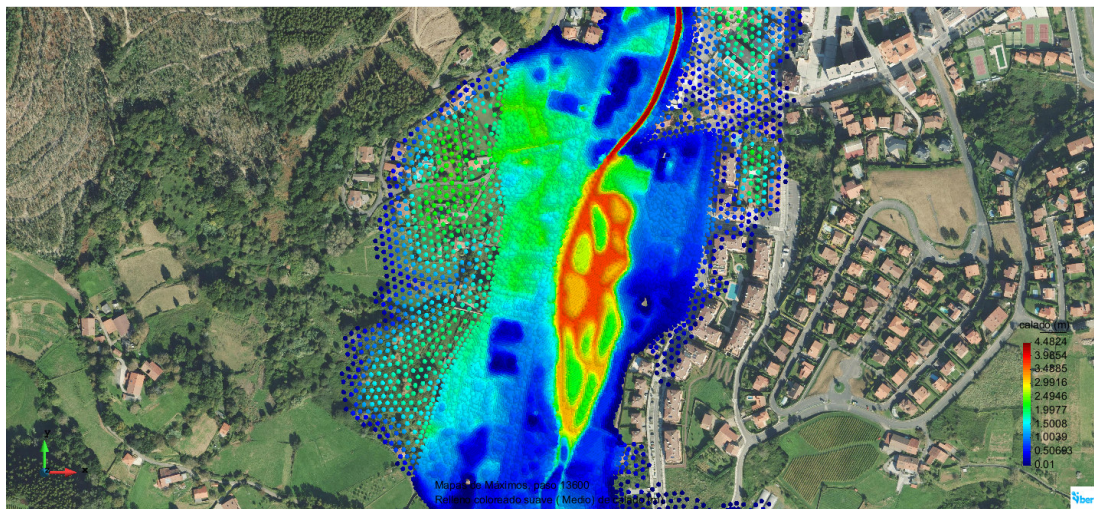
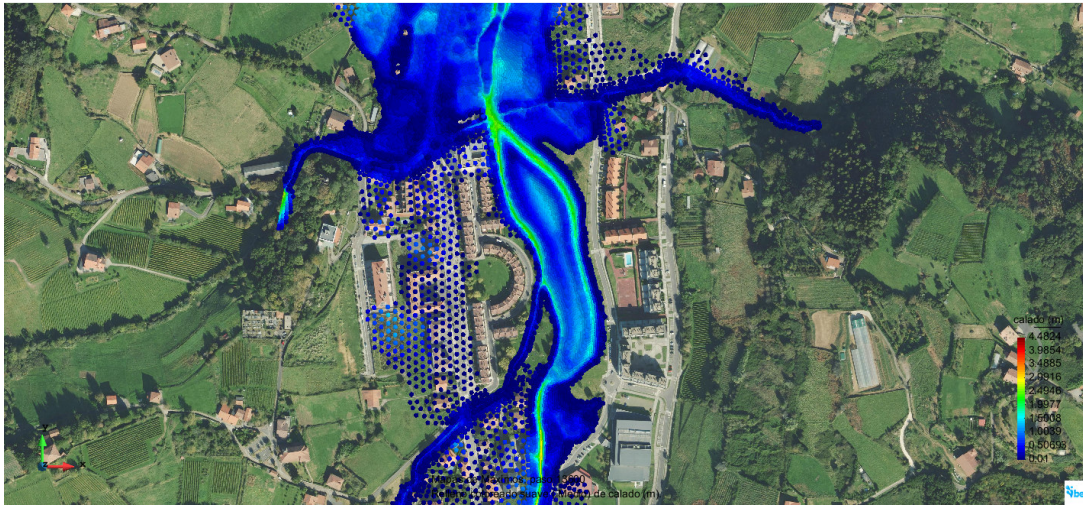


Imagen de la simulación hidráulica para $T = 100$ años

A continuación, se muestran imágenes con más detalle de las distintas zonas:



Zona entre los puentes de Santa Catalina y san Pelaio. Donde el río se convierte en ría



Zona de creación de nuevos ramales. Ente ambos ramales también se han creado depresiones para apoyar la diversidad de hábitats

Las principales conclusiones de la simulación hidráulica y de la comparativa con los escenarios planteados en el informe de la UPC/UPV son las siguientes:

Se ha conseguido un ligero descenso de los calados en ambas zonas, aunque las mayores ventajas son las siguientes:

