

estudio de alternativas de la solución de defensa frente a avenidas extraordinarias del río Sámano en el núcleo de Castro Urdiales (Cantabria)

memoria

septiembre 2024



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA
DEL CANTÁBRICO, O.A.

FULCRUM

Índice

1	Introducción y objeto del trabajo	1
2	Información recopilada y análisis de eventos históricos de inundación	2
3	Análisis de la situación actual y su problemática	6
4	Trabajos topográficos	18
4.1	Modelo digital del terreno	18
4.2	Trabajo de campo	19
5	Estudio hidrológico	20
6	Estudio hidráulico de la situación actual	22
6.1	Introducción y síntesis de la metodología	22
6.2	Preproceso	23
6.2.1	Geometría del modelo	23
6.2.2	Malla del modelo	24
6.2.3	Introducción de puentes	25
6.2.4	Condiciones de contorno	26
6.2.5	Condiciones iniciales	25
6.2.6	Asignación de rugosidad	25
6.3	Proceso	26
6.4	Postproceso	26
6.5	Resultados del estudio de la situación actual	26
6.5.1	Subtramo entre la desembocadura y el puente del Paseo Ocharan Mazas	27
6.5.2	Subtramo entre el puente del Paseo Ocharan Mazas y el paso bajo la autopista A-8	28
6.5.3	Subtramo entre el paso bajo la autopista A-8 y el final del ámbito de estudio	29
6.6	Calibración de resultados de la situación actual con trabajos anteriores	29
7	Condicionantes y criterios generales de diseño de las actuaciones	34
7.1	Criterios de ordenación territorial	34
7.2	Criterios hidráulicos	34
7.3	Criterios medioambientales	35
7.4	Criterios económicos	36
8	Iteraciones iniciales. Análisis unidimensional	37
8.1	Iteración N°1: Motas y demolición conservera	38
8.1.1	Descripción de las actuaciones	38
8.1.2	Análisis hidráulico Iteración N°1	38
8.2	Iteración N°2: Motas sin demolición de la conservera	40
8.2.1	Descripción de las actuaciones	40
8.2.2	Análisis hidráulico Iteración N°2	41
8.3	Iteración N°3: Motas y canal de derivación	43
8.3.1	Descripción de las actuaciones	43

8.3.2 Análisis hidráulico Iteración N°3	45
8.4 Iteración N°4: Motas y muros sin demolición de la conservera	49
8.4.1 Descripción de las actuaciones	49
8.4.2 Análisis hidráulico Iteración N°4	50
9 Alternativas analizadas	52
9.1 Descripción de alternativas	52
9.1.1 Alternativa 1: Protección y demolición de conservera	52
9.1.2 Alternativa 2: Protección y canal de derivación sin demolición de conservera	60
9.1.3 Alternativa 3: Protección sin demolición de conservera	68
9.2 Secciones tipo consideradas	76
10 Estudio hidráulico de alternativas	80
10.1 Introducción y síntesis de la metodología	80
10.2 Resultados y análisis de alternativas	80
10.2.1 Subtramo entre la desembocadura y el puente del Paseo Ocharan Mazas	80
10.2.2 Subtramo entre el puente del Paseo Ocharan Mazas y el paso bajo la autopista A-8	83
10.2.3 Subtramo entre el paso bajo la autopista A-8 y el final del ámbito de estudio	88
10.3 Resumen del análisis hidráulico	90
11 Servicios afectados	93
11.1 Subtramo entre la desembocadura y el puente del Paseo Ocharan Mazas	93
11.2 Subtramo entre el puente del Paseo Ocharan Mazas y enlace autopista A-8	94
11.3 Subtramo entre el paso bajo la autopista A-8 y el final del ámbito de estudio	96
12 Valoración multicriterio de alternativas	97
12.1 Objeto	97
12.2 Valoración de criterios	97
12.2.1 Valoración ambiental	97
12.2.2 Valoración técnica y funcional	105
12.2.3 Valoración económica	106
12.3 Análisis multicriterio	111
12.3.1 Introducción	111
12.3.2 Criterios ambientales	112
12.3.3 Criterios técnicos y funcionales	116
12.3.4 Criterios económicos	117
12.3.5 Ponderación de objetivos y resultado final del análisis	118
12.4 Conclusiones y alternativa seleccionada	119
13 Solución seleccionada	120
14 Documentación entregada	121

APÉNDICE N° 1: TOPOGRAFÍA

APÉNDICE N° 2: PLANOS

APÉNDICE N° 3: MODELOS HIDRAULICOS BIDIMENSIONALES

Estudio de alternativas de la solución de defensa frente a avenidas extraordinarias del río Sámano en el núcleo de Castro Urdiales (Cantabria)
X0000363-Estudio de Alternativas-REV-2

ii

1 Introducción y objeto del trabajo

El Río Sámano se localiza en la cuenca de la costa este de Cantabria, donde se encuentran varios ríos de corto recorrido.

El río Sámano, cuya cuenca se halla comprendida por completo dentro del término municipal de Castro Urdiales, abarca una superficie de 35 km², que resulta ser un valor muy pequeño si se compara con la superficie correspondiente a las cuencas de los mayores ríos de Cantabria.

Sus límites oriental y occidental están definidos por la divisoria con la cuenca vertiente del río Mioño y el Mar Cantábrico, y la divisoria con la cuenca del río Agüera, respectivamente. Por el Sur, la cuenca del río Sámano está delimitada por la divisoria con la cuenca del río Agüera, mientras que, al Norte, limita con la divisoria de la cuenca vertiente al Mar Cantábrico, entre la Ría de Oriñón y la propia desembocadura del río Sámano.

De manera global, el Sámano es un curso fluvial alterado, fundamentalmente, por las presiones del régimen hidrológico, la calidad del medio y los encauzamientos.

Por su parte, el núcleo de Castro Urdiales ha sufrido en varias ocasiones las consecuencias de los temporales y el desbordamiento del río Sámano y sus afluentes.

En el ámbito de la Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación, transpuesta al ordenamiento jurídico español mediante Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación, se han elaborado las distintas Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSIs), a través de las distintas Confederaciones Hidrográficas. Para la zona de Castro Urdiales, la Confederación Hidrográfica del Cantábrico ha delimitado las Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSIs) y ha elaborado los Mapas de peligrosidad y riesgo de inundación (MAPRI) de esta zona "ARPSI ES018-CAN-38-1-1-3", estos mapas de peligrosidad y riesgo de inundación 2º ciclo están publicados en la WEB de la Confederación desde julio 2019.

La Confederación Hidrográfica del Cantábrico, O.A., en colaboración con las autoridades de Protección Civil y coordinadamente con la revisión del Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental 2015-2021 (tercer ciclo de planificación hidrológica, 2021-2027) realizó el procedimiento de actuación y revisión de los mapas de peligrosidad y riesgo correspondientes a la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental, en los que se integran los elaborados por la Administración competente en materia de costas para las inundaciones causadas por las aguas costeras y de transición. Este procedimiento fue sometido al preceptivo trámite de consulta pública.

Para dar continuidad a los trabajos mencionados, la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico, solicita la elaboración de un "**Estudio de alternativas de la solución de defensa frente a avenidas extraordinarias del río Sámano en núcleo de Castro Urdiales (Cantabria)**" al objeto de diseñar las obras necesarias para resolver la problemática indicada, asegurándose así una mayor protección frente a avenidas del núcleo urbano de Castro Urdiales, y por lo tanto disminuir el riesgo que presenta la situación actual.

2 Información recopilada y análisis de eventos históricos de inundación

Las fuentes documentales consultadas para la elaboración del presente “**Estudio de alternativas de la solución de defensa frente a avenidas extraordinarias del río Sámano en núcleo de Castro Urdiales (Cantabria)**” proceden de proyectos y estudios previos realizados con anterioridad al presente trabajo y que han permitido efectuar un diagnóstico previo de la problemática existente y orientar los trabajos a desarrollar.

En primer lugar, se han recopilado todos los estudios realizados por la Confederación Hidrográfica del Cantábrico que pueden suministrar información sobre el trabajo, tanto a nivel de estudios precedentes como desde el punto de vista de experiencias previas, soluciones analizadas y modelos trabajados en la zona que puedan haber dado lugar a propuestas concretas. En concreto, se han recopilado los estudios recientes elaborados en el marco de los “SERVICIOS PARA LA ADAPTACIÓN Y DESARROLLO DEL SISTEMA NACIONAL DE CARTOGRAFÍA DE ZONAS INUNDABLES PARA REVISIÓN E INTEGRACIÓN DE LAS ARPSIS MAREALES EN LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL CANTÁBRICO OCCIDENTAL, EN EL ÁMBITO DE LAS COMUNIDADES AUTÓNOMAS DE ASTURIAS, CASTILLA Y LEÓN, PAÍS VASCO Y NAVARRA” CHC, de abril 2016.

A continuación, se mencionan dichos estudios en orden cronológico:

- Estudio y delimitación previa del D.P.H. correspondiente a la 2ª fase del Proyecto LINDE. C.H. Norte. Enero 1996.
- Sobre propuesta razonada de deslinde de terrenos de dominio público hidráulico de tramos de los ríos Aller, Nora, Piles, Peñafrancia y Carrocedo, en los TT.MM de Oviedo, Siero, Aller, Gijón y Llanes (Asturias). Marzo 2002.
- Asistencia técnica para el estudio y delimitación previa del dominio público hidráulico correspondiente a la 2ª fase – 2ª etapa del Proyecto LINDE. Cuenca Hidrográfica del Norte. Diciembre 2002.
- Asistencia técnica para el estudio y delimitación previa del dominio público hidráulico correspondiente a la 2ª fase – 3ª etapa del Proyecto LINDE. Cuenca Hidrográfica del Norte. Septiembre 2006.
- Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI) e identificación de las Áreas con Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSIs). C.H.C., Diciembre de 2011.
- Estudio de zonas inundables y delimitación del dominio público hidráulico de los ríos de la cuenca Norte en el ámbito de la comunidad autónoma de Cantabria. C.H.C., 2012.

Además de los estudios anteriores, se ha solicitado a la Comisaría de Aguas los datos históricos obrantes sobre los eventos de inundación y registros hidroluviométricos, se han mantenido reuniones en el Ayuntamiento, y se ha procedido a recopilar documentación existente referente a noticias relacionadas con los eventos históricos de inundación producidos en el ámbito del presente trabajo. A continuación, se incluyen varios recortes de prensa relacionados:

15.12.2005. El Gobierno cántabro desviará a un río el agua de lluvia para evitar inundaciones en Sámano. El Gobierno de Cantabria ha puesto en marcha un plan de actuación, que estará listo “en febrero o marzo”, para evitar inundaciones en el barrio de Montealegre, ubicado en la pedanía castreña de Sámano. El enclave se ha anegado cinco veces en los últimos dos meses debido a la falta de infraestructuras en esta población, que en pocos años ha pasado de tener 50 vecinos a contar con más de 200.

11.09.2008. Varios vecinos del barrio de Laiseca, en Sámano, se quejan de las inundaciones. “Cuando llueve mucho, el polígono de Vallegón no tiene ninguna arqueta ni nada que recoja las aguas. Baja todo por la carretera y se mete en nuestros garajes con una fuerza tremenda”. Con estas palabras y con cara de preocupación se mostraba hace un par de días, Ita Lledo, una vecina del barrio de Laiseca (en Sámano) que lleva siete años (desde 2001) padeciendo continuas inundaciones en su garaje, cada vez que llueve.

27.01.2009. Calles en Castro Urdiales (Cantabria) anegadas por las aguas después de que una tromba de agua caída en esta localidad y en Sámano, provocase el desbordamiento del río Brazomar y causase desperfectos en viviendas y vehículos.



Fotografía nº 1 Río Sámano desbordado en la localidad de Castro Urdiales. 27.01.2009

17.01.2011. La junta vecinal ha invertido 120.000 euros en “parches” para frenar las crecidas periódicas del río La pedanía castreña de Sámano se siente “abandonada” y reclama la intervención urgente de las instituciones.

11.02.2013. Las intensas lluvias provocan 38 intervenciones de emergencias, incluido el desbordamiento del río en varios puntos.



Fotografía nº 2 Río Sámano desbordado en la localidad de Castro Urdiales. 11.02.2013

Estudio de alternativas de la solución de defensa frente a avenidas extraordinarias del río Sámano en el núcleo de Castro Urdiales (Cantabria)
X000363-Estudio de Alternativas-REV-2

08.11.2019. Importantes inundaciones en Castro Urdiales por las fuertes lluvias. Las fuertes lluvias registradas a primera hora de la tarde en Castro Urdiales han dejado importantes inundaciones en la localidad. Los puntos más afectados han sido dos de los más habituales en este tipo de situaciones: las inmediaciones de la gasolinera de Brazomar (N-634) donde los bomberos han tenido que rescatar varios vehículos, y la trasera del polideportivo municipal Peru Zaballa donde varios vehículos quedaban también atrapados.



Fotografía nº 3 Río Sámano desbordado en la localidad de Castro Urdiales. 08.11.2019

06.02.2021. La intensa lluvia provoca el desbordamiento del río Brazomar e inundaciones en Castro Urdiales. Las zonas afectadas han sido el aparcamiento de Eroski, el instituto José Zapatero, el polígono de La Tejera y varias pedanías.



Fotografía nº 4 Río Sámano desbordado en la localidad de Castro Urdiales a la altura del Eroski (foto derecha) y a la altura del instituto José Zapatero (foto izquierda). 06.02.2021

16.01.2023. El río se desborda en Castro Urdiales inundando varias zonas de la localidad. Las persistentes lluvias de las últimas horas en Castro Urdiales desbordaban esta tarde el río Brazomar, creando balsas de agua en varios puntos habituales como el parking del Eroski o el polígono de La Tejera. También hubo que cortar el tráfico en otro punto habitual, junto a la gasolinera BP de Brazomar.



Fotografía nº 5 Río Sámano desbordado en la localidad de Castro Urdiales. 16.01.2023

3 Análisis de la situación actual y su problemática

Tal y como refleja el gran número de eventos de inundación producidos en los últimos años y la cartografía de zonas inundables existente en el propio visor de la Confederación Hidrográfica del Cantábrico, se trata de una zona muy inundable, afectada severamente incluso por avenidas de periodo de retorno de alta recurrencia (10 años de periodo de retorno).



Figura nº1. Inundabilidad en el ámbito de estudio (T10-T100-T500). Fuente: Visor CHC

Además, tal y como se puede comprobar en la siguiente imagen, los calados que produciría en la zona urbana la avenida correspondiente a 10 años de periodo de retorno supera ampliamente el metro y medio de altura en varios puntos, sobre todo en los alrededores del IES Jose Zapatero y la parcela de la antigua fábrica de productos químicos ASK Chemicals, con el riesgo que esto conlleva.



Figura nº 1 Calado correspondiente a la avenida de 10 años de periodo de retorno Castro Urdiales. Fuente: Visor CHC

No hay que perder de vista el hecho de que el río Sámano a su paso por Castro Urdiales se encuentra afectado por la marea y, por tanto, la capacidad de desagüe del mismo durante un episodio de

avenida se ve influenciado en cada momento tanto por el caudal circulante como por la cota de la marea, lo que agrava o alivia la potencial inundación.



Figura nº 2 Dominio Público Marítimo Terrestre y superficies de inundación marina (amarillo) y fluvial (rojo) en Castro Urdiales. Fuente: Visor CHC

Si se hace un recorrido del ámbito de actuación comenzando desde aguas abajo, se puede observar que el río Sámano desemboca por el sector más al este de la playa de Brazomar una vez atravesado el puente de la avenida la Playa, en el que se presentan zonas de acumulación de sedimentos. Se trata de un puente de vigas de hormigón con una longitud total de tablero de 23,97 m, un ancho de 11,43 m y un canto de 1,5 m. Cuenta con tres vanos, con luces 7,60 m, 7,20 m y 7,57 m, medidos respectivamente de margen izquierda a margen derecha. El puente cuenta con dos pilares cimentados en el cauce del río de sección rectangular de 11,43 m x 0,80 m.



Fotografía nº 6 Desembocadura del río Sámano a la altura de la playa de Brazomar

Los siguientes 150 metros aproximadamente mantienen una sección regular, con bordes de roca natural fracturada y vegetación en la coronación de los mismos. En varios puntos de la margen izquierda, las diferentes avenidas y mareas han erosionado el borde, quedando muy cerca del carril bici existente. En este tramo también existen postes de electricidad en la misma cabeza del talud, que pueden verse afectados en caso de no realizar ninguna actuación sobre ellos.



Fotografía nº 7 Vista del río Sámano hacia aguas arriba desde el puente de la Playa Brazomar. Detalle de la erosión del talud y ubicación del poste

A continuación, se produce un cambio en la sección a lo largo de unos 120 metros. Se trata de la zona junto al colegio de educación infantil y primaria Riomar, en el que existen escolleras en la base del cauce que generan un canal de aguas bajas. También se aprecia la existencia de antiguos muros y revestimientos del encauzamiento que los diferentes episodios de lluvias en conjunto con las mareas han deteriorado o eliminado en su totalidad. En la margen derecha se encuentra un desagüe de aguas pluviales sin clapeta o válvula antirretorno, por lo que en periodos de crecidas puede ocasionar que las aguas entren a la red de pluviales y salgan por los imbornales o arquetas de las calles incrementando la inundabilidad del sector.



Fotografía nº 8 Vista del río Sámano hacia aguas abajo y arriba respectivamente. Sector aledaño al CEIP Riomar

Desde este punto hasta el segundo puente, concretamente la pasarela peatonal del paseo Acebal Idígoras, se localizan diferentes acarreos acumulados en el lecho del cauce, los cuales disminuyen la capacidad de desagüe del río. La margen derecha tiene un muro de escollera de altura variable, cuya zapata de apoyo queda visible.

Además, dicha pasarela peatonal representa un obstáculo transversal sobre el río Sámano ya que el estribo izquierdo reduce la sección hidráulica del cauce varios metros, tal y como se puede apreciar en la siguiente imagen, donde la curva del cauce junto con el estribo hace que se dé una importante acumulación de sedimentos. Será importante analizar este punto en el estudio hidráulico dada su gran influencia en la inundabilidad de aguas arriba.



Fotografía nº 9 Vista del río Sámano hacia aguas abajo y arriba respectivamente. Pasarela Acebal Idígoras

La pasarela cuenta, además, con servicios colgados del tablero en ambos lados. El tablero de la pasarela es de hormigón con una longitud de 15,88 m, una anchura de 2,41 m y un canto de 0,40 m. Cuenta con dos vanos, con luces 8,40 m y 7,28 m, medidos respectivamente de margen izquierda a margen derecha. El puente cuenta con un apoyo prácticamente en el centro constituido por unos perfiles metálicos de 0,20 m de espesor.



Fotografía nº 10 Acumulación de sedimentos aguas arriba desde la pasarela Acebal Idígoras

A escasos 100 metros se desarrolla el meandro en una curva de 90° donde un nuevo puente, el del Paseo Ocharan Mazas, genera un obstáculo al discurrir de las aguas. En la parte externa de la curva, se divisan varios desagües en el talud natural, tanto de tuberías de PVC como de obras de hormigón. En la cara interna esta vez existe un muro de escollera que permite delimitar el parque y sector verde de Chinchapapa.



Fotografía nº 11 Meandro del río Sámano y desagües presentes en los taludes frente al parque Chinchapapa

Dicho puente vehicular presenta una obstrucción tanto horizontal como vertical, dado que sus estribos de hormigón y piedra están emplazados dentro del cauce. Disponen de algunas galerías en ellos, si bien se encuentran aterradas parcialmente en la actualidad. Se suma a ello el canto de la vigas que soportan el tablero del puente, que reducen el gálibo y la sección hidráulica útil.

Se trata de un puente de vigas con una longitud total de tablero de 12,35 m, un ancho de 8,00 m y un canto de 2,00 m. El puente cuenta con un único vano.

Su correcta modelización ha sido clave para conocer el efecto real que provoca en la inundabilidad del sector.



Fotografía nº 12 Puente vehicular del Paseo Ocharan Mazas. Detalle de estribos y servicios existentes

Aguas arriba del puente se localiza uno de los sectores donde frecuentemente se producen los desbordamientos. Se trata de la explanada que antiguamente ocupaban las instalaciones de ASK Chemicals (Referencia Catastral 2821001VP8022S0001QX). En este punto los acarreos y vegetación son notorios, reduciendo la capacidad de desagüe.



Fotografía nº 13 Vista hacia aguas arriba del río Sámano desde el puente Ocharan Mazas. Explanada de la antigua fábrica ASK Chemicals. Fotos de agosto y enero de 2023 respectivamente

Los siguientes 200 metros del cauce, hasta el puente de la carretera N-634 en el paseo Menéndez Pelayo, a la altura de la conservera Lolín (Referencia Catastral 2621401VP8022S0001PX), se encuentran llenos de vegetación en ambos costados, dificultando el paso de las avenidas. Esta diferencia de vegetación se traduce así mismo en una diferencia en los coeficientes de rugosidad lo cual favorece la inundabilidad aguas arriba. Este aspecto se ha comprobado y ajustado convenientemente en la modelización hidráulica.



Fotografía nº 14 Vista hacia aguas abajo y arriba del río Sámano desde la margen contraria a la antigua fábrica ASK Chemicals

En cuanto al puente de la carretera N-634 en el paseo Menéndez Pelayo, está formado por un único arco con estribos que se sitúan dentro del cauce. Al igual que con los anteriores puentes y pasarelas descritos, ha sido importante la correcta modelización y análisis de estos, con el fin de conocer con exactitud la influencia de los mismos en la inundabilidad del tramo. Además, presenta numerosos servicios adosados o colgados de los diferentes elementos que conforman el puente, aspecto a tener en cuenta de cara a la valoración de los servicios afectados por las obras.

Este puente es de tipología arco con una losa superior, cuenta con un tablero de longitud 11,10 m y anchura 9,97 m. El canto tiene un espesor variable entre 3,50 m en la zona de los estribos y 1,30 m en la zona de la clave del arco.



Fotografía nº 15 Vista hacia aguas abajo y arriba del río Sámano desde el puente del paseo Menéndez Pelayo

El tramo del río Sámano que limita la parcela de la fábrica de Conservas Lolín por el norte es de unos 120 metros y está altamente antropizado. La propia fachada de la fábrica hace las veces de muro de canal. En la margen contraria la calle ha sido ampliada hacia el propio cauce, para generar una pequeña zona de descanso con bancos. La frondosa vegetación, los acarreos de ambos márgenes y la escasa diferencia de cota entre el fondo del cauce y la calle, hacen de esta zona un punto habitual de desbordamientos.



Fotografía nº 16 Vista hacia aguas arriba del río Sámano desde el puente de la carretera N-634. Fachada exterior Conservas Lolín. Fotos de agosto y febrero de 2021 respectivamente

Desde el puente de la calle Leonardo Rucabado, que da acceso tanto al colegio Jose Zapatero como al polígono La Tejera, se puede observar lo somero que se encuentra el lecho del cauce con respecto a la calles aledañas. El tablero también tiene servicios colgados, por lo que ante grandes crecidas estos pueden llegar a verse afectados. Aguas arriba del puente se encuentra un afluente proveniente de alguna subcuenca del casco urbano, sobre la cual existe una pequeña pasarela de madera.

El puente de la calle Leonardo Rucabado es de tipología de vigas con una longitud total de tablero de 13,49 m, un ancho de 12,05 m y un canto de 0,80 m. El puente cuenta con un único vano.



Fotografía nº 17 Vista hacia aguas abajo y arriba del río Sámano desde el puente de la calle Leonardo Rucabado. Entrada al polígono La Tejera y IES Jose Zapatero

Esta zona es de gran vulnerabilidad, dado que el colegio es un punto de concentración de personas y un servicio básico de la sociedad, por lo que se debe poner especial énfasis en solucionar la inundabilidad del sector dada la problemática social y económica que representa.



Fotografía nº 18 Vista hacia aguas arriba del río Sámano desde el puente de la calle Leonardo Rucabado. Entrada al polígono La Tejera y IES Jose Zapatero, inundaciones Febrero 2021

Avanzando aguas arriba por la margen izquierda y colindante con el IES Jose Zapatero, se encuentra un bombeo de aguas residuales, el cual se encuentra dentro de la zona de inundación. Unos metros más arriba nos encontramos con el primer azud. Completamente colmatado y con sus elementos como compuerta y toma fuera de servicio. La eliminación de estas estructuras para la recuperación y restauración de las pendientes naturales del cauce son de gran ayuda para favorecer la capacidad de desagüe del río. Sin embargo, requieren de un análisis exhaustivo tanto de la ejecución de la demolición como del efecto y gestión hidráulica de los acarrees acumulados tras el azud.



Fotografía nº 19 Bombeo de aguas residuales junto a IES Jose Zapatero y vista del azud a la altura del polígono La Tejera

En la margen contraria al polígono La Tejera, en este mismo punto se encuentra el centro comercial. Ambas son las zonas más expuestas a las inundaciones.



Fotografía nº 20 Vista del estacionamiento del centro comercial y lecho del río Sámano

Continuando el recorrido se encuentra la confluencia con un arroyo proveniente de la zona sureste y a escasos metros el comienzo de la obra de drenaje transversal que permite el cruce con la autovía del Cantábrico (A-8) y el acceso a la misma. Se trata de un canal en hormigón armado de unos 135 metros de largo y una anchura promedio de 12,30 m sobre el cual discurren 4 pasos vehiculares (3 para la autovía y 1 de acceso al barrio Pando). Cuenta con un canal de aguas bajas y servicios en ambos costados.



Fotografía nº 21 Vista aguas abajo y arriba de la ODT de la autovía del Cantábrico para el paso del río Sámano

Ha sido necesario modelizar la citada obra en el modelo hidráulico de forma que muestre de manera correcta el cambio de secciones, rugosidades y pendientes con respecto a las zonas anteriores y posteriores a ella. No obstante, esta obra no parece ser un obstáculo al río, viniendo este desbordado desde aguas arriba.

Tras este último paso y una vez recuperada la sección natural, existe un desagüe de otra pequeña cuenca desde el sector donde se ubican los bomberos del Parque de Castro Urdiales.