- En la zona de ría se mantiene el trazado del río. Por tanto, el río no se desdibuja y se consigue una hidrodinámica tipo ría.
- Se observa como el cauce del río Estepona no se desdibuja. Se observa también el distinto comportamiento hidrodinámico en la zona donde predomina el comportamiento fluvial y la zona donde predomina el comportamiento tipo ría. La zona de influencia mareal también queda bien reflejada y coincide con la zona donde predomina el comportamiento tipo ría.
- Otro gran beneficio de las nuevas propuestas es la mayor variabilidad en escenarios hidrodinámicos y un mejor reflejo y conexión del comportamiento del río Estepona con la su tendencia natural en el actual escenario de pendiente y caudal generador (formador).
- Se consiguen distintas condiciones hidrodinámicas lo que permitirá la presencia de diversos hábitats.
- En la zona entre el puente de San Pelaio y el puente de Santa Catalina, se diferencia bien el primer tramo donde se predomina el comportamiento fluvial y los ramales mantienen velocidades parecidas entre sí. Las mayores diferencias en la variable velocidad se observa en la zona donde predomina el comportamiento tipo ría.
- En la zona aguas arriba del puente de Santa Catalina se muestran bien definidos los dos ramales de río y también se consiguen distintas condiciones hidrodinámicas lo que favorecerá la presencia de distintos hábitats.

En relación con la comparativa general de los calados entre el escenario de la UPC y el escenario nuevo, los mayores beneficios se concentran en la conexión del río Estepona con los arroyos Seuberreke y Oxinaga) y también en su conexión con el arroyo Amutzaga.

8.4 Elementos constructivos

A nivel de anteproyecto se ha planteado la utilización de distintas técnicas constructivas que serán detalladas, justificadas y dimensionadas en la elaboración del proyecto ejecutivo, cuando se cuente con una topografía de mayor detalles.

Se han priorizado las técnicas de Bioingeniería y técnicas blandas de restauración frente a obras de ingeniería civil tradicional.

Se utilizarán técnicas para la protección de la orilla tras los movimientos de tierra realizados en las zonas de entrelazado/trenzado (zona actuación 2 del informe de la UPC) y de bosque inundable (zona actuación 3 del informe de la UPC).



Ejemplo de técnicas de Bioingeniería

Otras técnicas en la zona de entrelazado/trenzado (zona actuación 2 del informe de la UPC) se utilizarán para atrapar sedimentos y conservar el suelo en las inmediaciones de las orillas.

En las zonas con valores de tensión tangencial más altos se utilizarán técnicas más rígidas del tipo entramados dobles o simples con o sin apoyo de hilera de escollera en su base.

Así mismo, donde se determine, será necesario la construcción de pequeñas rampas en el lecho o pequeños deflectores que permitan regular el flujo en caudales bajos.