Fotografía nº 22 Desagüe canalizado hacia el río Sámano, frente a la estación de Bomberos de Castro Urdiales

En este punto, se han recorrido aproximadamente 1,5 km de cauce desde su desembocadura, coincidiendo con el casco urbano de Castro Urdiales. Aguas arriba de este punto comienza el valle de Sámano el cual da nombre al río en estudio. En los próximos 690 metros hacia aguas arriba el cauce mantiene una estructura natural, con meandros y vegetación de ribera, sin grandes alteraciones antropogénicas



Fotografía nº 23 Vista del río Sámano hacia aguas arriba, 1860 m desde la desembocadura

El final del ámbito de estudio por aguas arriba se sitúa unos metros aguas abajo del puente que da acceso a unas viviendas situadas en la margen izquierda y aguas abajo del azud que utiliza la captación del bombeo de Brazomar.



Figura nº 3 Final del ámbito de estudio por aguas arriba del río Sámano

Por tanto, el ámbito de estudio donde se plantearán las diferentes alternativas queda limitado a los últimos 2,2 kilómetros aproximadamente de cauce del río Sámano.

4 Trabajos topográficos

La información de partida más representativa para la construcción de un modelo de simulación hidráulica 2D es la cartografía base del terreno ya que los modelos bidimensionales son muy sensibles a la cartografía empleada y es necesario disponer de información cartográfica con suficiente precisión para obtener unos buenos resultados.

En este sentido, para el desarrollo de los trabajos se ha realizado una aerofotogrametría mediante drones de ortoimágenes georreferenciadas y nube de puntos para la obtención de un Modelo Digital del Terreno en 3D, y topografía clásica, que permite, tras su integración, aumentar y mejorar la precisión de los MDTs.

El sistema de referencia utilizado se corresponde con el sistema unificado europeo que se está implantando en la totalidad de países miembros de la Unión (ETRS89-European Terrestrial Reference System 1989).

4.1 Modelo digital del terreno

Para el desarrollo de los trabajos se ha realizado una aerofotogrametría mediante drones de ortoimágenes georreferenciadas y nube de puntos cuya información, una vez tratada y depurada, permite obtener Modelos Digitales de Superficie y terreno en 3D. Además, se ha realizado la restitución de cartografía terrestre a escala 1/500. Ello permite generar en formato tipo ráster con una resolución geométrica de 0,5 m, lo que se considera una precisión suficiente para el alcance de los trabajos.

Con la citada intervención, se consigue un MDT que se presenta en formato ASCII (cada punto tiene definidas sus coordenadas X,Y,Z) con precisión de 0,5x0,5 m que se encuentra georreferenciado en coordenadas de acuerdo al sistema de referencia ETRS89 y proyección UTM (huso 30) y alturas elipsoidales.

En la siguiente figura se puede apreciar una vista general del modelo de terreno empleado en 3D para la construcción del modelo hidráulico. En concreto el inicio del núcleo poblacional de Castro-Urdiales.

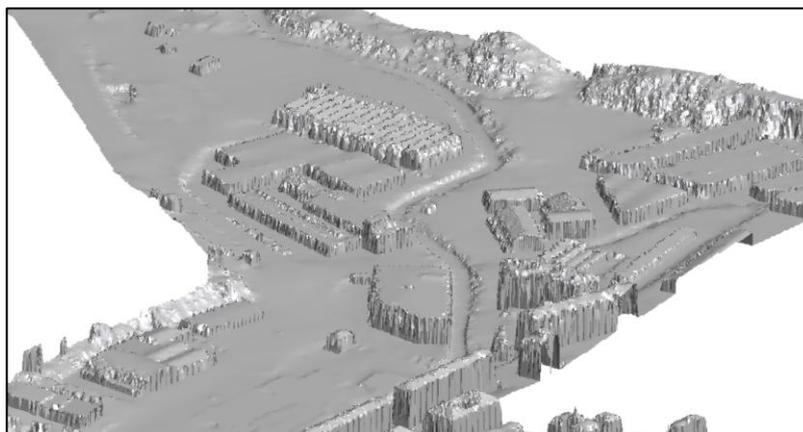


Figura nº 4 Vista general en 3D del inicio del núcleo poblacional de Castro-Urdiales

Estudio de alternativas de la solución de defensa frente a avenidas extraordinarias del río Sámano en el núcleo de Castro Urdiales (Cantabria)
X0000363-Estudio de Alternativas-REV-2

4.2 Trabajo de campo

Además de la cartografía procedente de la aerofotogrametría, para la obtención de los MDTs que se han empleado en la modelación hidráulica, se han agregado informaciones obtenidas mediante topografía clásica en los trabajos de campo. Dichos trabajos de campo permiten ampliar la información sobre zonas problemáticas que con otros métodos no es posible obtener, así como verificar las estructuras (puentes y/o obras de fábrica) existentes en el ámbito de la modelación.

Todos los datos tomados en los trabajos de campo han sido tratados e integrados en la información cartográfica base, lo que permite mejorar y ampliar su nivel de detalle. Por otro lado, la información recopilada de los puentes se ha verificado y validado con la obtenida de los estudios previos. En los antecedentes revisados, concretamente en el estudio de "Adaptación del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables para revisión e integración de las ARPSIS Mareales en la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental" elaborado por EPTISA para CHC, existen croquis acotados donde se reflejan con detalle las geometrías de estos. En los trabajos de campo se ha realizado un levantamiento topográfico para dar validez y verificar las cotas dado que se indican únicamente en alturas ortométricas. De esta manera, se han podido incluir en el modelo hidráulico acorde a las alturas elipsoidales de este y analizar su influencia hidráulica con la precisión necesaria.

Dentro de los trabajos de topografía clásica, se han levantado los accesos de distintos garajes y portales de viviendas, así como los cierres perimetrales de algunos edificios a las alturas en las que estos dejan de ser impermeables. Esta información, una vez incorporada a la cartografía, resulta de especial interés para valorar el nivel de afección de los sectores inundados en la situación actual y plantear soluciones para la defensa de los mismos.

Para mayor detalle de los trabajos realizados se puede consultar el Apéndice nº1 Topografía.

5 Estudio hidrológico

Tal y como se recoge en los estudios previos de la zona, el método principal de obtención de caudales máximos para la posterior modelación hidráulica ha sido el Ábaco (gráfico G.N.1. "Caudales específicos de avenidas en función de la cuenca afluyente y del periodo de retorno T", incluido en el Plan Hidrológico Norte II, aprobado por Real Decreto 1664/1998). Esto se realiza de acuerdo a lo establecido en el Anejo 9 "Criterios técnicos para la elaboración de estudios hidráulicos", apartado 5.3 "Caudales de cálculo", del R.D. 399/2013, de 7 de junio, por el que se aprueba el Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental. Este método se emplea en sustitución del estudio de transferencia de lluvia-caudal.

En el mencionado estudio de "Adaptación del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables para revisión e integración de las ARPSIS Mareales en la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental", los caudales máximos recogidos son los asociados a los períodos de retorno de T = 10, 50, 100 y 500 años, así como al caudal correspondiente a la máxima crecida ordinaria (mco).

Cabe indicar que el Ábaco no permite obtener el caudal correspondiente a la máxima crecida ordinaria, de modo que este caudal se ha deducido por la relación existente entre los caudales que proporciona la aplicación CauMax para T10 y Tmco en cada punto. Posteriormente, se aplica al T10 obtenido según el gráfico G.N.1.

Se resume la información de la cuenca, a modo de recordatorio, en la siguiente tabla:

Cauce			
Demarcación:	D.H. Cantábrico Occidental		
Cuenca	Agüera		
Cauce principal:	Arroyo de Sámano, arroyo Tabernillas, río Suma		
Coordenadas de inicio y fin de tramo del tramo de estudio hidrológico (UTM):	Inicio (X,Y):	481.323	4.798.291
	Fin (X,Y):	483.085	4.802.403
Superficie cuenca tramo (km ²)	37		
Municipio:	Castro-Urdiales		
Provincia y Comunidad Autónoma:	Cantabria		

Tabla nº1. Información de la cuenca de estudio.

A continuación, se recogen los caudales adoptados en cada una de las entradas contempladas en el modelo. Además, se muestran las confluencias, que sirven como puntos de control para cada uno de los periodos de retorno simulados.

CAUDALES UTILIZADOS (m ³ /s)					
Cauce	T ₅₀₀	T ₁₀₀	T ₅₀	T ₁₀	T _{MCO}
1. Arroyo de Tabernillas, inicio de tramo	42	29	23	15	8
2. Arroyo sin nombre	13	8	7	6	3
3. Arroyo sin nombre	14	9	7	6	3
4. Arroyo de Tabernillas	69	46	37	27	14
5. Arroyo de Cabañaperaza	34	24	19	13	7
6. Arroyo de Gamonal	27	19	15	10	5
7. Arroyo de Sámano	56	37	30	21	11
8. Arroyo Sámano AC con Tabernillas	117	80	64	44	23
9. Arroyo de Sámano CD con Tabernillas	153	98	79	62	32
10. Río Suma	33	23	18	12	6
11. Arroyo de Sámano CD con Suma	171	112	90	69	36
12. Arroyo de Brazomar	54	37	30	20	10
13. Arroyo de Sámano, DC A. Brazomar	187	123	102	78	40
14. Arroyo de Sámano. Final de Tramo	200	137	115	86	44

Tabla nº2. Caudales máximos en los puntos de control de las ARPSIS ES018-CAN-1-1, ARPSIS ES018-CAN-1-2 y ARPSIS ES018-CAN-1-3.

En la siguiente imagen se muestra la ubicación de los puntos de entrada y control indicados:



Figura nº 5 Puntos de entrada y control en la cuenca en estudio

Estudio de alternativas de la solución de defensa frente a avenidas extraordinarias del río Sámano en el núcleo de Castro Urdiales (Cantabria)
X0000363-Estudio de Alternativas-REV-2

6 Estudio hidráulico de la situación actual

6.1 Introducción y síntesis de la metodología

Para poder realizar una propuesta adecuada de alternativas para solucionar los problemas de inundaciones en cualquier ámbito se debe en primer lugar establecer un nivel de seguridad objetivo y en segundo lugar conocer perfectamente la problemática que origina dichas inundaciones.

Para fijar el nivel de seguridad objetivo para el análisis hidráulico de las alternativas planteadas, dado que no ha sido posible el proyectar actuaciones estructurales de defensa que sean viables para una avenida de un periodo de retorno de 500 años, tal y como se explica más adelante, se ha decidido establecer, conforme a lo estipulado en el Artículo 46 del Real Decreto 35/2023 de revisión del PH del Cantábrico Oriental, que se ha tomado de forma supletoria por no existir el citado artículo en la normativa del PH del Cantábrico Occidental, un escenario de **T100 o probabilidad media de inundación**, para que el núcleo urbano quede fuera de la zona inundable para un periodo de retorno de al menos 100 años.

A continuación, se describe de manera genérica la síntesis de la metodología y los pasos que se han seguido para la modelización bidimensional del ámbito del proyecto.

El modelo bidimensional IBER se encuentra dividido en tres partes fundamentales:

- **Preproceso:** en el preproceso, que es la parte fundamental desde el punto de vista del trabajo del usuario, se define la geometría, se introducen las condiciones del problema, se lleva a cabo el mallado de la superficie, etc.

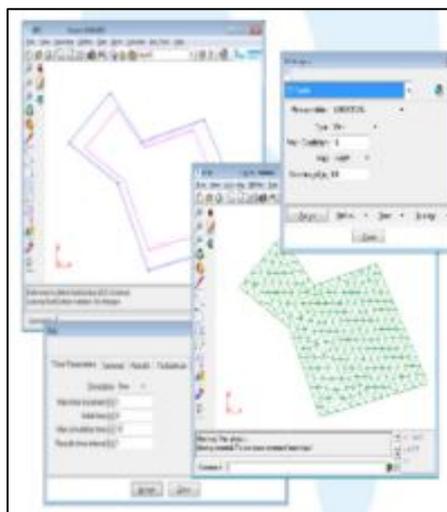


Figura nº 6: Diferentes ventanas del preproceso en IBER

- **Proceso:** que es la parte en la que se realiza el cálculo propiamente dicho.

- **Postproceso:** en el que se lleva a cabo la visualización de los resultados.

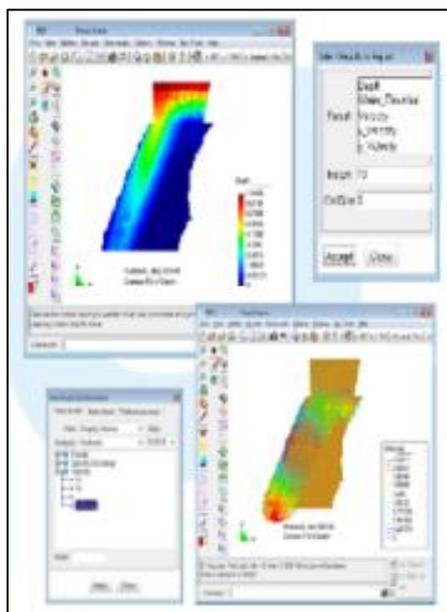


Figura nº 7 Diferentes ventanas del postproceso en IBER

6.2 Preproceso

6.2.1 Geometría del modelo

Dentro del preproceso, la parte fundamental es sin duda la creación de la geometría del modelo, ya que cuanto más precisa sea su elaboración, más afinados serán los resultados que se obtengan.

La geometría es la representación idealizada del problema que se va a estudiar. Se trata de crear un modelo geométrico del problema a partir de puntos, líneas y superficies, que en IBER se encuentran jerarquizadas, de manera que una superficie es una entidad superior a una línea, que, a su vez, es una entidad superior a un punto.

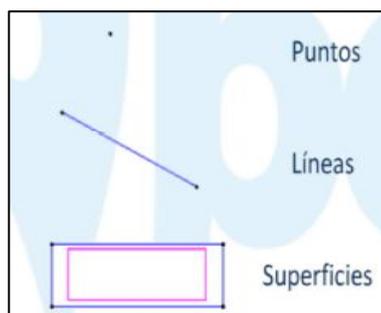


Figura nº 8 Elementos geométricos en IBER

Dentro de IBER existen diferentes menús para la creación, edición y gestión de puntos, líneas y superficies y tratamiento de Modelos Digitales del Terreno.

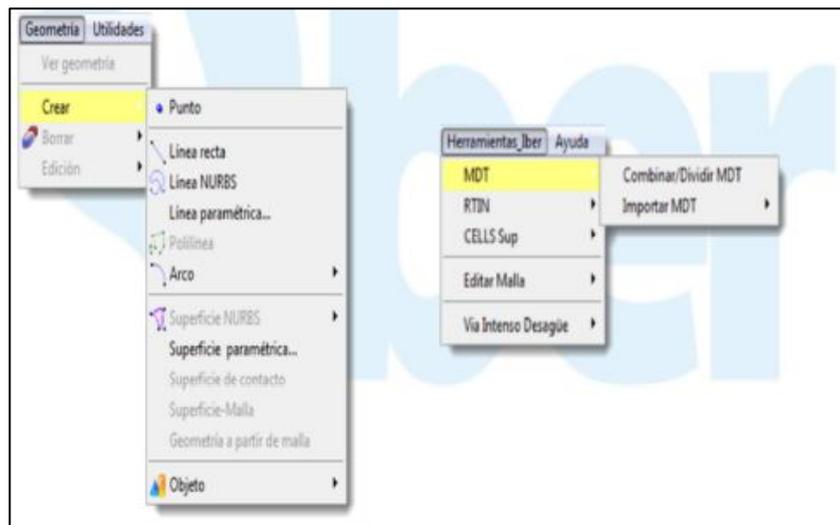


Figura nº 9 Comandos asociados a la creación de geometrías en IBER

En el caso concreto del presente proyecto, se ha utilizado el MDT de la zona obtenido y descrito en el capítulo anterior.

Para la recreación de la situación actual del tramo objeto de estudio, al modelo digital del terreno se le han eliminado los puentes. Esta acción se ejecuta mediante la interpolación de los perfiles transversales existentes tanto aguas arriba como aguas abajo de las obras de fábrica. Con ello se logra una continuidad en el flujo de agua de las secciones en las que se encuentran incluidos los puentes y sus estribos.

En este punto, se han asignado los coeficientes de rugosidad del terreno, el hidrograma de caudales al inicio del tramo de estudio y la condición de contorno aguas abajo. Así mismo, se ha supuesto que el calado inicial es cero, es decir, cuando comienza el episodio de avenida no hay ninguna zona previamente inundada.

6.2.2 Malla del modelo

La malla es la discretización del modelo, que se genera a partir de la geometría, dividiendo el dominio en una serie de elementos, triangulares o cuadriláteros.

Todas las condiciones que anteriormente se han asignado a la geometría (condiciones de contorno, condiciones iniciales, rugosidad, etc.) se importan automáticamente a la malla en el momento de creación de la misma si bien, también pueden asignarse las condiciones directamente sobre ella.

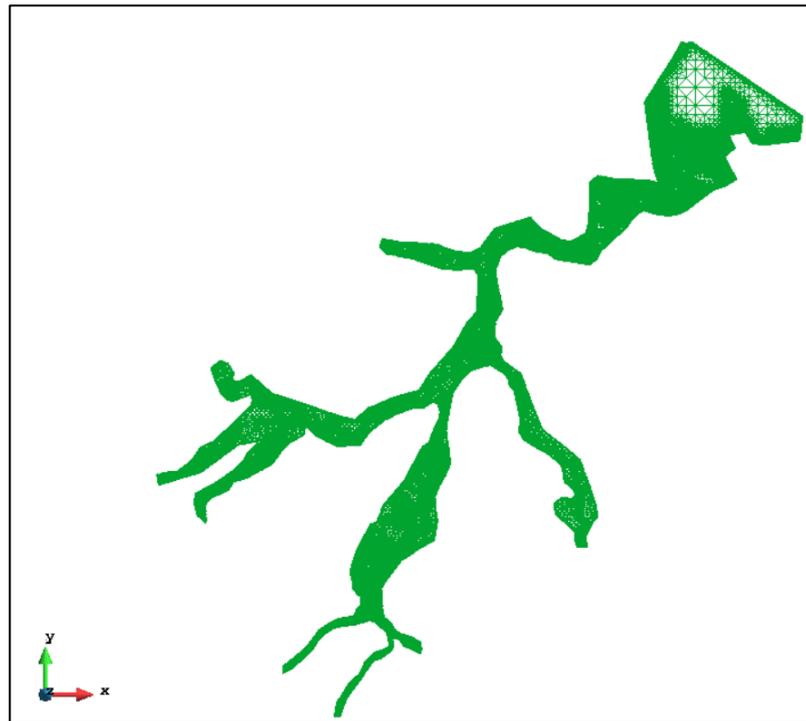


Figura nº 10 Malla del modelo

En cuanto a las características del mallado, está formado por elementos triángulo-rectangulares (RTIN) con un lado máximo de 500 metros y un mínimo de 1 metro. La tolerancia establecida es de 0,3, correspondiente a la máxima diferencia que debe haber entre la geometría y el modelo digital de elevación.

6.2.3 Introducción de puentes

Para la introducción de los puentes existentes, se utilizan los datos topográficos levantados. Para ello, se utilizan las herramientas que Iber dispone a este fin. Los puentes se modelizan como condiciones internas y se deben definir siempre en la sección de aguas arriba del puente.

El programa determina automáticamente el flujo que se produce en el puente en función de las condiciones hidráulicas, geometría del mismo y la topografía.

Si bien la implementación de dicha condición es posible realizarla tanto en la geometría como en la malla, en este caso se han introducido los datos directamente en la malla del modelo.

Puentes

Inicio: 483022.146 4802308.86 55.30

Fin: 55.39 483043.94 4802299.15

Ancho (m): 1

Opciones

Forzar puntos puente Forzar puntos pila

Definición Puntos Ref. Seleccionar puntos aguas arriba y abajo (solo Definido por Usuario)

Estándar 0 0 0

Definido por el usuario 0 0 0

Definición del puente. Distancia relativa de 0.0 a 1.0. La parte superior e inferior son las elevaciones del puente, en metros.

Cd flujo presión libre: 0.6

Cd flujo presión anegado: 0.8

Cd Tablero: 1.7

Número de estación: 1

Distancia relativa	Tablero superior (m)	Tablero inferior (m)
0	55.39	53.885
1	55.39	53.885

Pilas de puente

Distancia relativa	Ancho (m)
0.355	0.8
0.670	0.8

Dibujar terreno

Figura nº 11 Datos de entrada en Iber para Puentes

6.2.4 Condiciones de contorno

Como condición de contorno general de todo el borde de la zona de simulación, a excepción de las entradas y salidas planteadas en el modelo, Iber contempla que se trata de un muro vertical infinito. Con esta condición se garantiza que no se producen salidas de agua fuera del modelo, incorporándose todo el caudal de los hidrogramas dentro del modelo 2D.

Esta condición implica una verificación posterior de los resultados para comprobar que la mancha de inundación no alcanza en ningún punto el polígono que delimita la zona de simulación ya que, de producirse este hecho, los resultados quedarían distorsionados.

Tal y como se indica, para las entradas y salidas se introducen las respectivas condiciones de contorno.

6.2.4.1 Condiciones de contorno de entrada

Como condiciones de entrada se han introducido los caudales correspondientes a cada cauce modelado, según lo obtenido en el estudio hidrológico.

Los criterios que se han tenido en cuenta para conformar los hidrogramas han sido:

- Al ser un modelo continuo, las entradas de caudal procedentes de los diversos cauces menores, se realizan de tal modo que en cada tramo de aguas abajo se satisfaga el caudal punta obtenido de acuerdo al gráfico G.N.1 de la Confederación Hidrográfica del Cantábrico.
- Se han planteado hidrogramas teóricos estacionarios cuyos valores máximos de caudal coinciden con las puntas correspondientes a los periodos de retorno de cálculo del Estudio Hidrológico.

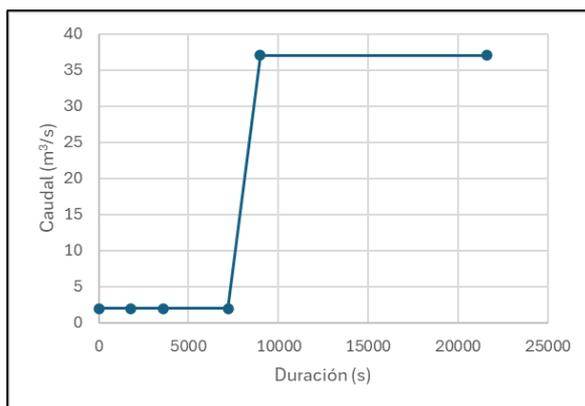


Figura nº 12 Hidrograma teórico estacionario para T=100 años en el Arroyo de Brazomar

El número total de entradas son 8, correspondientes a los siguientes cauces:

- | | |
|------------------------|--------------------|
| Arroyo de Tabernillas | Arroyo de Gamonal |
| Arroyo sin nombre | Arroyo de Sámano |
| Arroyo sin nombre | Río Suma |
| Arroyo de Cabañaperaza | Arroyo de Brazomar |

Las cuales quedan ubicadas en la siguiente imagen:



Figura nº 13 Puntos de entrada en la cuenca en estudio

6.2.4.2 Condiciones de contorno de salida

La condición de salida introducida en el modelo se corresponde con una condición para flujo subcrítico, de nivel dado a lo largo del tiempo. Se adopta un valor de 52,465 m s.n.m. en alturas elipsoidales fijo para todos los eventos de caudales simulados. Esta altura se corresponde con 2,87 m.s.n.m. en altura ortométricas. Además, indicar que dicha cota es la correspondiente a la suma de la marea astronómica y la marea meteorológica, para el Puerto de Castro-Urdiales.

Para fijar dicha condición de contorno se ha tenido en cuenta lo expresado en el Estudio Hidráulico, con las referencias al Atlas de Inundación del Litoral Peninsular Español y a la Propuesta metodológica para el cálculo de la condición de contorno en la modelación hidráulica de tramos fluviales que desembocan en el mar.

6.2.5 Condiciones iniciales

No se ha introducido ninguna condición inicial, por lo que Iber de manera preprogramada asigna la condición de calado cero a todas las celdas, es decir, en seco.

6.2.6 Asignación de rugosidad

Los coeficientes de Manning asociados a cada uso del terreno aplicados en el modelo hidráulico han sido obtenidos del documento "Adaptación del sistema nacional de cartografía de zonas inundables para revisión e integración de las ARPSIS mareales en la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental" redactado por EPTISA en 2016 para la CHC.

En el citado documento, se explica que la determinación de los polígonos de rugosidad de Manning, se obtienen en el cauce a partir de su naturaleza y propiedades morfológicas mediante la formulación de Cowan (se ha diferenciado el lecho de las márgenes vegetadas), y en las llanuras de inundación en función de los usos del suelo.

De manera resumida los valores son los siguientes:

USOS DEL SUELO	Nº MANNING
Arbolado	0,100
Arbolado_disperso	0,070
Canalización	0,020
Cauce	0,045
Cauce_Urbano	0,035
Cultivos	0,040
Desnudo	0,035
Industrial	0,025
Matorral	0,065
Matorrales_dispersos	0,060

Estudio de alternativas de la solución de defensa frente a avenidas extraordinarias del río Sámano en el núcleo de Castro Urdiales (Cantabria)
X0000363-Estudio de Alternativas-REV-2

USOS DEL SUELO	Nº MANNING
Pasto_alto	0,040
Pasto_corto	0,035
Pastos	0,035
Ribera	0,110
Roquedo	0,035
Urbano	0,025
Viales	0,016

Tabla nº3. Coeficientes de rugosidad de Manning empleados en el modelo

6.3 Proceso

Como se ha comentado, el proceso es el cálculo propiamente dicho. Al lanzar el cálculo, IBER previamente lee la malla y calcula las conectividades de los elementos. Esto supone identificar qué elementos son adyacentes, algo necesario para el cálculo de los flujos entre elementos.

El tiempo necesario para este proceso depende del número y tipo de elementos de la malla.

Un fallo en esta fase indicaría que la malla no se encuentra correctamente definida, de ahí la importancia del preproceso y de su correcta definición.

Una vez terminada la lectura de la malla se pasa a realiza los cálculos hidrodinámicos, proceso que, en función del problema a resolver, puede llevar minutos, horas e incluso días.

6.4 Postproceso

Desde la ventana de postproceso, se visualizan los resultados obtenidos, pudiendo representar gráficos, vectores, cortes, mapas de resultados, videos, etc.

6.5 Resultados del estudio de la situación actual

El ámbito de estudio modelado del río Sámano abarca desde la zona rural al Noreste de Sámano (750 m aguas arriba del cruce del río con la autopista A-8) hasta su desembocadura en la playa de Brazomar. Para el análisis de los resultados obtenidos procedentes de la modelación hidráulica de la situación actual se ha dividido el tramo de estudio en los siguientes subtramos mencionados desde aguas abajo hacia aguas arriba:

- Subtramo entre su desembocadura y el puente del Paseo Ocharan Mazas.
- Subtramo entre el puente del Paseo Ocharan Mazas y el paso bajo la autopista A-8.
- Subtramo entre el paso bajo la autopista A-8 y el fin del ámbito.

Estudio de alternativas de la solución de defensa frente a avenidas extraordinarias del río Sámano en el núcleo de Castro Urdiales (Cantabria)
X0000363-Estudio de Alternativas-REV-2

6.5.1 Subtramo entre la desembocadura y el puente del Paseo Ocharan Mazas

Observando el perfil longitudinal del subtramo se puede interpretar que hasta la pasarela del Paseo Acebal Idígoras la línea de energía y el calado de agua mantienen prácticamente una pendiente similar a la pendiente media del cauce no existiendo ningún condicionante que implique una variación brusca de los mismos.

La pasarela del Paseo Acebal Idígoras impone un control hidráulico provocando una sobreelevación del tirante de agua de 0,18 m hacia aguas arriba al suponer un obstáculo transversal sobre el río Sámano ya que el estribo izquierdo reduce la sección hidráulica del cauce varios metros, donde además existe bastante acumulación de acarreos debido a la reducción de velocidad en ese entorno junto con la curva que realiza el propio río.

Del mismo modo, el puente del Paseo Ocharan Mazas provoca otro control hidráulico generando una sobreelevación hacia aguas arriba de 0,47 m debido a que supone una obstrucción tanto horizontal como vertical dado que sus estribos de hormigón y piedra están emplazados dentro del cauce.

Debido a la falta de capacidad hidráulica de las secciones del tramo junto con el control hidráulico provocado por los puentes anteriormente citados, induce en un desbordamiento del río hacia margen izquierda entre la calle C.D y el puente del Paseo Ocharan Mazas, provocando a su vez la inundación del área residencial encerrada entre las calles Paseo Ocharan Mazas, C.D y C.B. Por las mismas circunstancias citadas, también se genera en un desbordamiento del río hacia margen derecha entre el CEIP Riomar y el Paseo Ocharan Mazas provocando la inundación de la Avenida Riomar y de las instalaciones del CEIP Riomar.



Figura nº 14 Área de inundación para T100 años, entre desembocadura y puente Paseo Ocharan Mazas

Estudio de alternativas de la solución de defensa frente a avenidas extraordinarias del río Sámano en el núcleo de Castro Urdiales (Cantabria)
X0000363-Estudio de Alternativas-REV-2

6.5.2 Subtramo entre el puente del Paseo Ocharan Mazas y el paso bajo la autopista A-8

El tramo comprendido entre los puentes del Paseo Ocharan Mazas, el puente de la nacional N-634 y el puente de la calle Leonardo Rucabado se encuentra claramente influenciado por dichas estructuras. Como se ha mencionado, el puente del Paseo Ocharan Mazas provoca una sobreelevación del tirante de agua de 0,47 m. Por otro lado, el puente de la nacional N-634 provoca una sobreelevación del tirante de agua de 0,96 m debido a que está constituido por un arco con estribos situados dentro del cauce. Por último, el puente de la calle Leonardo Rucabado también genera una sobreelevación del tirante de agua de 0,18 m.

La combinación del control hidráulico provocado por estas tres estructuras junto con el efecto muro del canal que realiza la fachada de las empresas existentes en esta zona, muy próximas al cauce, provocan la elevación del tirante de agua y en consecuencia el desbordamiento en aquellas zonas donde las secciones del río carecen de capacidad hidráulica, generándose una amplia zona de inundación en la margen derecha, la cual afecta a la parcela de la antigua fábrica ASK Chemicals, la empresa Lolín, la carretera N-634, la parcela donde está ubicado el antiguo supermercado Día, las instalaciones de las empresas Juvesal y Disaflex, las instalaciones del centro Bazamar, la gasolinera BP y parte de la urbanización ubicada entre la carretera N-634 y la calle Travesía Ctra. Irún.

Del mismo modo, en esta zona también se produce un desbordamiento, en menor medida, hacia la margen izquierda provocando la inundación del camino de ribera y del jardín perteneciente a los bloques denominados Paraiso II y de la calle La Cruz.

Aguas arriba del puente de la calle Leonardo Rucabado, debido al control hidráulico provocado por esta estructura sumado a la sobreelevación provocada por el azud existente y a la falta de capacidad hidráulica de las secciones transversales del río, se genera el desbordamiento tanto hacia margen derecha como hacia margen izquierda. En la margen derecha la inundación afecta a las instalaciones del supermercado Eroski y las instalaciones de las empresas Emerson Automation (Referencia Catastral 2419902VP8021N0001FB) y Tierras Industriales Herrán y Diez (Ref. Catastral 2419901VP8021N0001TB). En la margen izquierda la inundación afecta al IES Doctor José Zapatero Domínguez, a las instalaciones del bombeo de aguas residuales y al polígono industrial La Tejera.



Figura nº 15 Área de inundación para T100 años, entre puente Paseo Ocharan Mazas y enlace A-8.

Estudio de alternativas de la solución de defensa frente a avenidas extraordinarias del río Sámano en el núcleo de Castro Urdiales (Cantabria)
X000363-Estudio de Alternativas-REV-2

6.5.3 Subtramo entre el paso bajo la autopista A-8 y el final del ámbito de estudio

Analizando el perfil longitudinal, las estructuras concernientes al tronco y enlaces de la autopista A-8 no provocan ningún control hidráulico sobre el tirante de agua del río.

Aguas arriba de dicha estructura, la línea de energía y el tirante de agua mantienen prácticamente una pendiente similar a la pendiente media del cauce no existiendo ningún condicionante que implique una variación brusca de los mismos.

Debido a la falta de capacidad hidráulica de las secciones del río se produce un desbordamiento del mismo tanto hacia margen derecha como hacia margen izquierda. En esta área, la afección es mínima ya que se trata de una zona de huertas donde el cauce mantiene una estructura natural, con meandros y vegetación de ribera, sin grandes alteraciones antropogénicas. Sin embargo, en las cercanías al enlace de la Autovía A-8 se encuentran las instalaciones de los bomberos de Castro-Urdiales. Tal como se muestra en la siguiente figura, la inundación alcanza los accesos a las instalaciones por lo que se puede comprometer la operatividad de un servicio crítico para la ciudad.



Figura nº 16 Área de inundación para T100 años, entre enlace A-8 y el comienzo del tramo de estudio

6.6 Calibración de resultados de la situación actual con trabajos anteriores

Tal y como se menciona al comienzo de la presente memoria, el principal antecedente para la elaboración de este estudio es el documento para la "Adaptación Y Desarrollo Del Sistema Nacional De Cartografía De Zonas Inundables Para Revisión E Integración De Las ARPSIS Mareales En La Demarcación Hidrográfica Del Cantábrico Occidental" para CHC elaborado por EPTISA en abril de 2016.

Una vez elaborado el modelo hidráulico del capítulo anterior, se ha realizado una calibración con el modelo realizado en el citado estudio. En primer lugar, se ha intentado replicar los resultados obtenidos mediante la metodología descrita en el propio documento. Sin embargo, no se ha contado con todos los datos de partida, por lo que, analizado el estudio, se constatan las siguientes discrepancias e incertidumbres:

Estudio de alternativas de la solución de defensa frente a avenidas extraordinarias del río Sámano en el núcleo de Castro Urdiales (Cantabria)
X0000363-Estudio de Alternativas-REV-2

- Se desconocen los parámetros de entrada de los puentes, así como las coordenadas (x,y,z) de los tableros consideradas en la modelización.
- Se desconocen los hidrogramas con los caudales de entrada utilizados. Si bien se presenta un ejemplo, no se conoce cómo se ha controlado que las diferentes entradas, en las confluencias no sumen sus máximos, al indicar que son estacionarios. Es decir, se desconoce la forma completa de los hidrogramas y si existe una rutificación y/o desfase de los mismos, para que en las confluencias se fuerce a que los caudales sean los establecidos en la hidrología.
- Las referencias a Líneas de Rotura y muros modelados no tienen mayores datos de sus formas longitudes o como influyen en el modelo.
- En los resultados presentados, solamente es posible comparar los calados obtenidos, sin que exista posibilidad de verificar las cotas obtenidas.
- Cuando se realizó el proyecto, en la situación actual (2016) las instalaciones de la empresa ASK Chemicals todavía existían.

La mancha de inundación obtenida para el periodo de retorno de 100 años de ese estudio es la siguiente (se representa sobre la ortofoto actual generada en los trabajos topográficos):



Figura nº 17 Área de inundación para T₁₀₀ años en ámbito de estudio. Estudio CHC 2016.

A continuación, se muestra la mancha de inundación también para T=100 años modelizado mediante IBER para el estudio actual:



Figura nº 18 Área de inundación para T100 años en ámbito de estudio, réplica en IBER del estudio CHC 2016.

Como se puede comprobar, en cuanto a extensión las manchas de inundación son muy similares. Sin embargo, cabe decir que los caudales utilizados para lograr una mancha de inundación similar al estudio previo son superiores a los indicados por el ábaco del CHC para el tramo en estudio.

En la siguiente secuencia de imágenes, se realiza una comparativa de los calados a lo largo del ámbito de estudio.

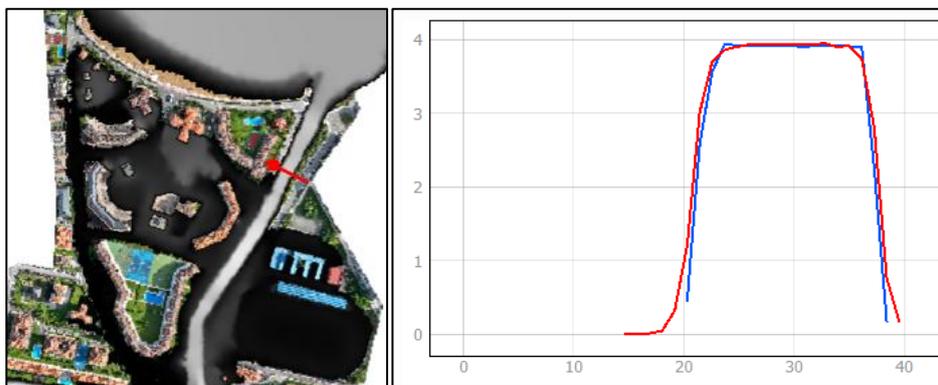


Figura nº 19 Planta y calados obtenidos para T100 años en zona desembocadura, IBER (rojo) y CHC 2016 (azul).

En la desembocadura, los calados obtenidos son idénticos, lo que corrobora que la condición de contorno para la salida es la misma en ambos proyectos.

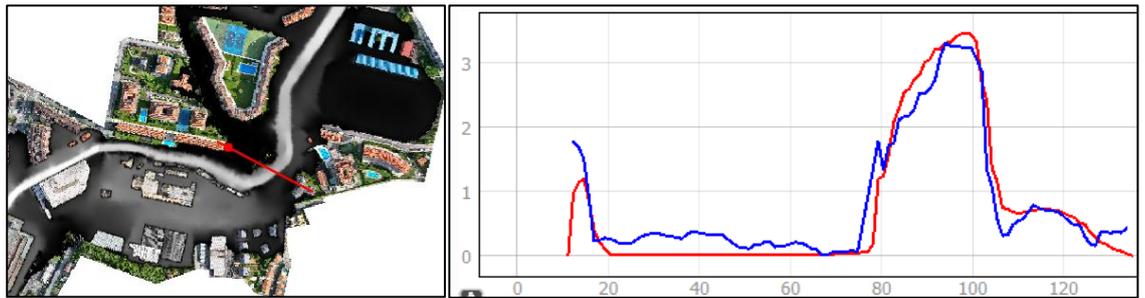


Figura nº 20 Planta y calados obtenidos para T100 años en zona parque Chichapapa, IBER (rojo) y CHC 2016 (azul).

En el meandro del parque Chinchapapa, situado entre la pasarela peatonal del paseo Acebal Idógoras y el puente de la calle Ocharan Mazas, se aprecia una forma similar, con pocas diferencias en el calado.

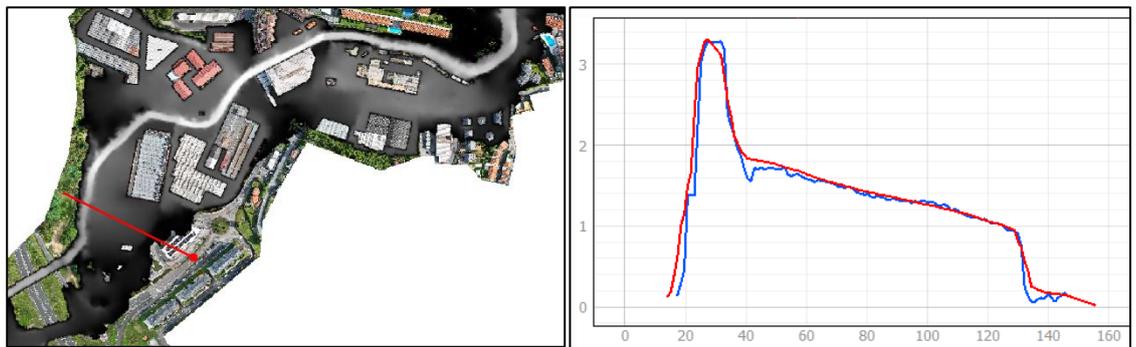


Figura nº 21 Planta y calados obtenidos para T100 años en el aparcamiento CC Eroski, IBER (rojo) y CHC 2016 (azul).

Una vez se alcanza el aparcamiento del centro comercial Eroski, se vuelve a comprobar que los calados mantienen una forma casi idéntica en ambos ráster.

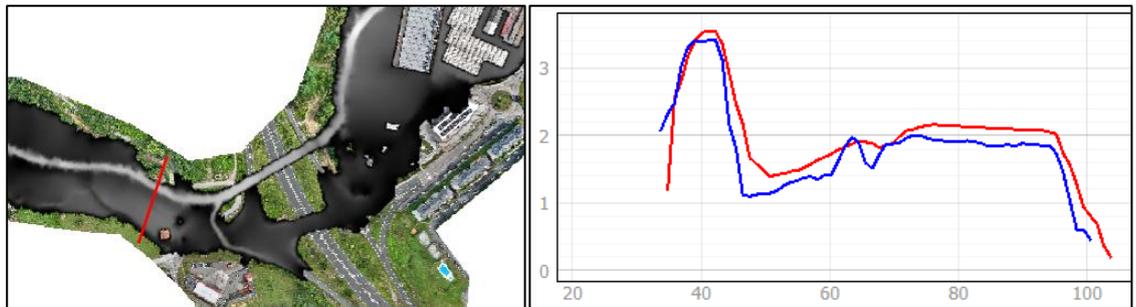


Figura nº 22 Planta y calados obtenidos para T100 años en entrada a Barrio Hoz y Dombergón, IBER (rojo) y EPTISA 2016 (azul).

Finalmente, en el sector del acceso al barrio Hoz y Dombergón, los calados no coinciden totalmente, siendo superiores los realizados con el programa IBER. En cualquier caso, la diferencia es de escasos 20 centímetros.

Si tenemos en cuenta que en estos modelos no hay restricciones para el discurrir de las aguas y que las áreas inundadas son muy similares, el hecho de lograr calados casi idénticos en todo el ámbito, parece indicar que los caudales se encuentran dentro del mismo orden de magnitud.

En cualquier caso, dadas las diferencias e incertidumbres indicadas, no parece recomendable realizar calibraciones y/o extrapolaciones del citado estudio con lo analizado en la presente memoria, quedando únicamente como un antecedente donde consultar diversos parámetros de modelizado y sirve para confirmar que el funcionamiento de la inundación del núcleo urbano de Castro-Urdiales apenas se ha visto alterado desde 2016.

7 Condicionantes y criterios generales de diseño de las actuaciones

7.1 Criterios de ordenación territorial

El criterio general de ordenación territorial actualmente utilizado según la componente hidrológica-hidráulica se desdobra en dos objetivos:

- la protección ante el riesgo de inundación de las zonas inundables, sobre todo en los ámbitos poblacionales
- la regulación de los usos del suelo en su conjunto de las márgenes fluviales y sus zonas inundables.

Para el tratamiento ponderado y sostenible de ambos objetivos se procede a la distinción entre las dos situaciones del suelo en los tramos fluviales: las zonas rurales y las zonas urbanizadas.

En los ámbitos rurales se deben aplicar básicamente, estrategias de preservación integral de los cauces y sus llanuras de inundación, salvo, en su caso, operaciones excepcionales debidamente justificadas y avaladas. Por consiguiente, la estrategia de ordenación territorial en estos casos se dirige sustancialmente hacia la conservación naturalística y ecológica de los mismos y la consiguiente preservación morfológica de sus márgenes inundables, apartando de los cauces de forma suficiente los nuevos asentamientos urbanos.

Por su parte, en los ámbitos urbanizados se contempla, sin embargo, la adopción de estrategias tendentes, sobre todo, a la defensa ante inundaciones de los núcleos urbanos existentes, preservando la integridad del cauce y su ecosistema y respetando las servidumbres legalmente establecidas así como el resto de normativa de aplicación, con especial mención a la derivada de los instrumentos de planeamiento urbanístico y ordenación del territorio.

7.2 Criterios hidráulicos

Para establecer los criterios de diseño desde el punto de vista hidrológico-hidráulico de las alternativas a analizar se ha tomado en consideración el Reglamento del Dominio Público Hidráulico y la normativa del Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental correspondiente al ciclo 2022-2027, aprobada según el R.D. 35/2023 del 24 de enero.

En dicha normativa se recoge, entre otros aspectos, las actividades permitidas en las zonas inundables para los diferentes periodos de retorno según la clasificación urbanística del suelo, la luz mínima de los nuevos pasos a proyectar y la ubicación de las pilas si las hubiera, el resguardo mínimo que deben tener los nuevos pasos en función del tamaño de la cuenca afluyente, etc. Respecto a estos últimos criterios también se ha tenido en cuenta lo recogido en el PH del Cantábrico Oriental, que desarrolla en mayor medida algunos aspectos.

7.3 Criterios medioambientales

Se han considerado como criterio general la conservación de la vegetación de ribera existente, así como la recuperación paisajística y medioambiental de aquellas zonas del cauce y de las márgenes del río más degradadas y el diseño de nuevas secciones hidráulicas que permitan la implantación de las medidas medioambientales necesarias.

Para ello, las alternativas han sido analizadas desde los siguientes puntos de vista:

- **Desde el punto de vista normativo.**
- **Desde el punto de vista de planificación hidrológica y la consecución de los objetivos ambientales.**

El estado de las masas de agua se tendrá en cuenta en las alternativas que se planteen, tratando que cualquier actuación no suponga una presión sobre el cauce, y que éstas ayuden a la conservación y mejora del estado de la ribera.

- **Estado de conservación de la ribera.**

Las principales causas de la degradación de las riberas suelen ser la invasión del Dominio Público Hidráulico por la actividad urbanística, las obras de defensa contra inundaciones realizadas con criterios no siempre acertados en cuanto a mantenimiento de los procesos ecológicos y geomorfológicos y la invasión de especies alóctonas.

Las riberas son sistemas fluviales de especial importancia ya que proporcionan el hábitat idóneo a numerosas especies de fauna y flora, siendo su fuente de alimento y actuando como corredores ecológicos y conductos, lo que permite a numerosos organismos el tránsito, la dispersión y la colonización de nuevos hábitats.

Además, la existencia de una ribera de calidad minimiza los problemas de erosión y actúa como efecto laminador en caso de avenidas, al actuar como filtro y efecto barrera.

La degradación de éstas influye en mayor o menor medida en las funciones ecológicas e hidrológicas que posee, afectando de forma directa en el estado de las masas de agua, no sólo por impedir la consecución del muy buen estado por criterios hidromorfológicos, sino que su influencia en los indicadores biológicos puede llevar a la no consecución de los objetivos ambientales previstos.

Por otro lado, la alteración del medio por la introducción de plantas o fauna alóctonas lleva a la depredación e hibridación con especies autóctonas, la introducción de enfermedades, la alteración del hábitat y la competencia por los recursos o por el espacio. Todo ello supone una pérdida importante de biodiversidad, e incluso la extinción de ciertas especies autóctonas.

- **Aspectos sociales.**

Los núcleos de Castro Urdiales y Sámano se ven claramente afectados por las inundaciones para periodos de retorno bajos (10 años) y muy afectado para periodos superiores (100 años), que implican un riesgo elevado para la población y la actividad económica asentada.

Los beneficios sociales por la reducción de la superficie de inundación, se traducen además en beneficios económicos.

7.4 Criterios económicos

Para cada alternativa se ha valorado el coste de inversión de cada una de ellas.

8 Iteraciones iniciales. Análisis unidimensional

Tal y como refleja el gran número de eventos de inundación producidos en los últimos años y la cartografía de zonas inundables existente en el propio visor de la Confederación Hidrográfica del Cantábrico, se trata de una zona muy inundable, afectada severamente incluso por avenidas de periodo de retorno de alta recurrencia (10 años de periodo de retorno). Este hecho ha sido corroborado por el análisis hidráulico de la situación actual para una avenida de 100 años de periodo de retorno, desarrollado anteriormente en el capítulo 5 de este documento.

Es muy importante destacar la dificultad implícita de cualquier actuación estructural a acometer en un tramo fluvial tan antropizado, como es el caso del núcleo de Castro-Urdiales, cuya capacidad de desagüe se ve, además, agravada por la influencia de la marea. Por ello, se ha optado por realizar un análisis preliminar de la efectividad de diferentes soluciones desde el punto de vista hidráulico antes de definir las alternativas a estudiar finalmente.

Para ello, se ha realizado primeramente un análisis hidráulico unidimensional mediante la herramienta Hec-Ras 6.5. de algunas soluciones preliminares. De esta forma se permite mayor flexibilidad y velocidad de trabajo, con un nivel de precisión suficiente que ha permitido discernir sobre la efectividad o no de algunas soluciones desde el punto de vista hidráulico antes de definir las alternativas a estudiar finalmente. Estas alternativas propuestas han sido después modeladas bidimensionalmente mediante Iber.



Figura nº 23 Geometría y perfiles transversales del área de estudio. Hec-Ras.

Los parámetros de entrada del modelo unidimensional han sido equivalentes a los utilizados en el modelo bidimensional de la situación actual.

- El modelo digital terrestre utilizado ha sido el mismo utilizado en la modelización de la situación actual.
- Las rugosidades se han extraído del ráster original y traspuestas a los diferentes perfiles transversales.

- En cuanto a las condiciones de contorno, los caudales de entrada son los establecidos en el estudio hidrológico y la condición de salida se corresponde con la situación con marea, es decir, 52,465 m de nivel dado.

8.1 Iteración N^o1: Motas y demolición conservera

8.1.1 Descripción de las actuaciones

La primera iteración ha servido para valorar cual es el periodo de retorno que puede ser factible plantear para la protección contra inundaciones en el ámbito de estudio. En todo caso, para dar continuidad al análisis realizado de la situación actual, se utilizará el periodo de retorno de 100 años.

Para esta primera iteración, se han planteado las medidas de protección fuera de la franja de servidumbre de tránsito del Dominio Público Marítimo Terrestre (6m) y dentro de la zona de servidumbre de protección DPMT (20m). Además, cualquier elemento de protección contra las inundaciones que se plantee, no podrá superar la altura de 3 metros, no podrá perjudicar al paisaje y se realizará un adecuado tratamiento de sus taludes con plantaciones y recubrimientos, tal y como se recoge en el Artículo 47 del Reglamento General de Costas aprobado en el RD 876/2014.

Por último, se ha verificado que los puentes sustituidos permitan el paso de la avenida de 500 años, sin que se genere un rebase de los mismos.

Esta propuesta contempla la combinación de medidas estructurales de protección directa contra inundaciones junto con medidas de ordenación territorial y urbanismo.

Las actuaciones son, por tanto, las que se mencionan a continuación:

- Demolición de los edificios correspondientes a la empresa conservera Lolín, empresa Emerson Automation y empresa Tierras Industriales Herrán y Diez. Se corresponden con las referencias catastrales 2621401VP8022S0001PX, 2419902VP8021N0001FB y 2419901VP8021N0001TB respectivamente.
- Ejecución de motas de protección fuera de la franja de servidumbre y dentro de la zona de protección del DPMT.
- Demolición de los puentes, estribos y tableros, que generan interferencia al paso del agua (Pasarela del Paseo Acebal Idígoras, Paseo Ocharan Mazas, N-634 y Calle Leonardo Rucabado) y restitución por tableros de un único vano que permitan la avenida de 500 años de periodo de retorno.
- Adecuación de viales en las inmediaciones de los citados puentes, mediante elevación de rasante.

8.1.2 Análisis hidráulico Iteración N^o1

Se han modelizado las actuaciones mencionadas y se ha comprobado que las soluciones propuestas son capaces de contener la avenida de 100 años de periodo de retorno.

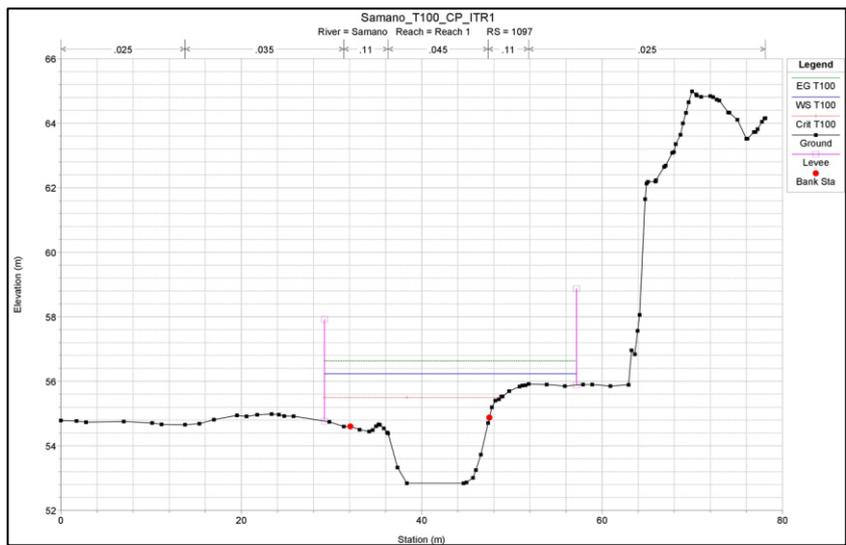


Figura nº 24 Perfil transversales RS 1097. Entre IES Zapatero y CC Eroski.