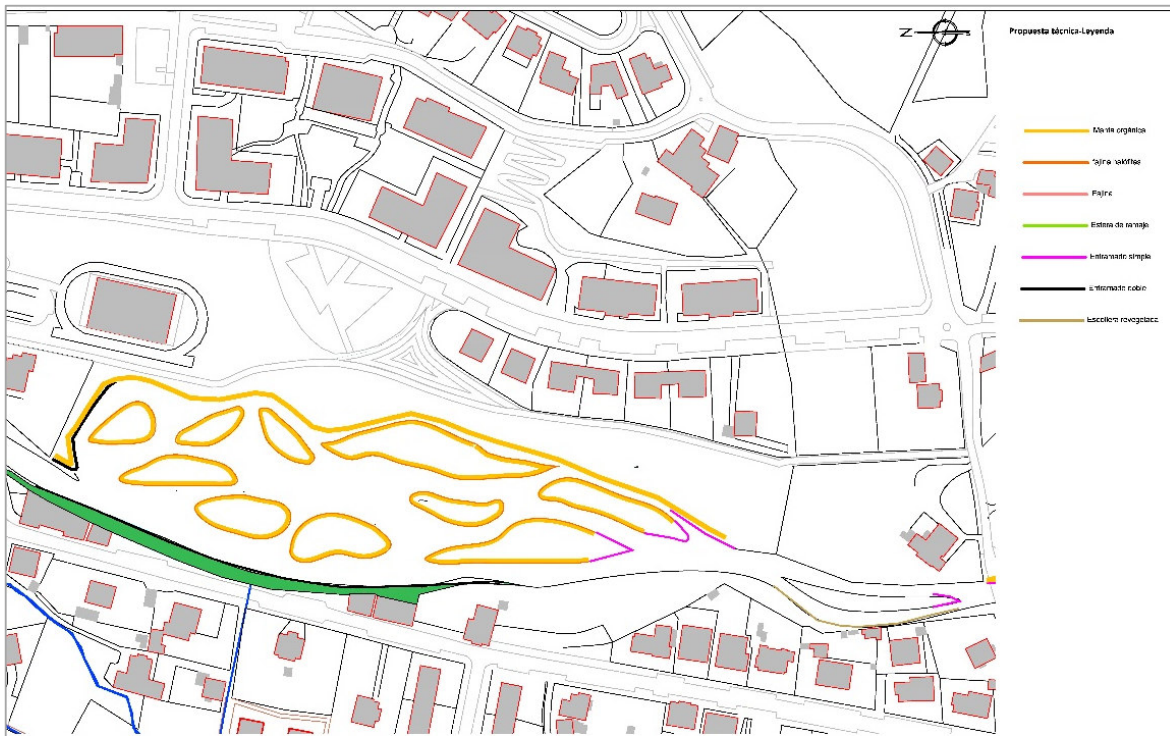
Entramado doble

Tal y como se muestra de forma detallada en el anejo 2 de simulación hidráulica de la propuesta de actuaciones, en las zonas críticas detectadas se han utilizado principalmente técnicas de bioingeniería. En el plano de planta técnica vienen indicadas y localizadas las distintas técnicas empleadas. En particular se han utilizado:

- Entramados simples y dobles para proteger frentes de orilla y apoyar rellenos de tierra.
- Fajinas vivas y fajinas de helófitas para apoyar pie de orillas.
- Protecciones superficiales del tipo malla orgánica y estera de ramaje.
- Escollera revegetada
- Estaquillados

Aparte se incluyen labores de plantación de especies herbáceas, arbustivas y arbóreas que apoyen la formación y desarrollo del bosque de ribera tipo aliseda cantábrica, así como las formaciones tipo ría en la zona de influencia mareal.

Con objeto de poder presupuestar las actuaciones se ha establecido una primera propuesta constructiva, que sin embargo deberán diseñarse en base a las características hidráulicas y a la topografía del detalle.



Propuesta de técnicas de Bioingeniería en la zona de Bakea

8.5 Otros elementos de la propuesta

- **Encaje con el parque circundante:** Se ha planteado una serie de soluciones que tiene que ver con el encuentro urbano y se corresponde con la creación de un parque adaptado a los nuevos usos.