En el perfil longitudinal es posible apreciar el efecto que tiene la eliminación de los puentes en el tramo entre el puente del Paseo Ocharan Mazas y el azud presente a la altura del Centro Comercial Eroski.

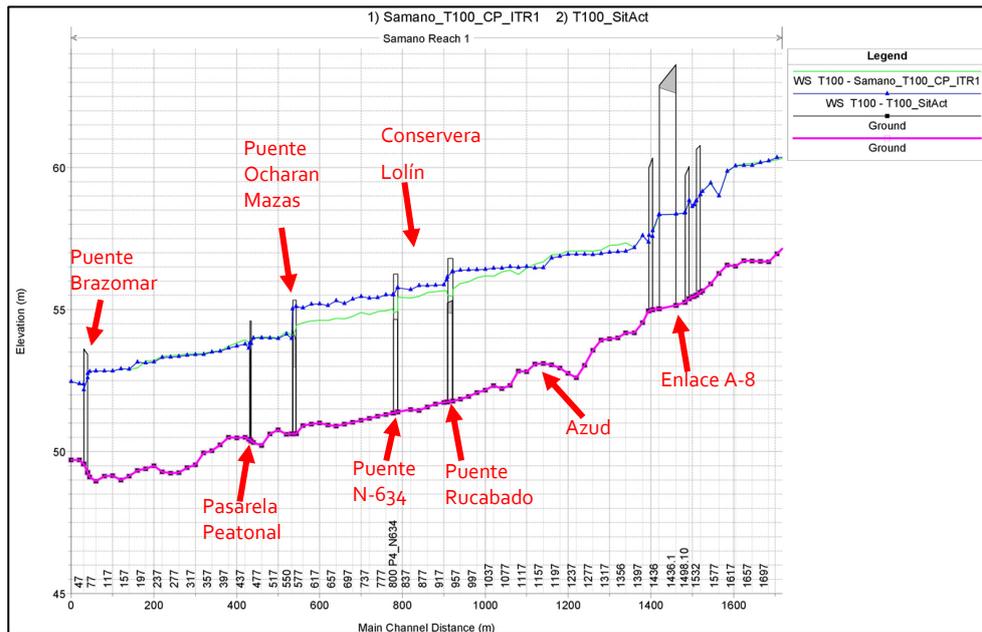


Figura nº 25 Perfil longitudinal, comparación entre la Situación Actual (azul) y la Iteración 1 (verde), T100 años.

Sin embargo, al reducir la zona de inundación en el aparcamiento del centro comercial, se produce una elevación de la lámina de agua, aunque no provoca inundación al ser contenida por las motas de protección.

Una vez analizado el periodo de retorno de 100 años, se revisa el comportamiento del cauce con la avenida correspondiente a los 500 años. En este punto queda patente que las alturas que tendrían que adoptar las defensas y las estructuras de paso sobre el arroyo, son tan elevadas que quedarían desconectadas del resto de la trama urbana.

A raíz de lo anterior, se observa la necesidad de colocar unos puentes que sean compatibles con el urbanismo de la zona y normativa urbanística vigente, que fija entre otros unas pendientes máximas para las rampas y viales, dentro de lo que permita el Plan Hidrológico. Por ello, se procesa de manera tentativa cuales serían las cotas de los puentes necesarias para dar cabida al caudal de la avenida de 500 años.

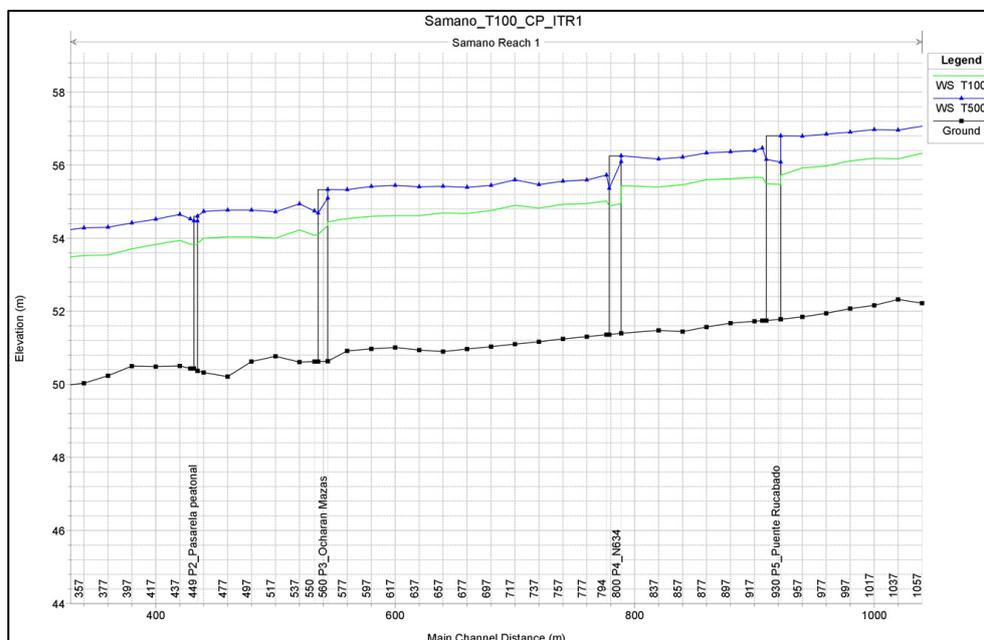


Figura nº 26 Perfil longitudinal, Iteración 1 para los periodos de retorno T100 (verde) y T500 años (azul).

Tal como se aprecia en el perfil longitudinal mostrado, la parte baja de los tableros propuestos coinciden con la altura del calado de la avenida de 500 años. Las exigencias del Plan Hidrológico sobre resguardos mínimos frente a la avenida de 500 años para puentes de nueva construcción no hacen factible el encaje urbanístico, por lo que se opta por permitir el paso de la avenida sin resguardo alguno.

8.2 Iteración N°2: Motas sin demolición de la conservera

8.2.1 Descripción de las actuaciones

Dado que no es posible dar cabida a la avenida de 500 años, el resto de iteraciones se enfocan en intentar optimizar la opción de proteger la zona para el periodo de retorno de 100 años. Así, se ha planteado una segunda iteración en la que no se ha considerado la demolición de la fábrica conservera, por la componente social y económica que representa para el núcleo de Castro-Urdiales.

Las actuaciones en esta segunda iteración son, por tanto, las que se mencionan a continuación:

- Demolición de los edificios correspondientes a la empresa Emerson Automation y empresa Tierras Industriales Herrán y Diez. Se corresponden con las referencias catastrales 2419902VP8021N0001FB y 2419901VP8021N0001TB respectivamente. Se mantiene, por tanto, el edificio de la empresa conservera Lolín.

Estudio de alternativas de la solución de defensa frente a avenidas extraordinarias del río Sámano en el núcleo de Castro Urdiales (Cantabria)
X0000363-Estudio de Alternativas-REV-2

- Ejecución de motas de protección fuera de la franja de servidumbre y dentro de la zona de protección del DPMT.
- Demolición de los puentes, estribos y tableros, que generan interferencia al paso del agua (Pasarela del Paseo Acebal Idígoras, Paseo Ocharan Mazas, N-634 y Calle Leonardo Rucabado) y restitución por tableros de un único vano que permitan la avenida de 500 años de periodo de retorno sin resguardo.
- Adecuación de viales en las inmediaciones de los citados puentes, mediante elevación de rasante.

8.2.2 Análisis hidráulico Iteración N°2

En esta segunda iteración, queda patente que las motas de protección son capaces nuevamente de mantener la avenida de 100 años dentro de los límites propuestos. A modo de ejemplo se presenta un perfil transversal a medio camino entre los puentes de las calles Leonardo Rucabado y la carretera N-634, que atraviesa el edificio de la conservera.

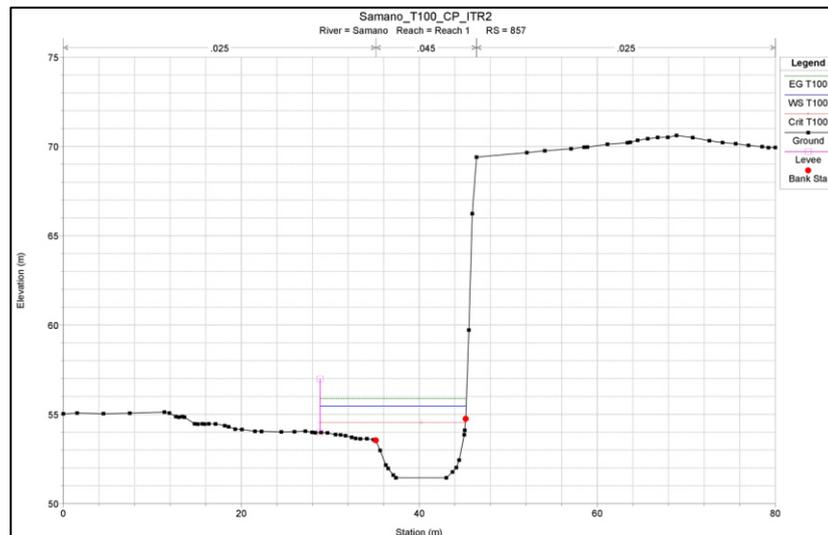


Figura nº 27 Perfil transversales RS 857. Mitad de la calle la Cruz y Edificio de Lolín.

En el perfil longitudinal es posible apreciar que el efecto que tiene la eliminación de los puentes en el tramo entre el puente del Paseo Ocharan Mazas y el azud presente a la altura del Centro Comercial Eroski es equivalente a la iteración 1.

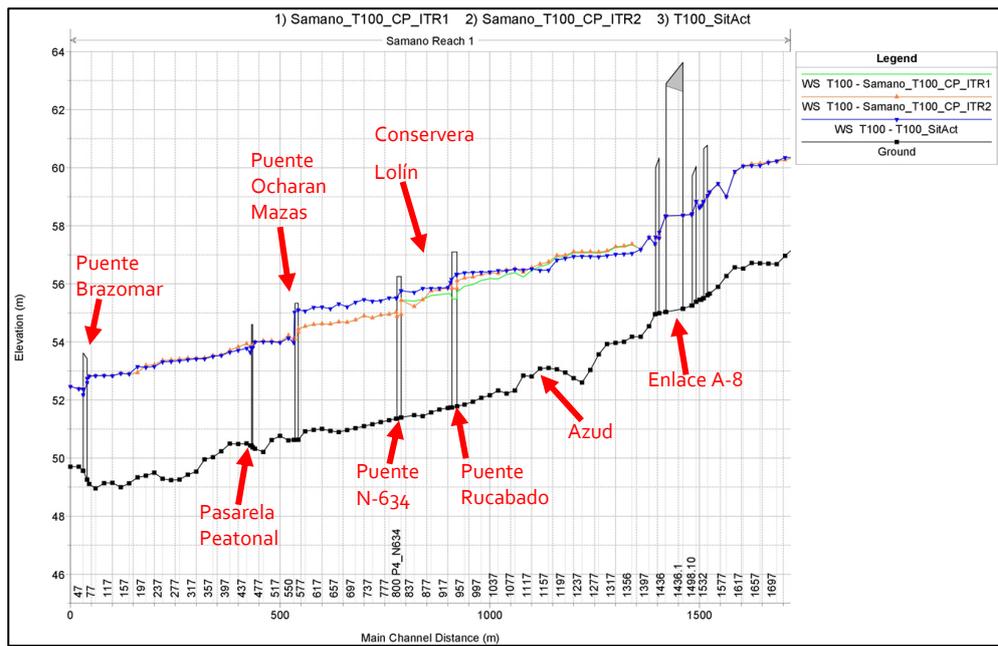


Figura nº 28 Perfil longitudinal, comparación entre la Sit. Act. (azul), Iteración 1 (verde) e Iteración 2 (naranja), T100 años.

Sin embargo, el hecho de mantener el edificio de Lolín genera una sobreelevación de unos 25 centímetros del calado al comparar con la Iteración 1. Este efecto se produce en una longitud de unos 250 metros, concretamente desde el edificio de la conservera hasta llegar al pequeño azud de la trasera del CC Eroski, tal como se observa en la siguiente imagen:

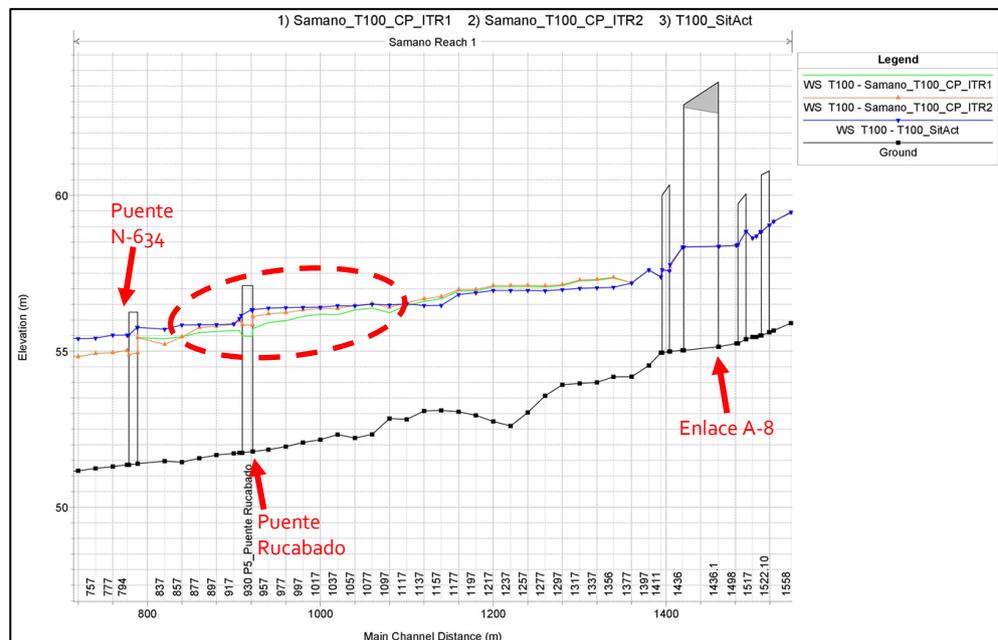


Figura nº 29 Ampliación Perf. Long., comparación entre la Sit. Act. (azul), Iteración 1 (verde) e Iteración 2 (naranja), T100 años.

8.3 Iteración N°3: Motas y canal de derivación

8.3.1 Descripción de las actuaciones

Derivado de las iteraciones 1 y 2, y con objeto de lograr la mejor integración posible de los puentes con el urbanismo de la zona, se ha analizado la posibilidad de realizar un canal de derivación o bypass que permita reducir el caudal a discurrir por el cauce principal y permita un calado menor en el mismo. Con este fin se ha planteado esta nueva iteración cuyas actuaciones son las que se mencionan a continuación:

- Demolición de los edificios correspondientes a la empresa Emerson Automation y empresa Tierras Industriales Herrán y Diez. Se corresponden con las referencias catastrales 2419902VP8021N0001FB y 2419901VP8021N0001TB respectivamente. Se mantiene, por tanto, el edificio de Lolín.
- Ejecución de motas de protección fuera de la franja de servidumbre y dentro de la zona de protección del DPMT.
- Demolición de los puentes, estribos y tableros, que generan interferencia al paso del agua (Pasarela del Paseo Acebal Idígoras, Paseo Ocharan Mazas, N-634 y Calle Leonardo Rucabado) y restitución por tableros de un único vano que permitan la avenida de 500 años de periodo de retorno sin resguardo.
- Adecuación de viales en las inmediaciones de los citados puentes, mediante elevación de rasante.
- Ejecución de bypass en tramo de río comprendido entre el supermercado Eroski y la empresa Lolín.

Para poder dimensionar el bypass y definir los puntos de entrada y salida, se ha utilizado tanto la cartografía elaborada como las ortofotos disponibles.

Como condicionantes iniciales se establece la pendiente mínima de la conducción, la cual se ha considerado del 0,5 %. Dado que el canal de derivación tendrá que discurrir por debajo de la zona urbana, se limitará su trazado a viales, calles y zonas sobre las cuales no existan edificaciones. La tapada o recubrimiento mínimo que tendrá el canal sobre la rasante de la calle no será inferior a un metro. De esta manera se podrá permitir reponer los servicios afectados con espacio suficiente y de manera segura.

Para el punto de entrada, se establece que el aparcamiento del centro comercial Eroski es propicio, dado que las ODT y puentes existentes previas tienen capacidad suficiente y apenas existen aportes de caudal desde este punto hasta la desembocadura. Además, este trazado no atraviesa parcelas con edificaciones existentes.



Figura nº 30 Punto de entrada y trazado inicial para el canal de derivación.

Para poder dar cumplimiento a los condicionantes establecidos, el trazado inicial no plantea demasiadas alternativas, más allá de salir del aparcamiento del centro comercial y continuar por la glorieta de la calle Leonardo Rucabado hacia el norte, en dirección a las rotondas aledañas a la fábrica de la conservera. Se trata de un tramo de unos 450 metros.



Figura nº 31 Opción del trazado final para el canal de derivación.

Es en este punto, en la rotonda de la N-634 a la altura de la conservera, se plantea la posibilidad de continuar hacia el este por la N-634 para tomar la rotonda de Ocharan Mazas y desde ahí en dirección noreste y paralelo al cauce continuar hasta la desembocadura, lo cual suma unos 850

metros. Sin embargo, esta queda descartada, dado que la pendiente del 0,5 % profundiza excesivamente el bypass no siendo posible desaguar.

Tras revisar las cotas del cauce a lo largo de la parcela de la antigua empresa química, sin embargo, no existen grandes diferencias por lo que se decide retornar al cauce en este punto. Por último, al revisar el ajuste en alzado, se descubre que los resguardos necesarios no se cumplen ya que la rotonda de la N-634 y el tramo hacia la Av. Riomar se encuentran a una cota inferior a la propia parcela demolida, por lo que el canal quedaría descubierto. Por ello, se opta por realizar el último tramo del canal de derivación en una sección a cielo abierto, con un trazado lo más corto posible, de manera que la ocupación del suelo urbano sea la mínima necesaria.



Figura nº 32 Puntos de entrada y salida para el canal de derivación. Trazado bajo tierra (rojo) y a cielo abierto (verde)

Para el dimensionamiento de la citada infraestructura, se ha añadido como factor limitante el ancho del vial por motivos constructivos para evitar construir debajo de viviendas. Con todo ello, se ha establecido que la sección del bypass será un cajón de 6 metros de base por un metro de alto. Para la sección a cielo abierto, se establece un canal trapezoidal de base 6 metros y taludes 2:1 (H:V).

8.3.2 Análisis hidráulico Iteración Nº3

El tramo de cajón soterrado del canal de bypass se ha introducido en el modelo unidimensional como *Culvert*. Además, se han realizado las pertinentes modificaciones en las uniones del cauce actual con la nueva derivación.



Figura nº 33 Geometría y perfiles transversales del área de estudio incluyendo el canal de derivación. Hec-Ras.

Conocida la sección, la pendiente y establecida la rugosidad para el cajón del bypass, se obtiene el caudal circulante por el mismo. La capacidad de trabajo normal del cajón será del 70%, manteniendo un 30% de resguardo en el mismo. El caudal derivado para el periodo de retorno de 100 años es de 14 m³/s del total de 137 m³/s que suponen dicha avenida, es decir, entorno a un 10%.

Tal como se puede apreciar en el perfil longitudinal, en la salida de la derivación, el calado generado por la avenida de 100 años en el cauce principal es tal que provoca que el conducto entre en carga en su longitud completa. Por tanto, su funcionamiento no es el adecuado y no cumple el objetivo.

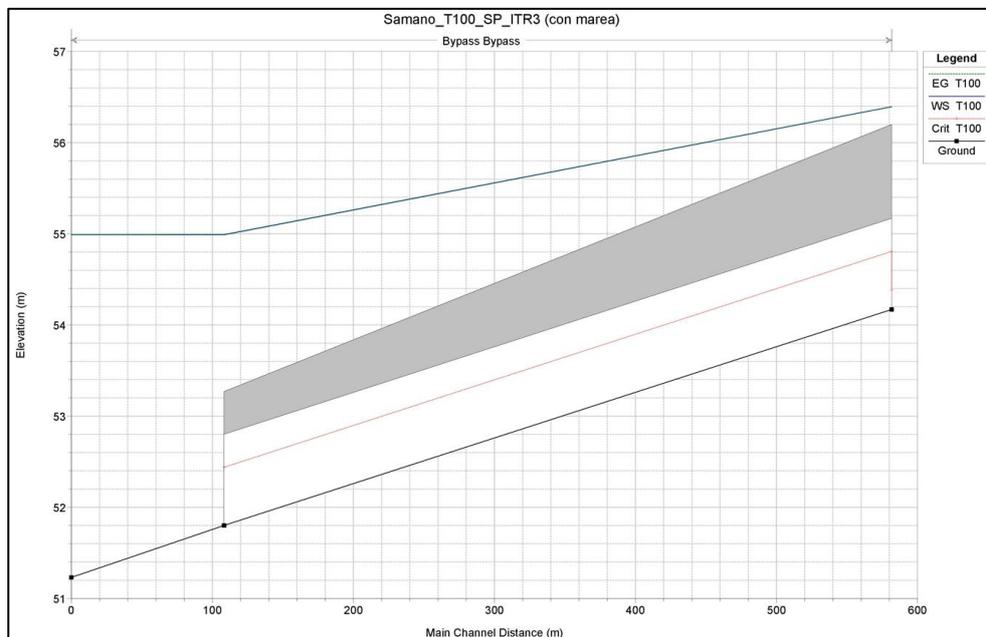


Figura nº 34 Perfil longitudinal bypass, Iteración 3, T100 años.

Estudio de alternativas de la solución de defensa frente a avenidas extraordinarias del río Sámano en el núcleo de Castro Urdiales (Cantabria)
X000363-Estudio de Alternativas-REV-2

Sin embargo, se ha realizado una verificación con caudales menores para comprobar su funcionamiento, en concreto, con los periodos de retorno de 10 años y crecida máxima ordinaria, obteniendo resultados similares.

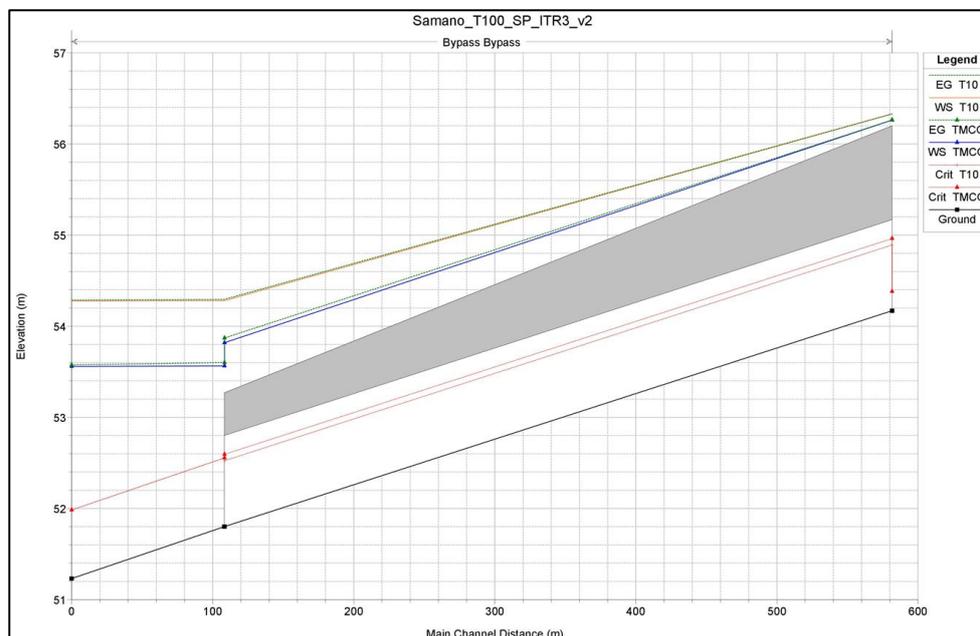


Figura nº 35 Perfil longitudinal bypass, Iteración 3, T10 años y MCO.

Finalmente, se ha iterado hasta encontrar el valor con el cual se evite que la conducción entre en carga. Esto se consigue con un caudal circulante por la derivación de $8 \text{ m}^3/\text{s}$, mientras que en esta misma situación por el cauce principal discurren $8 \text{ m}^3/\text{s}$. En cualquier caso, en la parte final del colector, no se cumple el llenado máximo del 70%.

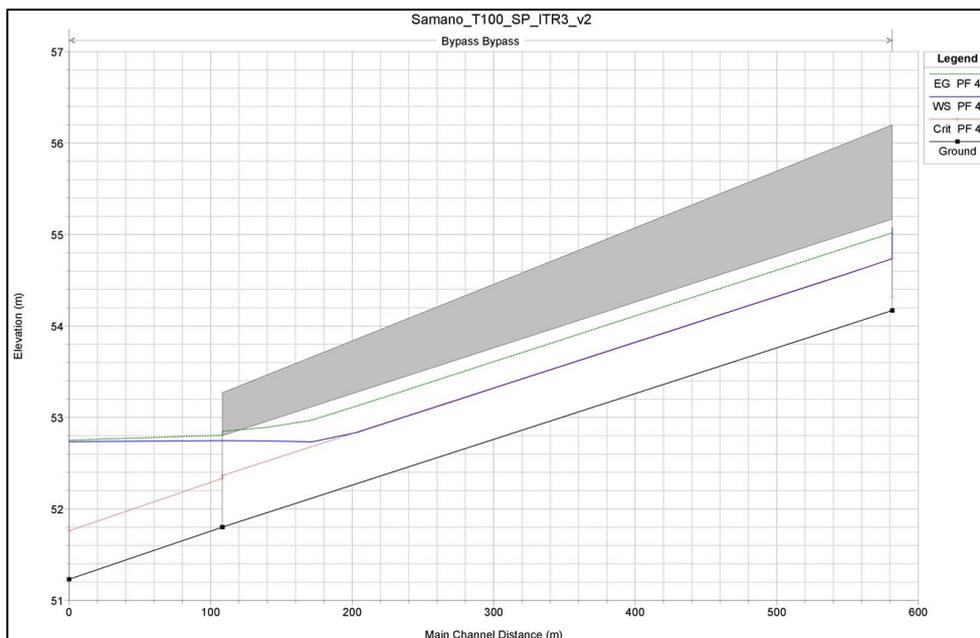


Figura nº 36 Perfil longitudinal bypass, Iteración 3, Qderivación= $8 \text{ m}^3/\text{s}$.

Respecto al cauce principal, la principal diferencia en el calado entre la iteración 2 y la 3 se concentra en el tramo entre el puente de la N-634 y el azud situado en la trasera del centro comercial Eroski. Esta diferencia es de unos 16 centímetros mayor en promedio en la iteración 2. Esto es fácilmente deducible por el caudal derivado por el bypass que repercute positivamente en el cauce principal. Se muestra en la siguiente tabla numérica dicha diferencia:

Perfil Transversal	Altura de agua ITR ₂	Altura de agua ITR ₃	Diferencia
1097	56,40	56,23	0,17
1077	56,52	56,35	0,17
1057	56,47	56,30	0,17
1037	56,36	56,18	0,18
1017	56,37	56,19	0,18
997	56,32	56,14	0,18
977	56,24	56,04	0,2
957	56,20	56,00	0,2
939	56,11	55,89	0,22
930	Puente de calle Leonardo Rucabado		
924	55,97	55,81	0,16
917	55,86	55,71	0,15
897	55,80	55,65	0,15
877	55,76	55,61	0,15
857	55,45	55,35	0,1
837	55,22	55,16	0,06
806	55,44	55,32	0,12
800	Puente N-634		
794	55,02	55,00	0,02
777	54,95	54,95	0
757	54,93	54,93	0
737	54,82	54,85	-0,03
717	54,90	54,91	-0,01
697	54,76	54,76	0
677	54,68	54,68	0

Estudio de alternativas de la solución de defensa frente a avenidas extraordinarias del río Sámamo en el núcleo de Castro Urdiales (Cantabria)
Xoooo363-Estudio de Alternativas-REV-2

Perfil Transversal	Altura de agua ITR ₂	Altura de agua ITR ₃	Diferencia
657	54,69	54,69	0
637	54,62	54,62	0
617	54,62	54,62	0
597	54,60	54,60	0
577	54,54	54,54	0
561	54,45	54,45	0

Tabla nº4. Diferencias en las alturas de calado entre Iteración 2 e Iteración 3

8.4 Iteración N°4: Motas y muros sin demolición de la conservera

8.4.1 Descripción de las actuaciones

Analizados los resultados anteriores, se ha planteado la posibilidad de optimizar la disposición de las motas, situándolas en el borde de la zona de servidumbre protección del DPMT (20m) para aumentar de este modo la superficie inundable y, con ello, la capacidad portante del cauce. Además, se cambia la tipología de protección en el entorno de la pasarela peatonal, tanto hacia agua arriba como aguas abajo, de manera que las defensas queden mejor integradas con la urbanización existente. Todo ello queda recogido en esta iteración nº4, siendo las actuaciones concretas las siguientes:

- Demolición de los edificios correspondientes a la empresa Emerson Automation y empresa Tierras Industriales Herrán y Diez. Se corresponden con las referencias catastrales 2419902VP8021N0001FB y 2419901VP8021N0001TB respectivamente. Se mantiene, por tanto, el edificio de la conservera Lolín.
- Ejecución de motas de protección fuera de la franja de servidumbre y dentro de la zona de protección del DPMT.
- Ejecución de muros de protección integrados en el límite entre la urbanización existente y el terreno natural de la coronación del borde del cauce.
- Demolición de los puentes, estribos y tableros, que generan interferencia al paso del agua (Pasarela del Paseo Acebal Idígoras, Paseo Ocharan Mazas, N-634 y Calle Leonardo Rucabado) y restitución por tableros de un único vano que permitan la avenida de 500 años de periodo de retorno sin que se genere un vertido sobre los mismos.
- Adecuación de viales en las inmediaciones de los citados puentes, mediante elevación de rasante.

8.4.2 Análisis hidráulico Iteración N°4

Tras la modelización de las actuaciones mencionadas, se comprueba que las soluciones propuestas son capaces de contener la avenida de 100 años de periodo de retorno.

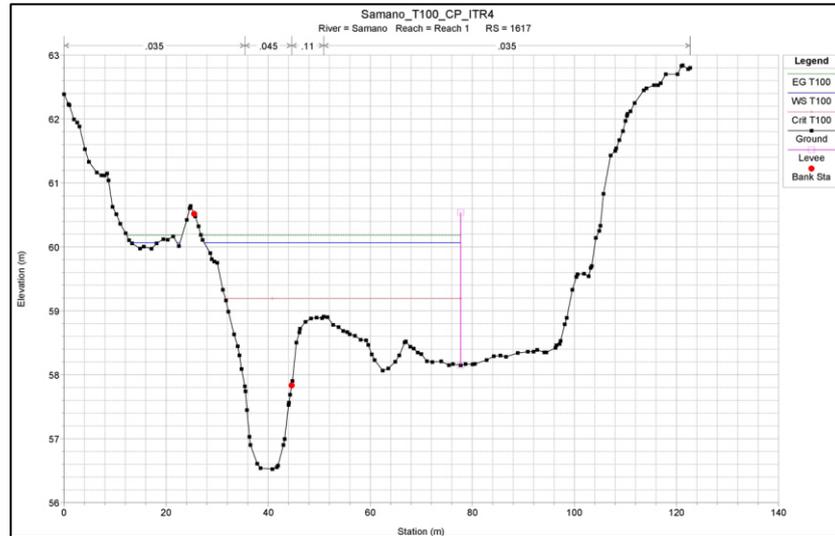


Figura nº 37 Perfil transversales RS 1617. Protección en acceso barrio Hoz y Dombergón.

En el perfil longitudinal es posible apreciar que hidráulicamente la nueva iteración es equivalente a la Iteración 2. Tal y como se indicaba en la Iteración 2, el hecho de mantener el edificio de la conservera genera una sobreelevación de unos 25 centímetros del calado de la zona. Este efecto se produce en una longitud de unos 250 metros, concretamente desde el edificio de la conservera hasta llegar al pequeño azud de la trasera del CC Eroski.

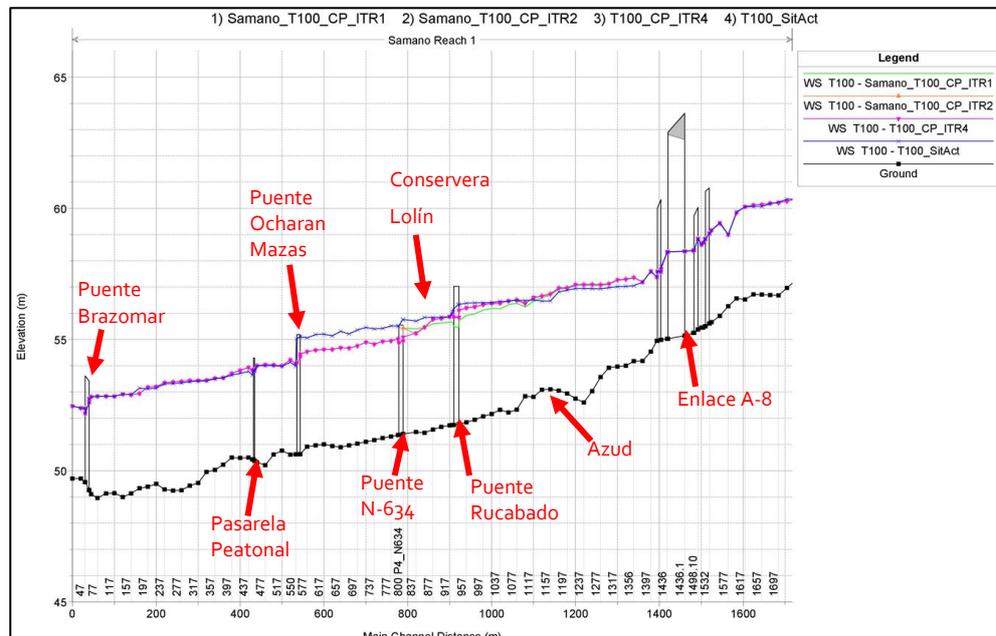


Figura nº 38 Perfil longitudinal, comparación entre la Situación Actual (azul), Iteración 1 (verde), Iteración 2 (naranja) e Iteración (fucsia), T100 años.

Estudio de alternativas de la solución de defensa frente a avenidas extraordinarias del río Sámamo en el núcleo de Castro Urdiales (Cantabria)
Xoooo363-Estudio de Alternativas-REV-2

En los planos de iteraciones adjuntos a la presente memoria, se incluyen los planos donde se presentan tanto las actuaciones como las dimensiones con mayor detalle de las iteraciones estudiadas.

Como conclusión de las iteraciones realizadas y viendo que las actuaciones cumplen con los condicionantes establecidos hidráulicamente, se plantean a continuación las alternativas a estudiar en el análisis multicriterio.

9 Alternativas analizadas

A raíz del análisis iterativo unidimensional realizado en el capítulo anterior, se plantean 3 alternativas las cuales serán modelizadas bidimensionalmente y posteriormente valoradas desde el punto de vista técnico, ambiental y económico atendiendo a criterios expuestos en el capítulo "Valoración multicriterio de alternativas".

Estas tres alternativas se derivan de la última iteración analizada y constan de las siguientes actuaciones:

9.1 Descripción de alternativas

9.1.1 Alternativa 1: Protección y demolición de conservera

Comenzando desde aguas abajo y hasta el comienzo del ámbito de estudio, se contemplan las actuaciones indicadas a continuación.

En el tramo más aguas abajo se disponen muros de protección en ambas márgenes, de 270 metros de longitud en margen izquierda y unos 140 en margen derecha, ambos medidos desde la pasarela del paseo Acebal Idígoras (línea roja de imagen adjunta).

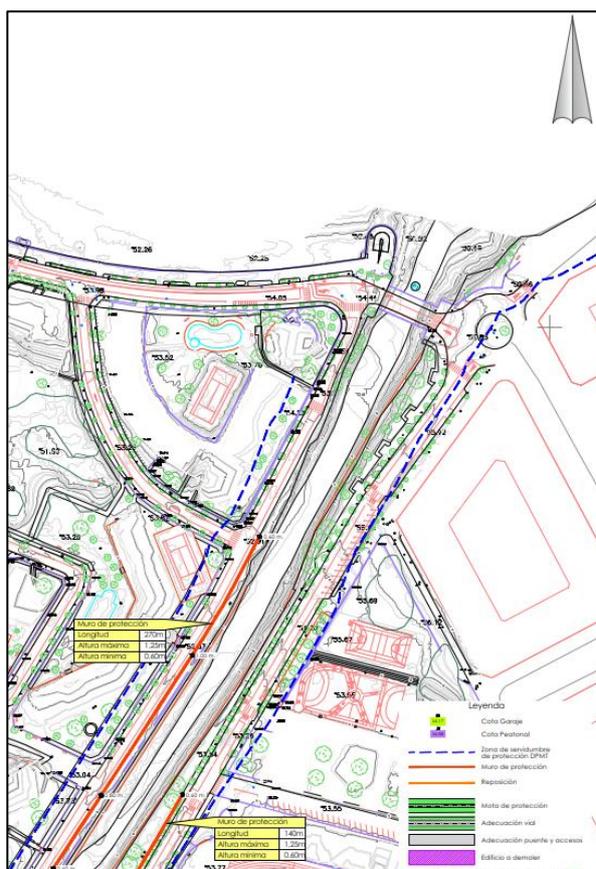


Figura nº 39 Actuaciones Alternativa 1, entre desembocadura y pasarela Acebal Idígoras.

Estudio de alternativas de la solución de defensa frente a avenidas extraordinarias del río Sámamo en el núcleo de Castro Urdiales (Cantabria)
X0000363-Estudio de Alternativas-REV-2

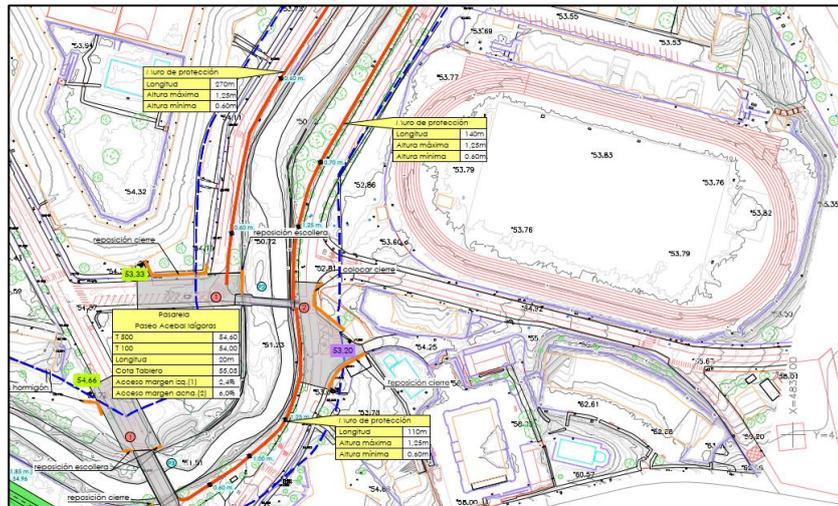


Figura nº 40 Actuaciones Alternativa 1, entre desembocadura y pasarela Acebal Idígoras (Continuación).

La altura mínima de estos muros será la mínima para contener la avenida de T=100 años con 0,30 m de resguardo, resultando tras la modelización muros de 0,6 metros de altura hasta un máximo de 1,25 metros. La protección de la margen derecha se ubicará en el límite entre la acera existente y el terreno natural de la coronación del borde del cauce, mientras que en el caso de la margen izquierda el muro de protección se ubicará en la separación del carril bici existente y el terreno natural. De esta manera las protecciones se integran perfectamente con los elementos urbanos existentes.

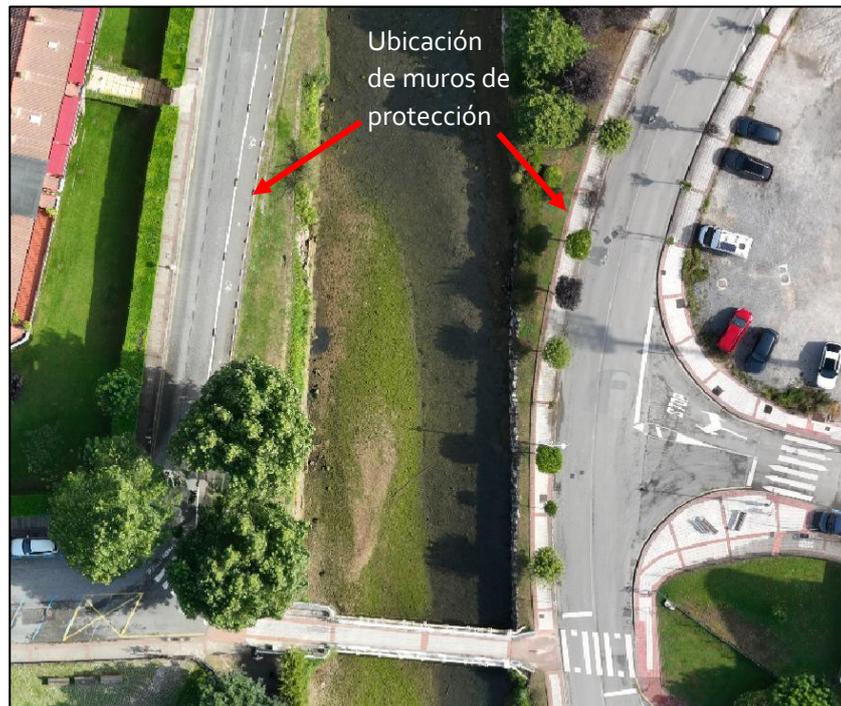


Figura nº 41 Ortofoto del entorno de la pasarela Acebal Idígoras.

La pasarela peatonal del paseo Acebal Idígoras será remplazada, eliminando de esta manera el estribo que obstaculiza la sección del cauce. Se plantea su sustitución por un puente de un único vano del ancho del cauce lo que supone 20 metros de luz. El canto necesario para soportar la

estructura se sitúa por encima de la rasante mediante dos arcos a sendos lados. Esto permite que el tablero tenga un espesor reducido, de unos 0,35 metros. La anchura útil será equivalente a la actual de unos 2,5 metros. La cota de rasante deberá quedar 1,45 metros por encima de la actual para cumplir el criterio de avenida de 500 años establecido.

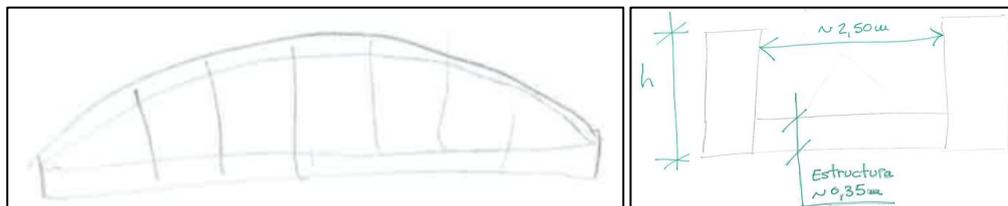


Figura nº 42 Esquema con tipología pasarela Paseo Acebal Idígoras.

Dado que el nuevo puente se verá elevado frente a la cota actual del tablero existente, será necesario rellenar para adecuar los viales colindantes, de manera que las rasantes y desagües de las calles sean compatibles con la nueva situación. Derivado de este cambio de rasante, se ha comprobado para cada obra de fábrica la pendiente generada en los viales, así como en los accesos a viviendas y garajes más próximos comprobando que las pendientes máximas son compatibles con el planeamiento urbanístico. Este análisis se puede observar en los planos del Apéndice nº2.

De cara a la valoración económica, se ha contemplado la reposición de los cierres y muros que se vean afectados por la nueva disposición, tanto a nivel de calle como en el talud del cauce.

A continuación, entre la pasarela peatonal y el puente de Ocharan Mazas, en la margen derecha, se ha proyectado un muro de protección, de unos 110 metros de longitud. La altura mínima necesaria de estos muros para contener la avenida de 100 años será de 0,6 metros hasta un máximo de 1,25 metros. La protección de la margen derecha se ubicará en el límite entre la acera existente y el terreno natural de la coronación del borde del cauce.

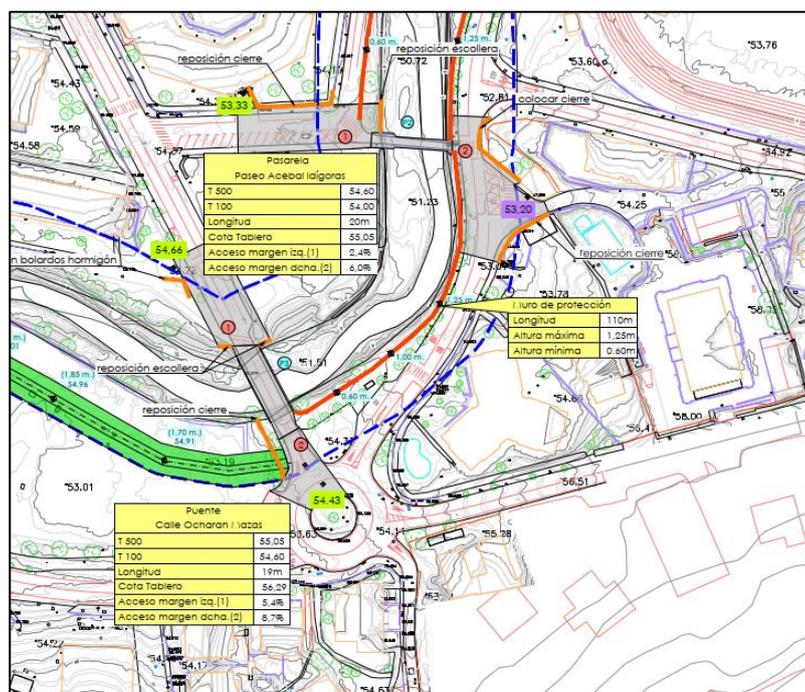


Figura nº 43 Actuaciones Alternativa 1, entre pasarela Acebal Idígoras y puente Ocharan Mazas.

Estudio de alternativas de la solución de defensa frente a avenidas extraordinarias del río Sámano en el núcleo de Castro Urdiales (Cantabria)
X000363-Estudio de Alternativas-REV-2

El puente de la calle Ocharan Mazas, será remplazado, eliminando de esta manera los estribos que obstaculizan la sección del cauce. Se plantea la sustitución por un puente de un único vano de 19 metros de luz. La tipología del puente será mediante techas de alzado recto. Esto permite que el tablero tenga un espesor mucho menor al actual, de aproximadamente 1,00 metro. La anchura útil será equivalente a la actual de unos 8 metros. Su rasante quedará elevada 1,15 metros por encima de la actual.

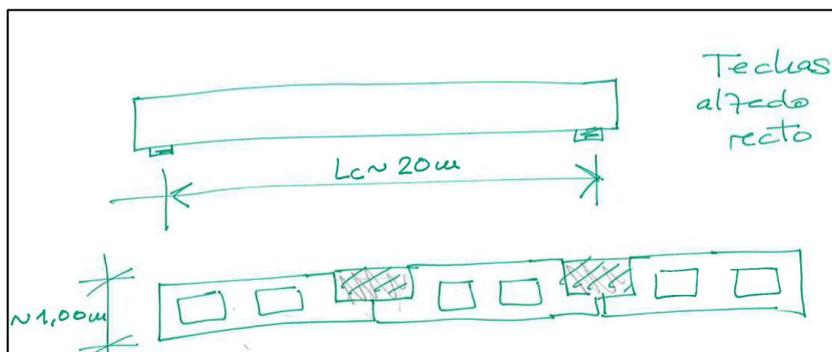


Figura nº 44 Esquema con tipología de puente para Calle Ocharan Mazas.

Al igual que en el caso anterior, dado que el nuevo puente se verá elevado frente a la cota actual del tablero existente, será necesario también rellenar para adecuar los viales colindantes, de manera que las rasantes y desagües de las calles sean compatibles con la nueva situación. Derivado de este cambio de rasante, se ha comprobado para cada obra de fábrica la pendiente generada en los viales, así como en los accesos a viviendas y garajes más próximos comprobando que las pendientes máximas son compatibles con el planeamiento urbanístico. Este análisis se puede observar en los planos del Apéndice nº2.

De cara a la valoración económica, se ha la reposición de los cierres y elementos urbanos como bolardos que se vean afectados por la nueva disposición, tanto a nivel de calle como los muros de escollera en el talud del cauce.

Una vez superado el puente de la calle Ocharan Mazas, en la parcela de la antigua fábrica química se planta una protección mediante una mota. Esta requiere una altura máxima de 2,00 metros y en promedio de 1,85 metros. La longitud es de unos 250 metros.

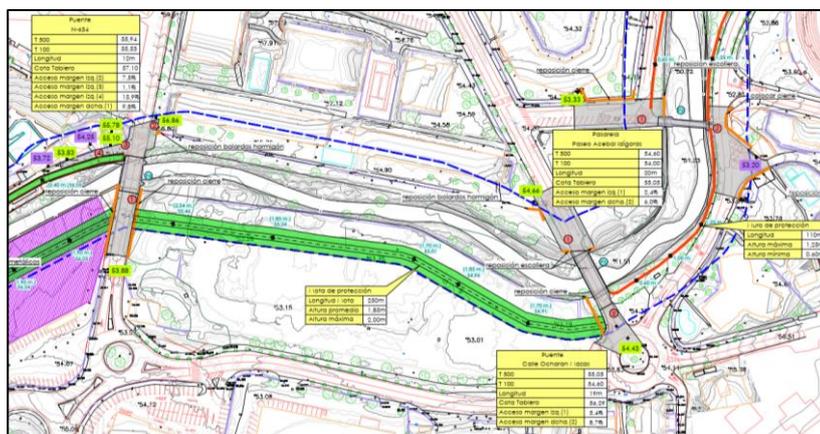


Figura nº 45 Actuaciones Alternativa 1, entre puente Ocharan Mazas y edificio de la conservera.



Figura nº 46 Ortofoto del entorno de la antigua fábrica química y Conservera Lolín.

El puente en arco de la N-634, será remplazado, eliminando de esta manera un importante obstáculo en el discurrir del cauce. Se plantea la sustitución por un puente de un único vano de 12 metros de luz. La tipología del puente será de puente losa. Esto permite que el tablero tenga un espesor mucho menor al actual, de aproximadamente 0,60 metros. La anchura útil será equivalente a la actual de unos 10 metros. Su rasante quedará elevada 1,15 metros por encima de la actual.

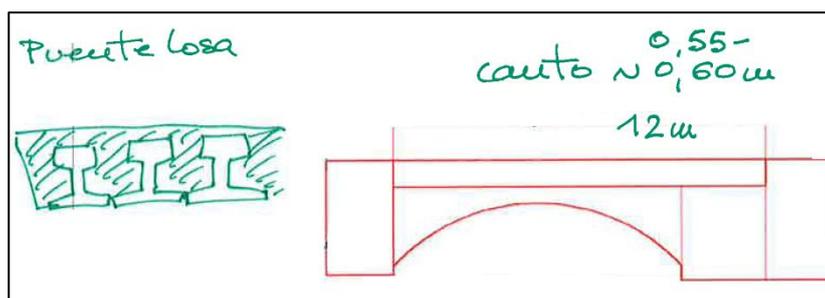


Figura nº 47 Esquema con tipología de puente para N-634.

Dado que el nuevo puente se verá elevado frente a la cota actual del tablero existente, será necesario adecuar los accesos y viales colindantes, de manera que las rasantes y desagües de las calles sean compatibles con la nueva situación.

Se contempla la reposición de los cierres, muros y elementos urbanos como bolardos que se vean afectados por la nueva disposición.

En esta primera alternativa, la fábrica de la conservera será demolida en su totalidad, colocando posteriormente una mota de 1,90 metros de altura máxima y un promedio de 1,75 metros. Su longitud es de unos 107 metros.

En la margen contraria a la conservera, se sitúa la calle la Cruz de uso principalmente peatonal. En esta calle también se sitúa un carril bici. Por ello, se plantea levantar dicho carril bici mediante muros verticales a una altura promedio de 1,83 metros (altura máxima de 2,46 m) para que no se incremente su ocupación en planta y que las viviendas puedan continuar utilizando la calle como acceso pero que sirva de protección frente a inundaciones.