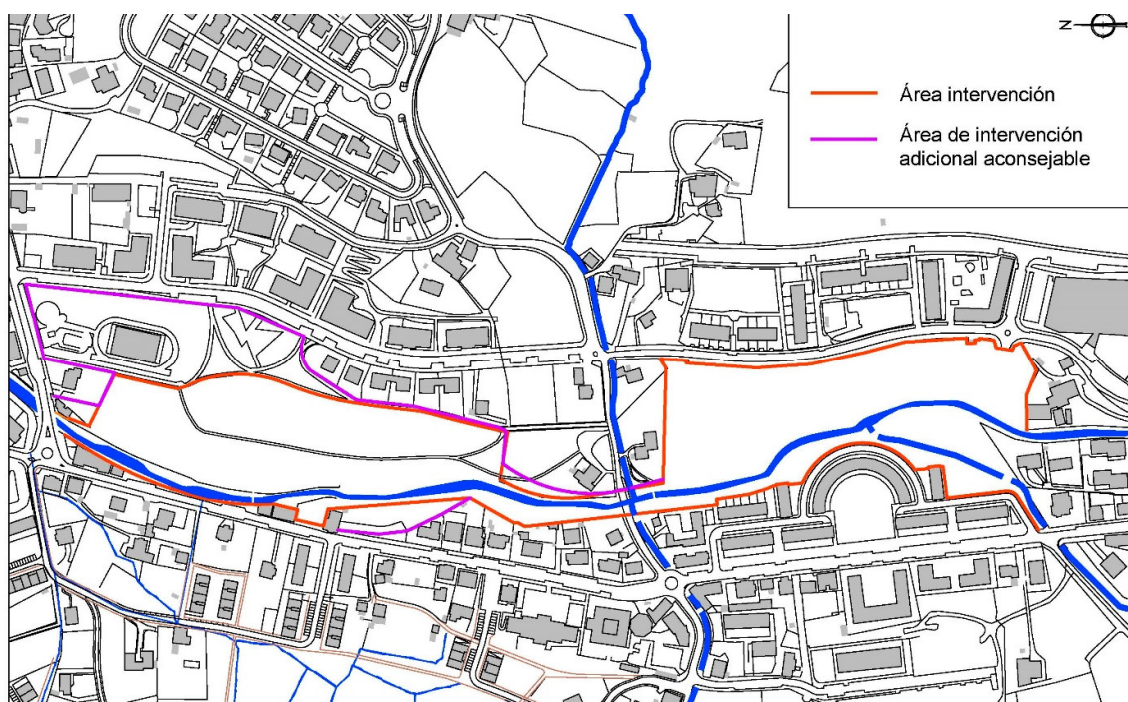
Aspecto previsto

El parque forma parte de la solución de la zona por lo que el proyecto ejecutivo debe realizarse al mismo tiempo que el de la propuesta de modificación del parque al permitir mejorar tanto desde el punto

de vista hidráulico como desde el punto de vista urbano el funcionamiento del área. Incluso sería aconsejable, en el caso de que se ejecutase en dos fases, cada una de las zonas, Bakea o se llevara a cabo con su área de parque adyacente.

Límites de la intervención

A petición del ayuntamiento se una línea de área de intervención inicial (en naranja) que resuelve en gran parte la problemática y otra adicional aconsejable (en lila) que permitiría mejorar el funcionamiento hidráulico, así como cumplir con la normativa: Dentro de esta área se incorpora, la casa de Irubide, cuya eliminación se ha considerado a la hora de realizar los estudios hidráulicos, así como algunas partes de Torrea y otras parcelas privadas.



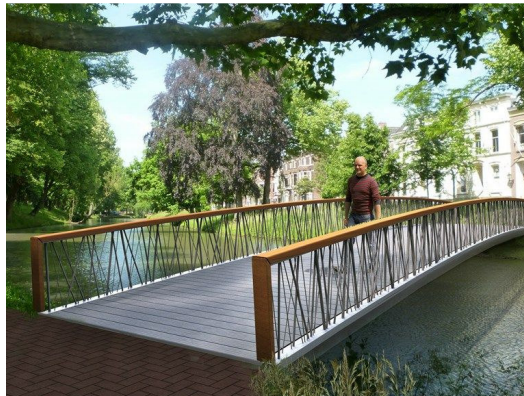
Actualmente el equipo está trabajando en un estudio para la mejora de la inundabilidad en los barrios de Erretería y de Ariztondo. Así mismo hay nuevos proyectos en la zona del estadio y junto a la regata Osinaga que también afectan al funcionamiento fluvial y se está llevando a cabo el plan general de estas zonas, por lo que las áreas de intervención adicionales se deberán definir a la luz de todos estos elementos.

Talleres con la ciudadanía

Durante los meses de marzo y de septiembre se han llevado a cabo diversos talleres con la ciudadanía, con objeto de explicar el proyecto y recoger las propuestas que en relación con este espacio han aportado los vecinos. Se recogen en el anejo 3.

Caminos y accesos: Se han planteado en la planta de propuesta un camino perimetral a la intervención,

así como dos zonas de paso transversal: el primero cercano al acceso existente junto a la pescadería, y en el segundo se crea un paso en el bosque inundable a la altura del actual centro comercial. Estos elementos no entran en el actual presupuesto.



Instalaciones: Se debe modificar el trazado de la instalación eléctrica actual, debiendo trasladar un transformador de línea de media tensión que está en la zona inundable de la marisma interior. Se ha establecido un presupuesto aproximado para su desplazamiento

Movimiento de tierras: Uno de los elementos más importantes es el volumen de tierras a mover que se ha estimado en unos 60.000 m³, los cuales una parte tendrá cabida en la creación del parque. Se ha estimado la reutilización de unos 45.000 m³ en las parcelas limítrofes a zona de intervención.

Plantaciones y lucha contra las plantas invasoras: Con objeto de recuperar la vegetación de ribera y la de marisma, se ha planteado una serie de plantaciones. De todas maneras, la lucha contra las plantas invasoras debe intensificarse aguas arriba a aguas abajo en todo el tramo bajo de la cuenca del Estepona, dado que las obras recientes son zonas muy deseadas y fácilmente colonizables.

Mantenimiento: Un tema a considerar es que estas zonas requieren un periodo de unos años para estabilizarse y generar un funcionamiento adecuado, por lo que se debe considerar que debe haber un mantenimiento intensivo durante los primeros años que garantice el sistema.

9. PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Se ha llevado a cabo un presupuesto orientativo de las actuaciones, para lo cual se ha tenido en cuenta las mediciones en cuanto al movimiento de tierras, técnicas empleadas... empleadas en este anteproyecto.

Este presupuesto en todo caso se debe considerar una estimación o una orden de magnitud, que se concretará una vez realizados los estudios pertinentes durante el proyecto ejecutivo.

RESUMEN DE PRESUPUESTO

| CAPITULO | RESUMEN | EUROS | % |
|-----------------------------------|--|-------------------|-------|
| CAPITULO 1 | TRABAJOS PRELIMINARES Y MOVIMIENTOS DE TIERRA..... | 243.406,48 | 38,89 |
| CAPITULO 2 | PROTECCIONES MARGENES..... | 207.162,17 | 33,10 |
| CAPITULO 3 | PLANTACIONES..... | 38.835,00 | 6,20 |
| CAPITULO 4 | INSTALACIONES AFECTADAS..... | 20.600,96 | 3,29 |
| CAPITULO 5 | CONTROL DE CALIDAD..... | 2.554,30 | 0,41 |
| CAPITULO 6 | GESTION DE RESIDUOS..... | 105.334,38 | 16,83 |
| CAPITULO 7 | SEGURIDAD Y SALUD..... | 8.000,00 | 1,28 |
| TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL | | 625.893,29 | |
| | 13,00% Gastos generales..... | 81.366,13 | |
| | 6,00% Beneficio industrial..... | 37.553,60 | |
| SUMA DE G.G. y B.I. | | 118.919,73 | |
| | 21,00% I.V.A..... | 156.410,73 | |
| TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA | | 901.223,75 | |
| TOTAL PRESUPUESTO GENERAL | | 901.223,75 | |

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de NOVECIENTOS UN MIL DOSCIENTOS VEINTITRES EUROS con SETENTA Y CINCO CÉNTIMOS

Las mediciones y partidas en las que se ha basado este presupuesto orientativo se encuentran más detalladas en el apartado 3 -Presupuesto

10. INFOGRAFÍAS

Se han llevado a cabo infografías de las propuestas, que se corresponden ya con los sistemas maduros y equilibrados, tras unos diez años tras la obra.



Vista aérea



Solozarre a vista de pájaro



Bakea a pie de marisma

11. REFERENCIAS

Brinson M.M. 1993. *A hydrogeomorphic classification for wetlands.* Technical Report WRP-DE-4. US Army Corps of Engineers, Washington, DC.

Smith R.D. Ammann A., Bartoldus C., Brinson M.M. 1995. *An approach for assessing wetland functions using hydrogeomorphic classification, reference wetlands, and functional indices.* Technical Report WRP-DE-9. US Army Corps of Eng. Waterways Exp. St. Vicksburg, M.S. 88pp.

Universitat Politècnica de Catalunya y Universidad del País Vasco. *Estudio Hidráulico y Ambiental del Río Estepona y del Arroyo Ondarre En Bakio.* Febrero 2018.

Sukia, 2014. *Anteproyecto del encauzamiento y recuperación ambiental del río Estepona entre el puente de Santa Catalina y el puente de la calle San Pelaio de Bakio.*

Martín-Vide, J.P. 2006. *Ingeniería de ríos.* Edicions UPC, Barcelona, 331 pp.

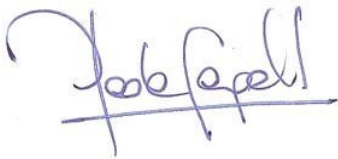
Normativa de aplicación

La normativa básica de aplicación es la siguiente:

Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas, la Ley 2/2013, de 29 de mayo, de protección y uso sostenible del litoral y de modificación de la Ley 22/1988, de Costas y el Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de Costas.

Ley 2/2013, de 29 de mayo, de protección y uso sostenible del litoral y de modificación de la Ley 22/1988, de Costas.