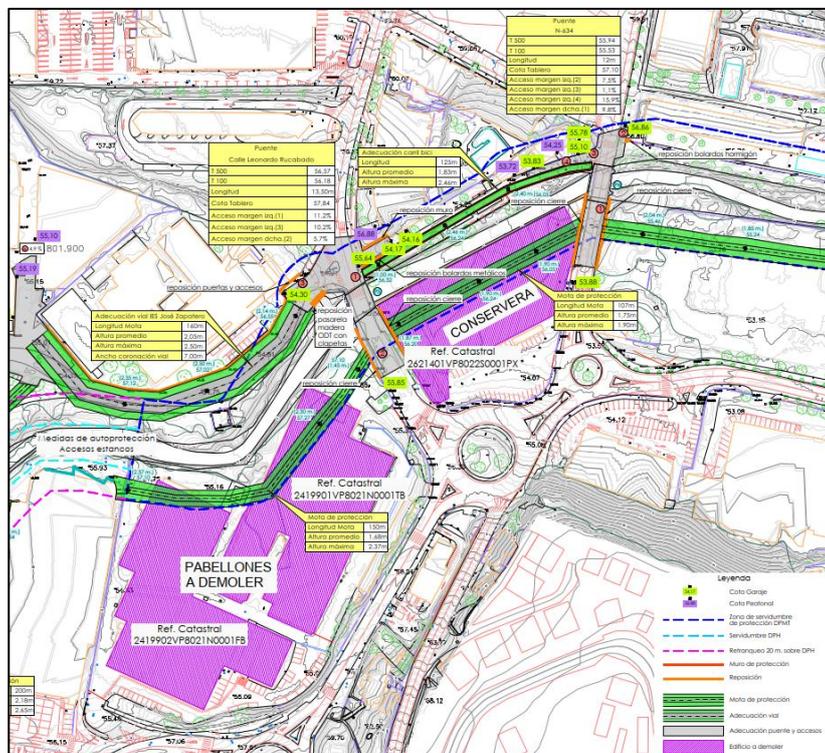


Figura nº 48 Actuaciones Alternativa 1, entre edificio de la conservera Lolín y trasera del CC Eroski.

El último puente que será reemplazado es el situado en la calle Leonardo Rucabado. Se plantea la sustitución por un puente de un único vano de 13,50 metros de luz. La tipología del puente será de puente losa. Esto permite que el tablero tenga el mínimo espesor posible, de aproximadamente 0,70 metros. La anchura útil será equivalente a la actual de unos 12 metros. Su rasante quedará elevada 2,16 metros por encima de la actual.

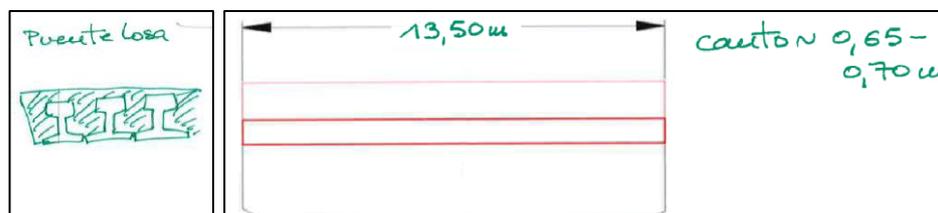


Figura nº 49 Esquema con tipología de puente para calle Leonardo Rucabado.

Dado que el nuevo puente se verá elevado frente a la cota actual del tablero existente, será necesario adecuar los accesos y viales colindantes, de manera que las rasantes y desagües de las calles sean compatibles con la nueva situación.

En este tramo, el vial que da acceso al colegio IES Jose Zapatero y al polígono industrial La Tejera, mantendrá una anchura de 7 metros, para permitir la circulación en los dos sentidos. Sin embargo,

es necesario elevarlo una altura media de 2,05 metros sobre la disposición actual, con un máximo puntual de 2,50 metros. La longitud en la que se modifica el vial es de unos 160 metros. Una vez rodeado el colegio, los accesos a los diferentes ramales del polígono industrial también deberán ser ajustados acorde a la nueva rasante. En este punto, se ha comprobado que la pendiente generada en dichos accesos cumple las pendientes máximas compatibles con el planeamiento urbanístico.

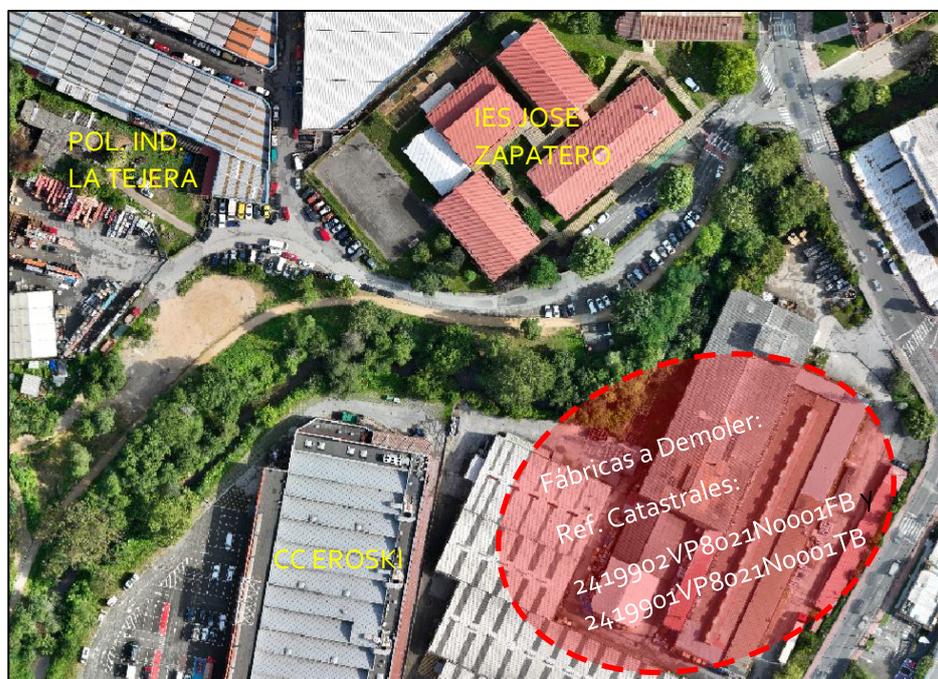


Figura nº 50 Ortofoto del IES Jose Zapatero, fábricas y centro comercial Eroski.

En la margen derecha, los edificios de las distintas empresas deben ser demolidos para colocar una nueva mota de protección. Su altura máxima será de 2,37 metros con un promedio de 1,68 metros, y su longitud es de unos 150 metros.

Continuando en la misma margen hacia aguas arriba, la parte trasera del centro comercial Eroski requerirá medidas de autoprotección mediante accesos estancos, además de la modificación de los viales necesarios para poder mantener el acceso a las zonas de carga de sus vehículos.

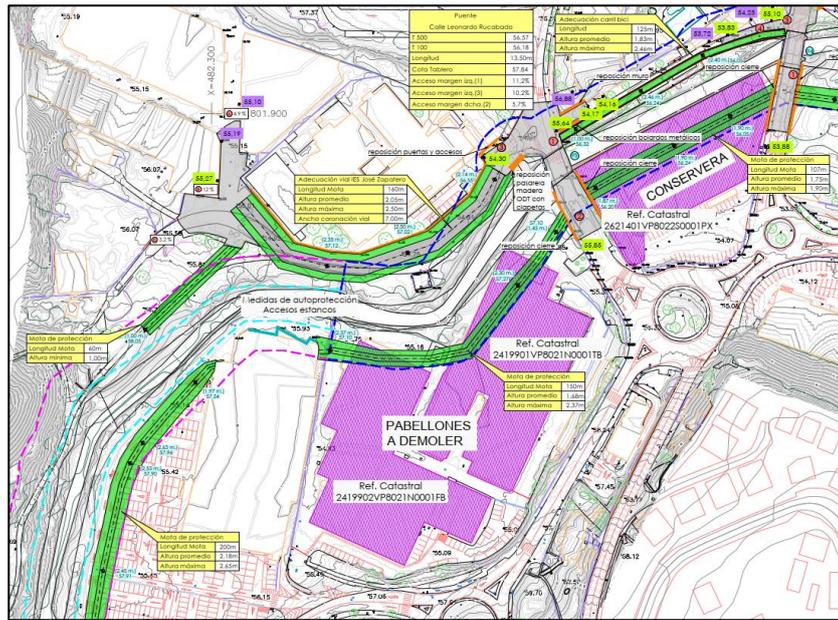


Figura nº 51 Actuaciones Alternativa 1, IES José Zapatero y aparcamiento del CC Eroski.

En la margen izquierda del río, existe un paseo de ribera de reciente ejecución que tiene una de sus salidas y/o entradas en la confluencia del polígono industrial La Tejera y la parte trasera el IES Jose Zapatero. Para evitar la inundación de esta margen, será necesario elevar parcialmente el camino con una mota de altura máxima 1 metro, en una longitud no mayor a 60 metros.

También se requiere una mota de protección en el aparcamiento del centro comercial Eroski para evitar su inundación con una longitud total de 200 metros, altura máxima de mota de 2,65 metros y altura promedio de 2,18 metros.

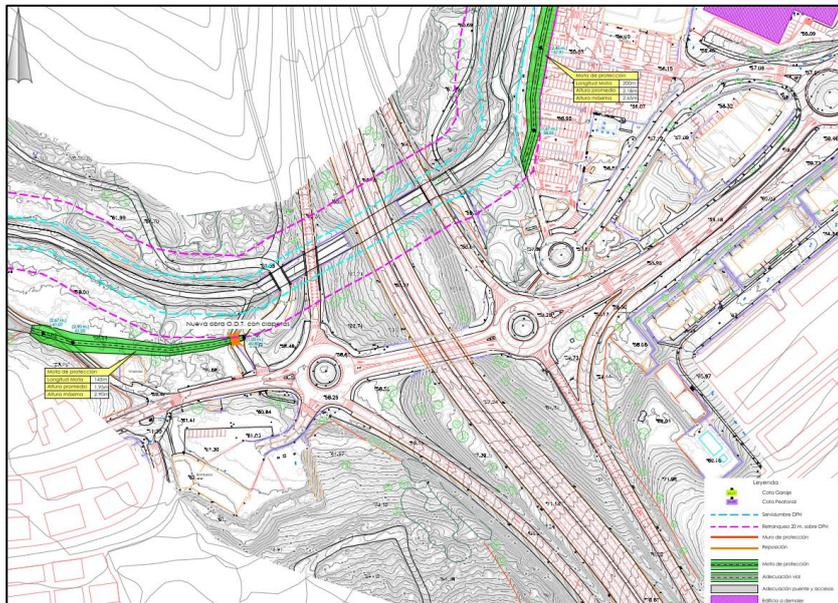


Figura nº 52 Actuaciones Alternativa 1, aparcamiento del CC Eroski y tramo rural frente a los bomberos.

Estudio de alternativas de la solución de defensa frente a avenidas extraordinarias del río Sámano en el núcleo de Castro Urdiales (Cantabria)
X0000363-Estudio de Alternativas-REV-2

Finalmente, para dar protección al parque de Bomberos de Castro-Urdiales y el enlace a la autovía A-8, se proyecta una mota como protección a las inundaciones. Esta mota se ubica en un entorno rural y servirá también para proteger la vivienda situada a pie del camino de acceso a los barrios de la Hoz y Dombergón. Esta mota tiene una longitud de unos 145 metros y su altura media es de 1,95 metros, con un máximo puntual de 2,90 metros. El citado camino de acceso a los barrios también resultará rehabilitado para ajustar las rasantes y poder superar la mota. En esta mota, también se incluye una Obra de Drenaje Transversal (ODT) con clapetas para dar continuidad a los drenajes del enlace de la A-8. Sus dimensiones serán equivalentes como mínimo a las existentes en la ODT del cruce de la CA-520.

Cabe reiterar que todos los servicios existentes que se vean afectados por las actuaciones descritas serán desviados y/o repuestos según lo indicado en el capítulo de servicios afectados del presente documento. Este aspecto se ha considerado en la valoración multicriterio de las alternativas.

9.1.2 Alternativa 2: Protección y canal de derivación sin demolición de conservera

En esta Alternativa 2 se han considerado las mismas actuaciones que en el Alternativa 1 con la salvedad de que en la Alternativa 2 no se demuele la fábrica de la conservera para intentar preservarla por el impacto social y económico que tiene en el municipio de Castro Urdiales. Además, se ha considerado la ejecución de un canal de derivación a modo de bypass en el río para intentar derivar parte del caudal del cauce principal y mitigar la sobreelevación de la lámina que producirá a priori el hecho de mantener la fábrica de la conservera.

Para no ser repetitivos, se indica de manera general que, al igual que en la Alternativa 1, la elevación de los puentes respecto a la cota actual del tablero existente, requerirá rellenar y adecuar los viales colindantes, de manera que las rasantes y desagües de las calles sean compatibles con la nueva situación. Derivado de este cambio de rasante, se ha comprobado para cada obra de fábrica la pendiente generada en los viales, así como en los accesos a viviendas y garajes más próximos comprobando que las pendientes máximas son compatibles con el planeamiento urbanístico. Este análisis se puede observar en los planos del Apéndice nº2.

De cara a la valoración económica, se ha contemplado la reposición de los cierres, muros y mobiliario urbano que se vean afectados por la nueva disposición, tanto a nivel de calle como en el talud del cauce, así como la reposición de servicios afectados.

De este modo, comenzando desde aguas abajo se contemplan las siguientes actuaciones.

En el tramo más aguas abajo se disponen muros de protección en ambas márgenes, de 270 metros de longitud en margen izquierda y unos 140 en margen derecha, ambos medidos desde la pasarela del paseo Acebal Idígoras. La altura mínima de estos muros será de 0,6 metros hasta un máximo de 1,25 metros. Al igual que en la Alternativa 1, la protección de la margen derecha se ubicará en el límite entre la acera existente y el terreno natural de la coronación del borde del cauce. En el caso de la margen izquierda el muro de protección se ubicará en la separación del carril bici existente y el terreno natural. De esta manera, las protecciones se integran perfectamente con los elementos urbanos existentes.

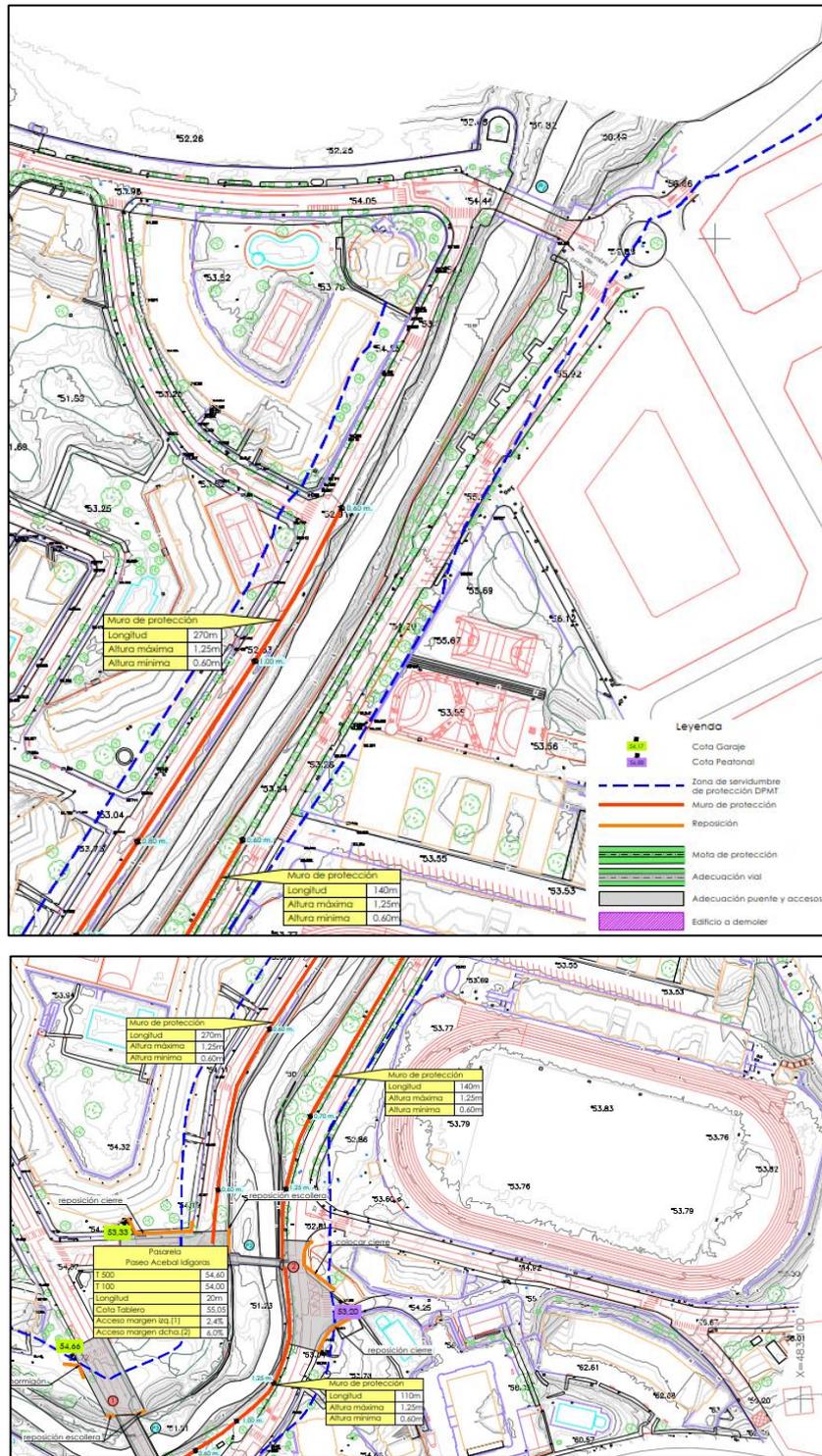


Figura nº 53 Actuaciones Alternativa 2, entre desembocadura y pasarela Acebal Idígoras

La pasarela peatonal del paseo Acebal Idígoras será remplazada, eliminando de esta manera el estribo que obstaculiza la sección del cauce. Se plantea su sustitución por un puente de un único vano del ancho del cauce lo que supone 20 metros de luz. El canto necesario para soportar la estructura se sitúa por encima de la rasante mediante dos arcos a sendos lados. Esto permite que el

tablero tenga un espesor reducido, de unos 0,35 metros. La anchura útil será equivalente a la actual de unos 2,5 metros. La cota de rasante deberá quedar 1,45 metros por encima de la actual para cumplir el criterio de avenida de 500 años establecido.

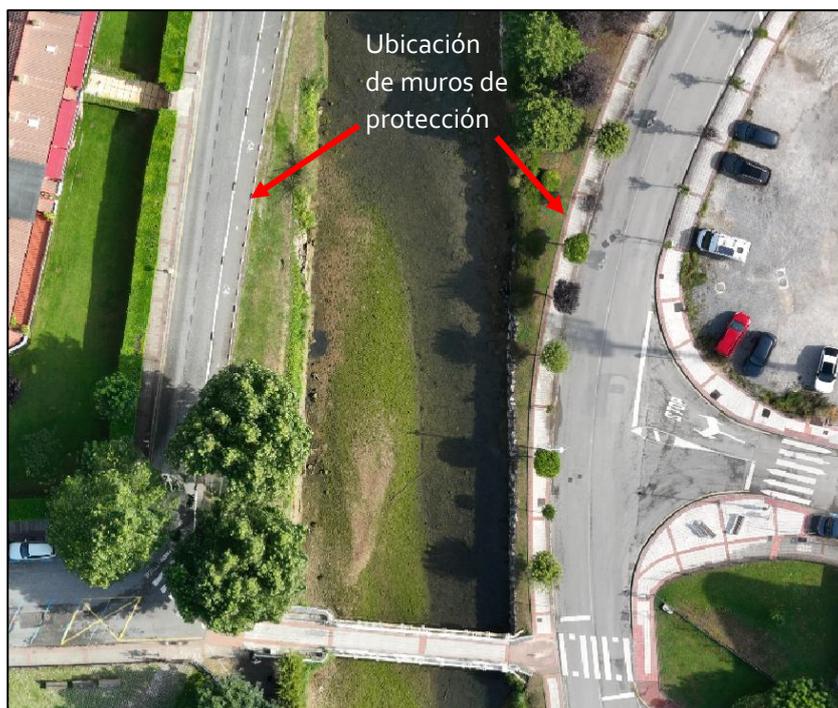


Figura nº 54 Ortofoto del entorno de la pasarela Acebal Idígoras.

Entre la pasarela peatonal y el puente de Ocharan Mazas, en la margen derecha, se proyecta un muro de protección, de unos 110 metros de longitud. La altura mínima de estos muros será de 0,6 metros hasta un máximo de 1,25 metros. La protección de la margen derecha se ubicará en el límite entre la acera existente y el terreno natural de la coronación del borde del cauce.

El puente de la calle Ocharan Mazas, será remplazado, eliminando de esta manera los estribos que obstaculizan la sección del cauce. Se plantea la sustitución por un puente de un único vano de 19 metros de luz. La tipología del puente será mediante techas de alzado recto. Esto permite que el tablero tenga un espesor mucho menor al actual, de aproximadamente 1,00 metro. La anchura útil será equivalente a la actual de unos 8 metros. Su rasante quedará elevada 1,15 metros por encima de la actual al igual que en la Alternativa 1.

Una vez superado el puente de la calle Ocharan Mazas, en la parcela de la antigua fábrica química se planta una protección mediante una mota. Esta tiene una altura media de 1,85 m, con 2,00 metros de altura máxima. La longitud es de unos 235 metros. Hasta este punto las actuaciones planteadas son análogas a las descritas en la Alternativa 1.



Figura nº 55 Ortofoto del entorno de la antigua fábrica química y Conservera Lolín.

Asimismo, unos 45 metros antes de llegar al puente de la N-634, se ha ubicado la salida del canal de derivación, el cual estará rodeado de una mota para evitar que la avenida de 100 años de periodo de retorno se desborde en este punto. Dicha mota tiene una altura media de 2,50 metros con un máximo de 2,85 metros. Su longitud es de unos 150 metros.

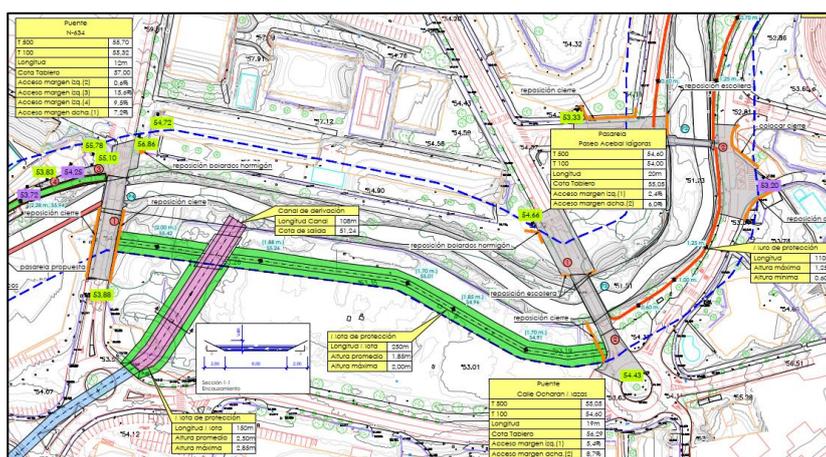


Figura nº 56 Actuaciones Alternativa 2, entorno de la antigua fábrica química y Conservera Lolín.

Este canal de derivación, así como el cajón enterrado que le precede, han sido dimensionados según el análisis preliminar realizado en el Iteración nº3, en la cual se ha establecido que la sección del bypass será un cajón de 6 metros de base por un metro de alto para que quede suficientemente enterrado en todo su trazado y no discorra debajo de viviendas teniendo por tanto como limitante del ancho de la calzada. Para la sección a cielo abierto, se establece un canal trapezoidal de base 6 metros y taludes 2:1 (H:V), todo ello con 0,5% de pendiente. La longitud del canal abierto que retorna al cauce en esta zona es de unos 108 metros.

El puente en arco de la N-634, se ha reemplazado, eliminando de esta manera un importante obstáculo en el discurrir del cauce. Se plantea su sustitución por un puente de un único vano de 12 metros de luz. La tipología del puente será de puente losa. Esto permite que el tablero tenga un espesor mucho menor al actual, de aproximadamente 0,60 metro. La anchura útil será equivalente a la actual de unos 10 metros. La cota de rasante deberá quedar 1,05 metros por encima de la actual para cumplir el criterio de avenida de 500 años establecido. Este valor es ligeramente inferior a la

Estudio de alternativas de la solución de defensa frente a avenidas extraordinarias del río Sámano en el núcleo de Castro Urdiales (Cantabria)
X000363-Estudio de Alternativas-REV-2

Alternativa 1 (10 centímetros) y se puede relacionar directamente con la presencia del canal de derivación.

En esta segunda alternativa, la fábrica de la conservera no es demolida. En los planos se plantea una pasarela peatonal de ancho 1,5 metros y adjunta a la fachada del edificio, de manera que se permita dar continuidad al camino de ribera que forman las motas. Si bien a efectos de análisis multicriterio a desarrollar en los capítulos posteriores no será incluida.

En la margen contraria a la conservera, se sitúa la calle la Cruz de uso principalmente peatonal. En esta calle también se sitúa un carril bici. Al igual que en la Alternativa 1, se plantea levantar dicho carril bici mediante muros verticales para permitir continuar utilizando el vial como acceso a las viviendas pero que sirva de protección frente a avenidas. La altura promedio requerida será de 1,98 metros con una altura máxima puntual de 2,70 metros. En comparación con la Alternativa 1, es 15 centímetros mayor en promedio, mientras que el punto más desfavorable es hasta 24 centímetros más alto.

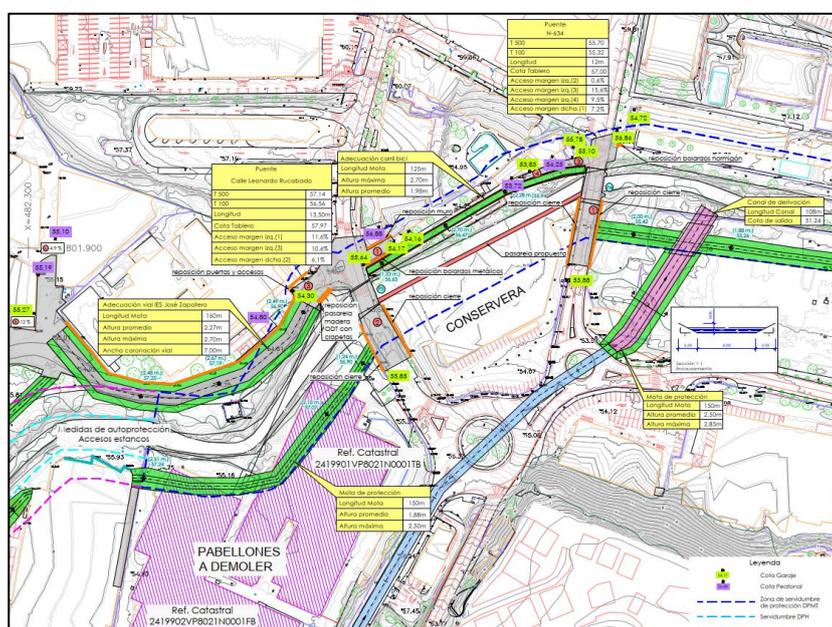


Figura nº 57 Actuaciones Alternativa 2, entre edificio de la conservera y trasera del CC Eroski.

El último puente que será reemplazado es el situado en la calle Leonardo Rucabado. Se plantea la sustitución por un puente de un único vano de 13,50 metros de luz. La tipología del puente será de puente losa. Esto permite que el tablero tenga el mínimo espesor posible, de aproximadamente 0,70 metros. La anchura útil será equivalente a la actual de unos 12 metros. La cota de rasante deberá quedar 2,29 metros por encima de la actual para cumplir el criterio de avenida de 500 años establecido. La Alternativa 2, por tanto, es 13 centímetros superior al de la Alternativa 1 en este punto.

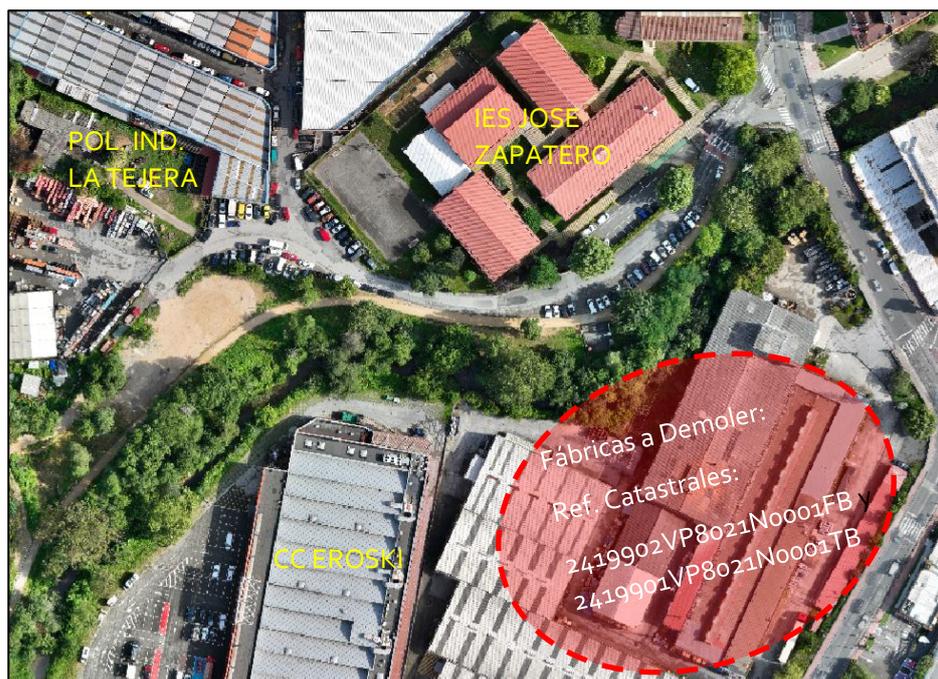


Figura nº 58 Ortofoto del IES Jose Zapatero, fábricas y centro comercial Eroski.

Aguas arriba del puente Leonardo Rucabado, el vial que da acceso al colegio IES Jose Zapatero y al polígono industrial La Tejera, mantendrá una anchura de 7 metros, para permitir la circulación en los dos sentidos. Sin embargo, es necesaria en este tramo una mota de protección, lo cual se ha diseñado elevando la altura del vial existente un promedio de 2,27 metros, con una altura máxima de 2,70 metros sobre la disposición actual. La longitud en la que se modifica el vial es de unos 160 metros. En comparación con la Alternativa 1, es 22 centímetros mayor en promedio, mientras que el punto más desfavorable es hasta 20 centímetros más alto. Una vez rodeado el colegio, las rasantes de los viales a los diferentes ramales del polígono industrial también deberán ser ajustados acorde a la nueva disposición.

En la margen derecha, los edificios de las distintas empresas serán desmanteladas para colocar una nueva mota de protección. La altura máxima es de 2,50 metros y un promedio de 1,88 metros. Su longitud es de unos 150 metros. En comparación con la Alternativa 1, es 20 centímetros mayor en promedio, mientras que el punto más desfavorable es hasta 13 centímetros más alto.

Continuando en la misma margen hacia aguas arriba, la parte trasera del centro comercial Eroski requerirá medidas de autoprotección mediante accesos estancos, además de la modificación de los viales necesarios para poder mantener el acceso a las zonas de carga de sus vehículos.

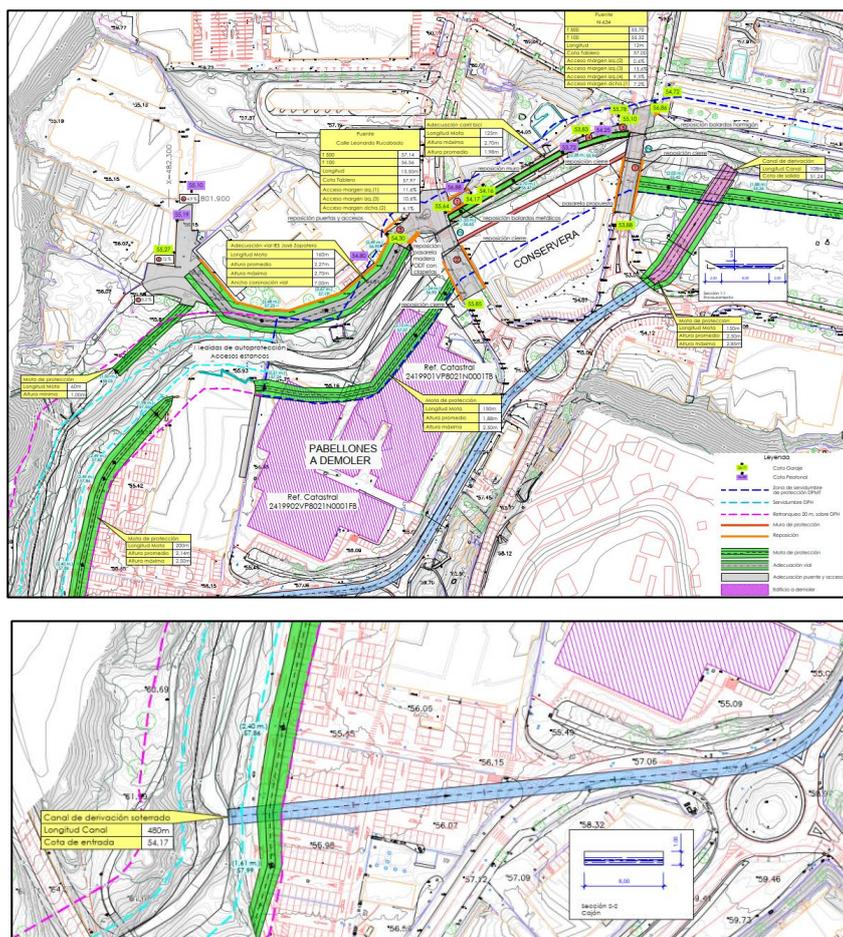


Figura nº 59 Actuaciones Alternativa 2, aparcamiento del CC Eroski y canal derivación (Bypass)

En la margen izquierda del río, existe un paseo de ribera de reciente ejecución que tiene una de sus salidas y/o entradas en la confluencia del polígono industrial La Tejera y la parte trasera el IES Jose Zapatero. Será necesario elevar parcialmente el camino con una mota de altura máxima 1 metro, en una longitud no mayor a 60 metros.

El siguiente tramo que necesita una mota de protección para evitar la avenida de 100 años de período de retorno es el aparcamiento del centro comercial Eroski. Para ello, se dispondrá una mota de unos 200 metros de longitud y una altura media de 2,14 metros y máxima 2,50 metros. En comparación con la Alternativa 1, es 4 centímetros menor en promedio, mientras que el punto más desfavorable es hasta 15 centímetros más baja.

En este punto, al comienzo de la mota de protección del aparcamiento, se sitúa el inicio del canal de derivación. Como se ha justificado en la Iteración nº3, este discurre por debajo del aparcamiento para evitar pasar debajo de parcelas habitadas hasta llegar a la glorieta de la calle Leonardo Rucabado hacia el norte, en dirección a las rotondas aledañas a la fábrica de la conservera y salir finalmente en el canal antes descrito en la parcela de la antigua química. El canal de derivación consta de un primer tramo ejecutado en hormigón armado de sección rectangular con base de 6 metros y altura de 1 metro. La longitud del tramo soterrado es de 480 metros. El tramo de canal abierto, es una sección trapezoidal, con base de 6 metros y taludes 2 a 1 (H:V). La longitud del canal abierto es de unos 108 metros.



Figura nº 60 Ortofoto tramo soterrado canal de derivación, fábricas y centro comercial Eroski.

Finalmente, para dar protección al parque de Bomberos de Castro-Urdiales y el enlace a la autovía A-8, se proyecta una mota como protección a las inundaciones. Esta mota se ubica en un entorno rural y servirá también para proteger la vivienda situada a pie del camino de acceso a los barrios de la Hoz y Dombergón. Presenta una longitud de unos 145 metros, con una altura media de 1,95 metros. La altura máxima es de 2,90 metros. El citado camino de acceso a los barrios también resultará rehabilitado para ajustar las rasantes y poder superar la mota. En esta mota, también se incluye una ODT con clapetas para dar continuidad a los drenajes del enlace de la A-8. Sus dimensiones serán equivalentes como mínimo a las existentes en la ODT del cruce de la CA-520. Esta protección es análoga a la presentada en la Alternativa 1.

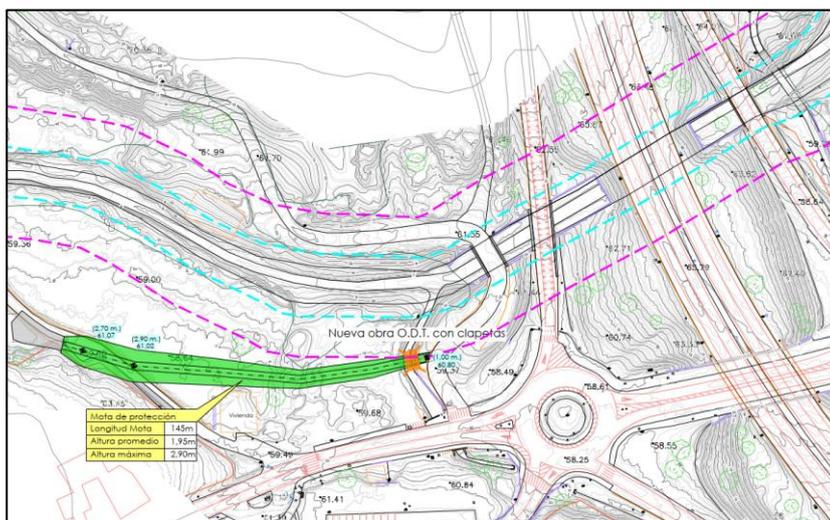


Figura nº 61 Actuaciones Alternativa 2, aparcamiento del CC Eroski y tramo rural frente a los bomberos.

Cabe reiterar que todos los servicios existentes que se vean afectados por las actuaciones descritas serán desviados y/o repuestos según lo indicado en el capítulo de servicios afectados del presente documento.

9.1.3 Alternativa 3: Protección sin demolición de conservera

Como ya se intuía en la Iteración nº3, el bypass no supone una ventaja hidráulica significativa ya que la escasa pendiente del tramo al que pretende dar solución y el efecto de la marea hace que el tramo soterrado entre en carga apenas desagando 11 m³/s de los 137 m³/s que lleva el cauce en caso de no disponer de bypass. Esto supone una mejora de apenas el 8% y una disminución máxima de la lámina de agua en el tramo entre la salida del canal de derivación y el IES Jose Zapatero de 12 cm. Estos aspectos, unidos a la dificultad constructiva de dicha infraestructura, así como las afecciones durante las obras, la servidumbre que genera a largo plazo y el elevado coste económico, han hecho que se analice la Alternativa 3, cuyas actuaciones son idénticas a las de la Alternativa 2 con la salvedad de que no se construye el canal de derivación. Con este análisis se pretende, por un lado, ver la ventaja que supone el bypass de la Alternativa 2, y, por otra parte, si se compara con la Alternativa 1, la ventaja que supone para la inundabilidad la demolición de la fábrica de la conservera.

Para no ser repetitivos, se indica de manera general que, al igual que en las Alternativas 1 y 2, la elevación de los puentes respecto a la cota actual del tablero existente, requerirá rellenar y adecuar los viales colindantes, de manera que las rasantes y desagües de las calles sean compatibles con la nueva situación. Derivado de este cambio de rasante, se ha comprobado para cada obra de fábrica la pendiente generada en los viales, así como en los accesos a viviendas y garajes más próximos comprobando que las pendientes máximas son compatibles con el planeamiento urbanístico. Este análisis se puede observar en el Apéndice nº2: Planos.

De cara a la valoración económica, se ha contemplado la reposición de los cierres, muros y mobiliario urbano que se vean afectados por la nueva disposición, tanto a nivel de calle como en el talud del cauce, así como la reposición de servicios afectados.

Asimismo, es necesario indicar que las diferencias hidráulicas respecto a las Alternativas anteriores se producen únicamente aguas arriba del puente de la N-634 junto al cual está la conservera en el caso de la Alternativa 1; y aguas arriba de la incorporación del bypass al cauce en el caso de la Alternativa 2. Por ello, aunque se describen nuevamente a continuación, las actuaciones, así como sus dimensiones y afecciones desde la desembocadura hasta unos 50 m aguas abajo del puente de la N-634 en la parcela de la antigua química son idénticas en las 3 alternativas estudiadas.

Comenzando desde aguas abajo y hasta el comienzo del ámbito de estudio, se contemplan las siguientes actuaciones.

Al igual que en las Alternativas 1 y 2, son necesarios muros de protección en ambas márgenes, de 270 metros de longitud en margen izquierda y unos 140 en margen derecha, ambos medidos desde la pasarela del paseo Acebal Idógoras.

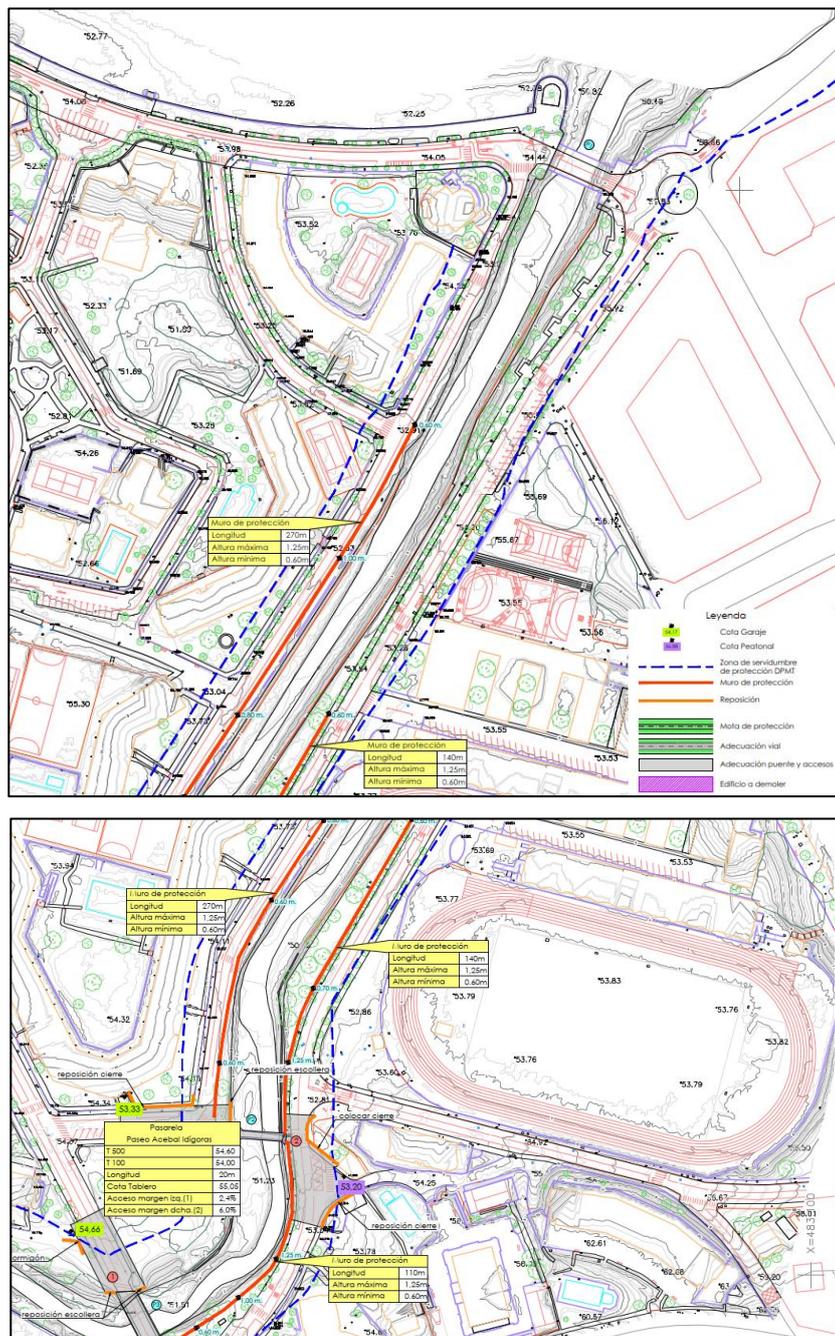


Figura nº 62 Actuaciones Alternativa 3, entre desembocadura y pasarela Acebal Idígoras.

La altura mínima de estos muros será de 0,6 metros hasta un máximo de 1,25 metros. La protección de la margen derecha se ubicará en el límite entre la acera existente y el terreno natural de la coronación del borde del cauce. En el caso de la margen izquierda el muro de protección se ubicará en la separación del carril bici existente y el terreno natural. De esta manera las protecciones se integran perfectamente con los elementos urbanos existentes.

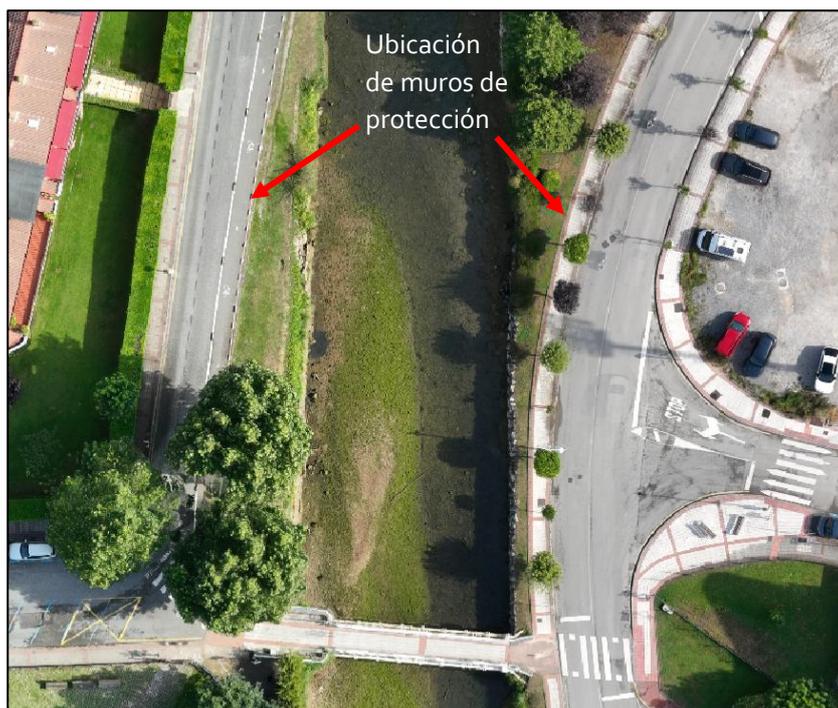


Figura nº 63 Ortofoto del entorno de la pasarela Acebal Idígoras.

La pasarela peatonal del paseo Acebal Idígoras, será remplazada, eliminando de esta manera el estribo que obstaculiza la sección del cauce. Se plantea la sustitución por un puente de un único vano de 20 metros de luz de idénticas características y cota de rasante que las Alternativas 1 y 2.

Entre la pasarela peatonal y el puente de Ocharan Mazas, en la margen derecha, se proyecta un muro de protección, de unos 110 metros de longitud. La altura mínima de estos muros será de 0,6 metros hasta un máximo de 1,25 metros. La protección de la margen derecha se ubicará en el límite entre la acera existente y el terreno natural de la coronación del borde del cauce.

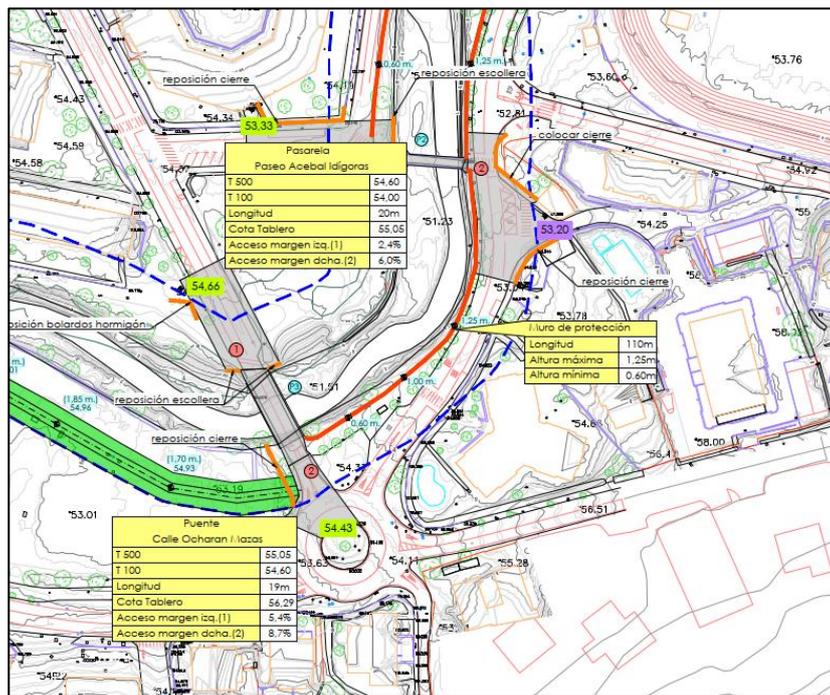


Figura nº 64 Actuaciones Alternativa 3, entre pasarela Acebal Idigoras y puente Ocharan Mazas.

El puente de la calle Ocharan Mazas, será remplazado, eliminando de esta manera los estribos que obstaculizan la sección del cauce. Se plantea la sustitución por un puente de un único vano de 19 metros de luz. La tipología del puente será mediante techas de alzado recto. Esto permite que el tablero tenga un espesor mucho menor al actual, de aproximadamente 1,00 metro. La anchura útil será equivalente a la actual de unos 8 metros. En resumen, sus características y cota de rasante resultante de la modelización son idénticas que en las Alternativas 1 y 2.

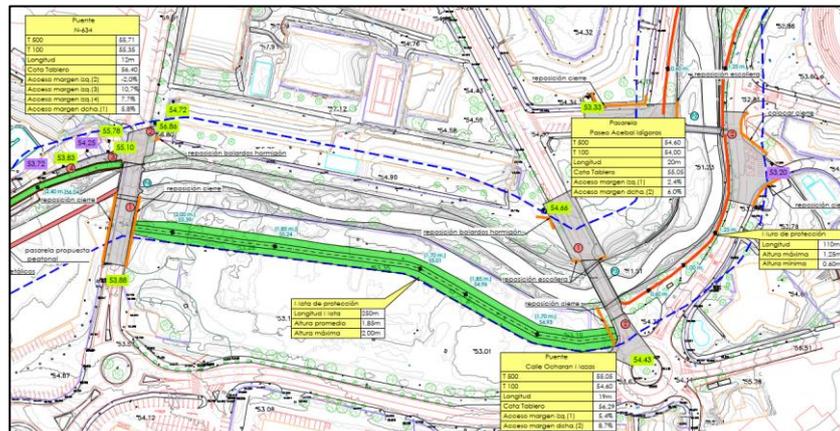


Figura nº 65 Actuaciones Alternativa 3, entre puente Ocharan Mazas y edificio de la conservera Lolin.

Una vez superado el puente de la calle Ocharan Mazas, en la parcela de la antigua fábrica química se planta una protección mediante una mota. Esta tiene una altura máxima de 2,00 metros y en promedio de 1,85 metros. La longitud es de unos 250 metros. Tal como se ha comentado, la altura que requiere para contener la avenida de 100 años de período de retorno es igual que en las

Alternativas 1 y 2, ya que las actuaciones aguas abajo de esta parcela son idénticas en las diferentes alternativas.



Figura nº 66 Ortofoto del entorno de la antigua fábrica química y Conservera Lolín.

El puente en arco de la N-634, será remplazado, eliminando de esta manera un importante obstáculo en el discurrir del cauce. Se plantea la sustitución por un puente de un único vano de 12 metros de luz. La tipología del puente será de puente losa. Esto permite que el tablero tenga un espesor mucho menor al actual, de aproximadamente 0,60 metro. La anchura útil será equivalente a la actual de unos 10 metros. La cota de rasante deberá quedar 0,45 metros por encima de la actual para cumplir el criterio de avenida de 500 años establecido.