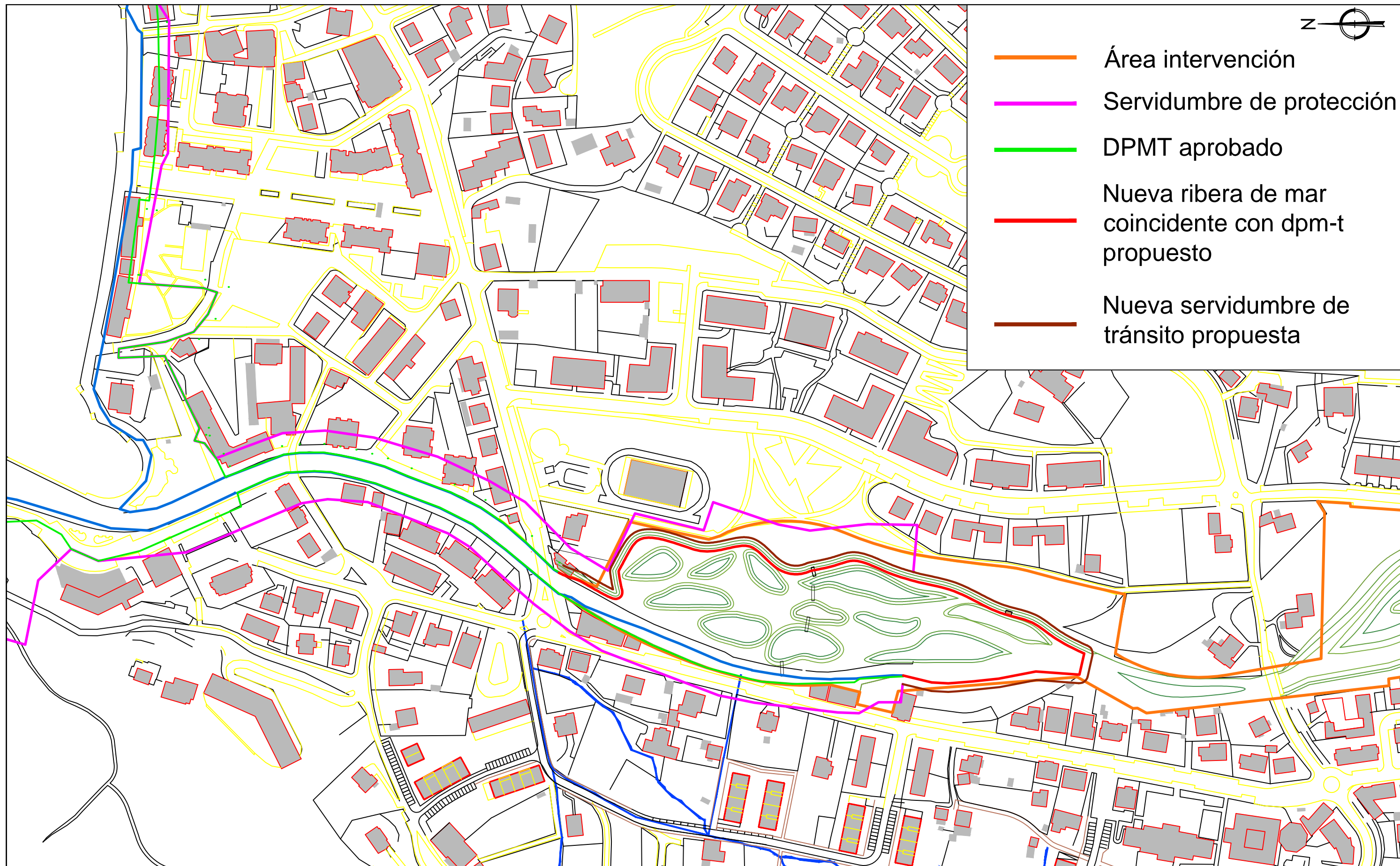
En San Sebastián, Julio 2019



Paola Sangalli



Guillermo Tardío



- Área intervención
- Servidumbre de protección
- DPMT aprobado
- Nueva ribera de mar coincidente con dpm-t propuesto
- Nueva servidumbre de tránsito propuesta

| | | | | | |
|--|---|---|--|---|--|
| <p>Proiektuaren izena / Título del Proyecto</p> <p>Anteproyecto Ejecución de la marisma interior de Bakio. Bizkaia</p> | <p>Proiektuaren egilea / Autor/a del Proyecto</p> <p>Biologoa eta Paisajista Bióloga y Paisajista</p> <p>PAOLA SANGALLI col. 1684</p> | <p>Dr. Ingeniero de Montes</p> <p>GUILLERMO TARDÍO Col. nº 4566</p> | <p>Planoaren izenburua / Título del proyecto</p> <p>PROPUESTA DPMT , Area servidumbre actual y Línea de ribera propuesta</p> | <p>Eskala / Escala</p> <p>A3: 1:2500</p> <p>Data / Fecha</p> <p>2019ko UTZAILA JULIO 2019</p> | <p>Plano zk / Nº Plano</p> <p>3</p> <p>Orria / Hoja</p> <p>6</p> |
|--|---|---|--|---|--|