En la Alternativa 3, igual que en la Alternativa 2, la fábrica de la conservera no es demolida. En los planos se plantea una pasarela peatonal de ancho 1,5 metros y adjunta a la fachada del edificio, de manera que se permita dar continuidad al camino de ribera que forman las motas. Si bien a efectos de comparación no será incluida en la valoración de los capítulos posteriores.

En la margen contraria a la conservera, se sitúa la calle la Cruz de uso principalmente peatonal. En esta calle también se sitúa un carril bici. Por ello, se plantea levantar dicho carril bici mediante muros verticales a una altura media de 2,13 metros con un máximo de 2,85 metros. Esto supone una elevación media de dicho carril bici de 0,39 metros más respecto a la Alternativa 1, lo cual refleja el efecto de la presencia de la fábrica de la conservera. Respecto a la Alternativa 2, el efecto producido por el caudal derivado reduce ligeramente la cota propuesta para dicho carril bici, y deja la diferencia en 15 centímetros.

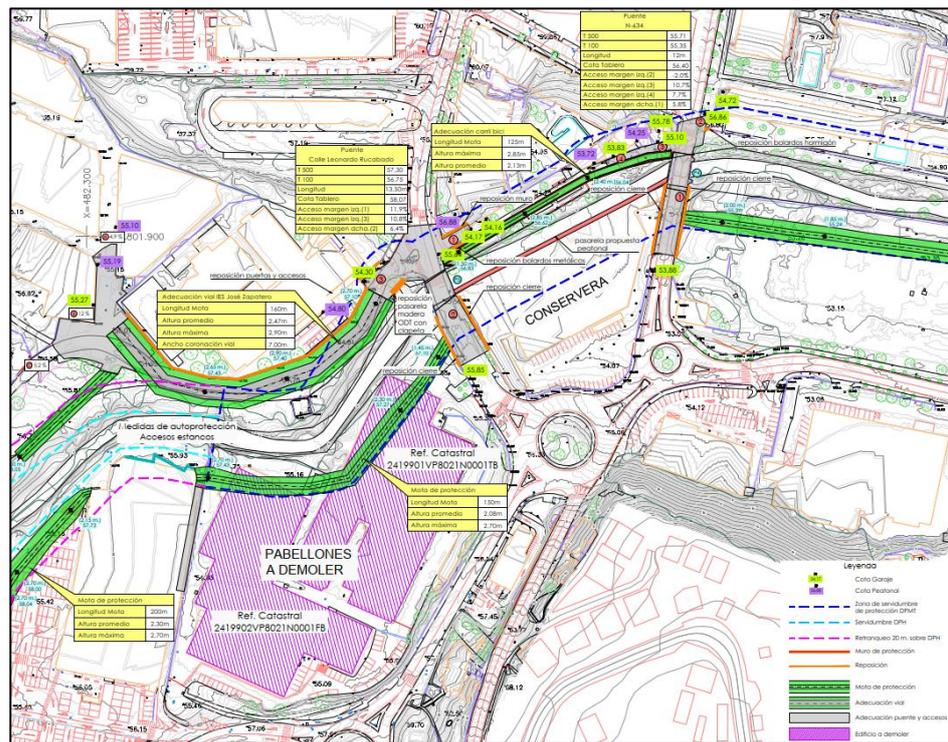


Figura nº 67 Actuaciones Alternativa 3, entre edificio de la conservera Lolín y trasera del CC Eroski.

El último puente que será reemplazado es el situado en la calle Leonardo Rucabado. Se plantea la sustitución por un puente de un único vano de 13,50 metros de luz. La tipología del puente será de puente losa. Esto permite que el tablero tenga el mínimo espesor posible, de aproximadamente 0,70 metros. La anchura útil será equivalente a la actual de unos 12 metros. La cota de rasante quedará elevada 2,39 metros por encima de la actual y 0,23 m superior a la Alternativa 1 debido a la sobreelevación que produce la presencia de la conservera.

Aguas arriba del puente Leonardo Rucabado en concreto el vial que da acceso al colegio IES Jose Zapatero y al polígono industrial La Tejera, mantendrá una anchura de 7 metros, para permitir la circulación en los dos sentidos. Sin embargo, es necesaria en este tramo una mota de protección, lo cual se ha diseñado elevando la altura del vial existente un promedio de 2,47 metros, con una altura máxima de 2,90 metros sobre la disposición actual. La longitud en la que se modifica el vial es de unos 160 metros. Una vez se rodea todo el colegio, los accesos a los diferentes ramales del polígono industrial también serán ajustados acorde a la nueva disposición. Es necesario resaltar en este punto que en la Alternativa 1 en la que se demuele la conservera, es necesario elevar este vial una altura media de 2,05 m, aspecto que destaca la influencia de la fábrica en la lámina de agua de este sector. Asimismo, comparando este tramo con la Alternativa 2, el bypass provoca que dicho vial sea elevado una media de 2,27 m.

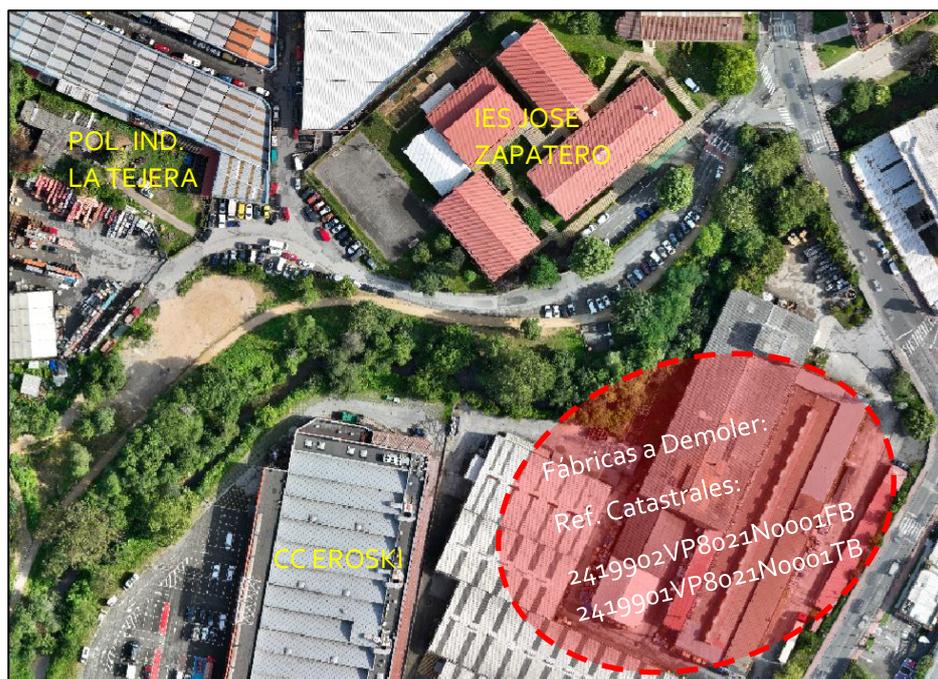


Figura nº 68 Ortofoto del IES Jose Zapatero, fábricas y centro comercial Eroski.

En la margen derecha, los edificios de las distintas empresas serán desmanteladas para colocar una nueva mota de protección. La altura máxima es de 2,70 metros con un promedio de 2,08 metros. Su longitud es de unos 150 metros.

Continuando en la misma margen hacia aguas arriba, el centro comercial Eroski en su parte posterior recibirá medidas de autoprotección mediante accesos estancos, además de la modificación de los viales necesarios para poder mantener el acceso a las zonas de carga de sus vehículos.

En la margen izquierda del río, existe un paseo de ribera de reciente ejecución que tiene una de sus salidas y/o entradas en la confluencia del polígono industrial La Tejera y la parte trasera el IES Jose Zapatero. Será necesario elevar parcialmente el camino con una mota de altura máxima 1 metro, en una longitud no mayor a 60 metros.

El siguiente tramo que recibe una mota de protección es el aparcamiento del centro comercial Eroski. Con una longitud total de 200 metros, altura media de mota de 2,30 metros, con un máximo de 2,70 metros. Como se puede observar, la lámina de agua en este punto alcanza similar cota que en la Alternativa 1 una vez se acerca al enlace con la A-8, lo cual indica que la influencia de la presencia de la fábrica de la conservera no alcanza ya esta zona.

Cabe reiterar que todos los servicios existentes que se vean afectados por las actuaciones descritas serán desviados y/o repuestos según lo indicado en el capítulo de servicios afectados del presente documento.

9.2 Secciones tipo consideradas

Los criterios de diseño tenidos en cuenta para cada actuación son los que a continuación se exponen:

➤ Demolición de edificaciones existentes

En las actuaciones que conllevan la demolición de algún edificio, se considera que la cota de la rasante definitiva de la parcela quedará al mismo nivel que la cota de la rasante de los viales del entorno.

➤ Reposición de puentes

Se estudian alternativas de estructura de un único vano. Se considera, además, tableros de canto constante. La tipología será variable.

El trazado en planta del puente se considera recto, mientras que el alzado puede tener pendiente longitudinal para adaptarse a la propia pendiente del viario a sustituir.

PUENTE/PASARELA	Leonardo Rucabado	N-634	Ocharan Mazas	Paseo Acebal Idígoras
Luz (m)	13,50	12,00	19,0	20,00
Ancho (m)	12,00	10,00	8,00	2,50
Canto Tablero (m)	0,70	0,60	1,00	0,35
Cota Tablero Alt 1 (m.s.n.m)	57,84	57,10	56,29	55,05
Cota Tablero Alt 2 (m.s.n.m)	57,97	57,00	56,29	55,05
Cota Tablero Alt 3 (m.s.n.m)	58,07	56,40	56,29	55,05

Tabla nº5. Dimensiones y cotas de los puentes a reponer por alternativa

➤ Ejecución de bypass

El trazado en planta se diseña siguiendo los viales existentes.

Se considera sección tipo en cajón rectangular de hormigón de ancho 6,00 m de tal manera que sea inferior al ancho de los viales por donde transcurre el trazado.

En lo referente a la pendiente longitudinal se considera la disponible entre el punto de captación y el punto de reintegro (0,005 m/m).

Se considera una tapada mínima de 1,00 m entre la losa superior del cajón y la cota del terreno. En el tramo donde no se consigue dicha tapada, se considera una sección abierta trapezoidal de anchura en la base de 6,00 m y taludes 2H:1V.

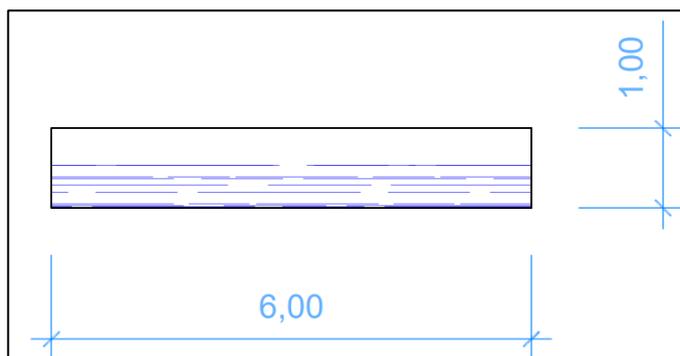


Figura nº 71 Sección tipo para canal a cielo abierto.

Para la sección a cielo abierto, se establece un canal trapezoidal de base 6 metros y taludes 2:1 (H:V)

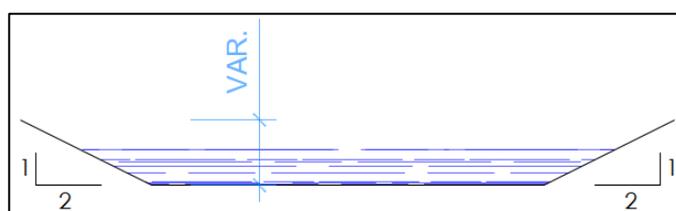


Figura nº 72 Sección tipo para canal a cielo abierto.

El caudal máximo a desviar por el bypass es el asumible por las secciones hidráulicas anteriormente descritas, considerando que en el cajón el resguardo mínimo será del 30% de altura total y no menor a 30 centímetros en el canal trapezoidal. No se considera aceptable la posibilidad de trabajar en régimen a presión en el tramo cubierto.

➤ Ejecución de muros de protección

Se proyectan muros de hormigón armado, cuya función es la defensa longitudinal contra inundaciones.

Los muros estarán situados en la cabeza del talud al borde de las calles con el cauce. Concretamente, sustituirán a los bordillos actuales que delimitan la parte en terreno natural de la acera.

Su altura mínima es de 0,60 metros y la máxima es de 1,25 m. Tanto su alzado como la zapata presentan espesor variable (con un mínimo de 0,25 m). El alzado tiene un intradós vertical y un trasdós inclinado.

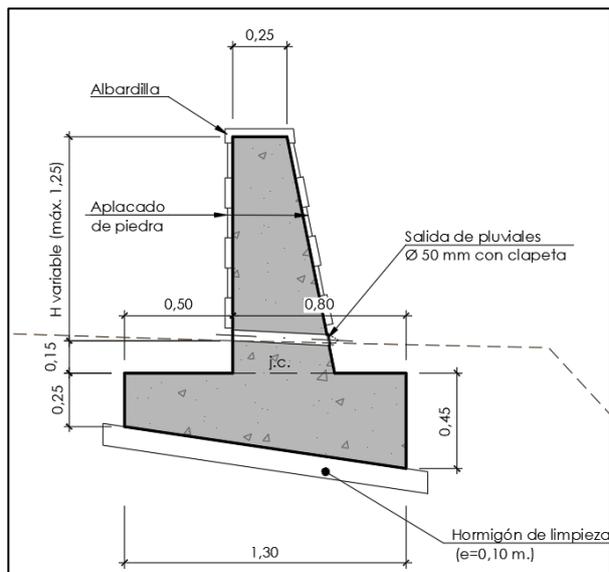


Figura nº 73 Sección tipo muros de protección.

Por su parte, la zapata presenta en su plano de apoyo una contrapendiente hacia el trasdós para mejorar el comportamiento del muro frente a deslizamiento. Su anchura es constante de valor 1,30 m.

El acabado se realiza mediante un aplacado de piedra en ambos lados y salidas de pluviales con clapeta de neopreno en los puntos bajos registrados en el perfil longitudinal. Cuenta también con una albardilla en su coronación.

➤ Ejecución de motas de protección

Se consideran motas no transitables por vehículos con acabado en tierra vegetal.

El ancho de la coronación será de 3,00 m con pendiente transversal a dos aguas al 2%. Los taludes de la mota serán 2H:1V.

La altura de la mota será variable con altura máxima de 3,00 m. El resguardo a tener en cuenta de es de 30 centímetros.

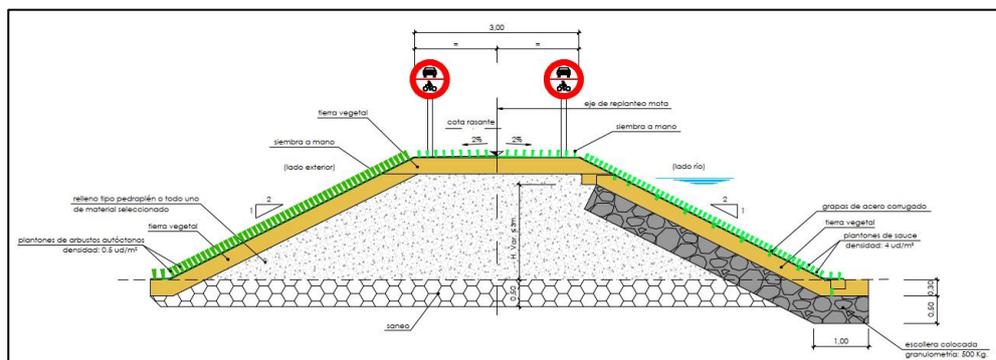


Figura nº 74 Sección tipo de las motas de protección.

La mota está compuesta por material todo uno en su núcleo, protegido en todo su perímetro por tierra vegetal de 0,30 m de espesor. En el lado río, bajo la capara de tierra vegetal, se coloca una capa de escollera de 0,50 m de espesor.

Como acabado de la mota, se considera una siembra a mano en todo su perímetro. Se colocarán plantones de sauce en los pies del talud que da hacia el cauce, mientras que el talud resguardado de las avenidas contará con plantones de arbustos autóctonos.

Previamente a la ejecución de la mota se realiza un saneo mínimo del terreno en un espesor de 0,50 m.

➤ **Adecuación de viales**

Se realizarán adecuaciones de los accesos y viales que dan acceso a los puentes sustituidos. Estas modificaciones estarán limitadas mediante pendientes máximas del 16% en recta y del 12% cuando se trate de curvas. También estarán incluidas las reposiciones de cierres, muros y cualquier otro tipo de elemento urbano que se vea afectados por los recrecidos previstos en los viales. Todos estos elementos se verán reflejados en los planos de alternativas.

10 Estudio hidráulico de alternativas

10.1 Introducción y síntesis de la metodología

La metodología y los pasos que se han seguido para la modelización bidimensional del ámbito del proyecto son equivalentes a los descritos para la situación actual.

Se mantienen las condiciones de contorno y rugosidades descritas, así como el MDT de base para la generación de la malla. Los parámetros de mallado también son idénticos a los descritos en la situación actual.

Las principales diferencias con respecto a la situación actual son las siguientes:

- Al MDT de la zona obtenido y descrito en el capítulo de trabajos topográficos, se le han añadido las diferentes actuaciones, correctamente georreferenciadas y con las alturas definidas en la descripción de alternativas.
- En el caso de la Alternativa 2, para la introducción de los datos del canal de derivación, se utiliza la herramienta Alcantarilla disponible en el panel de Hidrodinámica/Estructuras.
- En las simulaciones para periodos de retorno de 100 años no se incluyen los puentes proyectados, dado que los tableros tienen alturas mayores a las alcanzadas por la avenida y no supondrán obstáculo alguno. Con ello se consigue aligerar y reducir los tiempos de cálculo sin que se produzca una merma en la calidad de los resultados.

10.2 Resultados y análisis de alternativas

Al igual que en el análisis de la situación actual, el ámbito de estudio modelado del río Sámano, para cada una de las alternativas planteadas, abarca desde la zona rural al Noreste de Sámano (750 m aguas arriba del cruce del río con la autopista A-8) hasta su desembocadura en la playa de Brazomar. Para el análisis de los resultados obtenidos procedentes de la modelación hidráulica de la situación proyectada, al igual que en la situación actual, se ha decidido dividir el tramo de estudio en los siguientes subtramos mencionados desde aguas abajo hacia aguas arriba:

- Subtramo entre su desembocadura y el puente del Paseo Ocharan Mazas.
- Subtramo entre el puente del Paseo Ocharan Mazas y el paso bajo la autopista A-8.
- Subtramo entre el paso bajo la autopista A-8 y el fin del ámbito.

10.2.1 Subtramo entre la desembocadura y el puente del Paseo Ocharan Mazas

En este subtramo, las tres alternativas modeladas presentan la misma solución constructiva para dar solución a la problemática de inundación de la zona. La solución consiste en implementar muros en ambas márgenes. El muro de la margen izquierda se construye a lo largo del Paseo Acebal Idígoras entre su intersección con la calle C.D y el Paseo Ocharan Mazas, mientras que el muro de la

margen derecha se generará a lo largo de la Avenida Riomar entre el CEIP Riomar y el Paseo Ocharan Mazas.

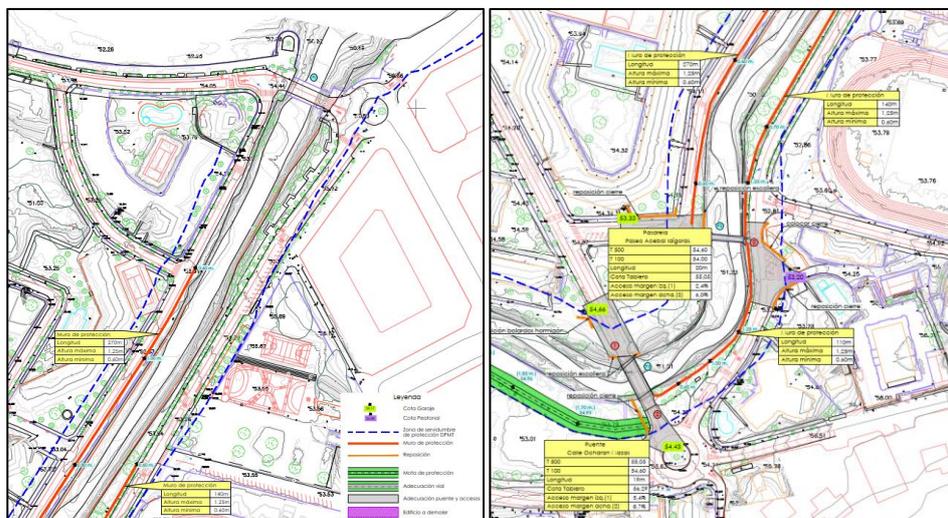


Figura nº 75 Actuaciones subtramo Puente Paseo Ocharan Mazas y desembocadura. Alternativas 1, 2 y 3.

Las tres alternativas además consideran la ejecución de una nueva pasarela para el Paseo Acebal Idígoras y un nuevo puente para el Paseo Ocharan Mazas tal que ambos cumplan que tengan la cota suficiente para que pasen las avenidas de 100 y 500 años de periodo de retorno sin provocar ningún control sobre éstas.

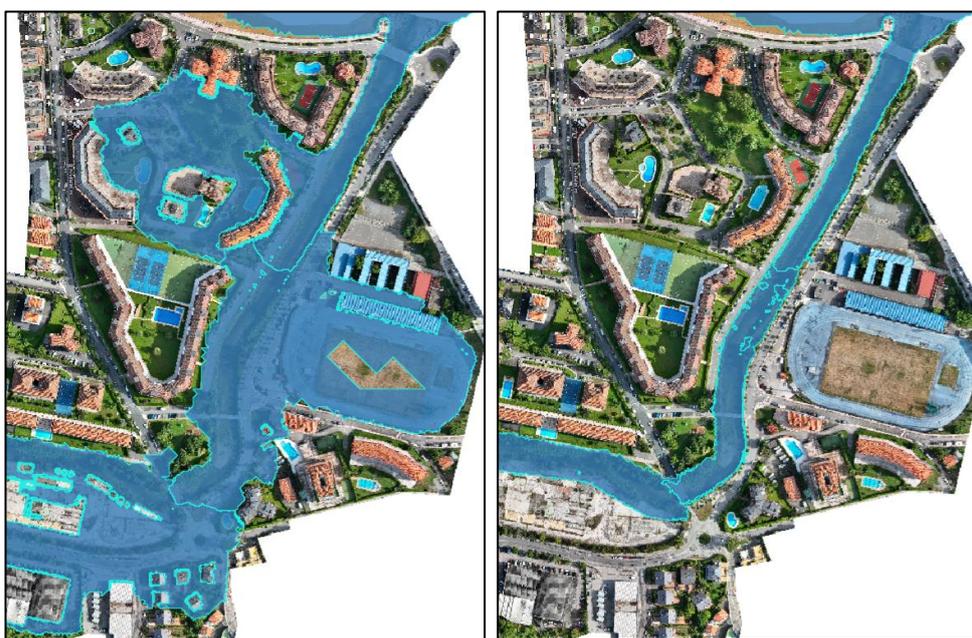


Figura nº 76 Comparativa inundabilidad actual y Alternativa 1, para T100 años. Tramo Puente Paseo Ocharan Mazas y desembocadura.

Desde el punto de vista hidráulico en este subtramo las alternativas no presentan diferencias entre sí en lo que se refiere al nivel de la lámina de agua, pero sí que existe diferencia con respecto la situación actual ya que el tirante de agua de estas alternativas queda por encima del

correspondiente a la situación actual, al quedar contenida entre las motas de protección. La sobreelevación media es de 0,01 m, con un máximo en el punto más desfavorable de 0,14 m.



Figura nº 77 Comparativa inundabilidad actual y Alternativa 2, para T100 años. Tramo Puente Paseo Ocharan Mazas y desembocadura.



Figura nº 78 Comparativa inundabilidad actual y Alternativa 3, para T100 años. Tramo Puente Paseo Ocharan Mazas y desembocadura.

10.2.2 Subtramo entre el puente del Paseo Ocharan Mazas y el paso bajo la autopista A-8

En este subtramo es donde existe mayor diferencia desde el punto de vista hidráulico entre las diferentes alternativas planteadas.

Por la margen izquierda, las actuaciones son análogas en todas las alternativas, variando únicamente las alturas que estas alcanzan. A modo de recordatorio, se plantea una mota entre la N-634 y la calle Leonardo Rucabado, la elevación del vial de acceso al polígono industrial La Tejera desde el puente de la calle Leonardo Rucabado y el inicio del polígono industrial, y, por último, ejecución de una mota de protección entre el polígono industrial y el talud del terraplén concerniente a la autopista A-8.

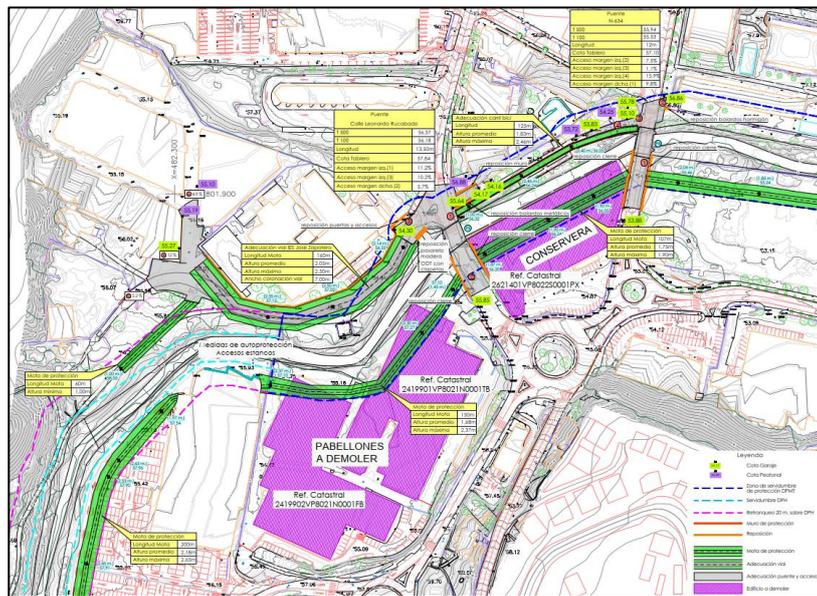


Figura nº 79 Actuaciones subtramo Enlace A-8 y Puente Paseo Ocharan Mazas. Alternativa 1.

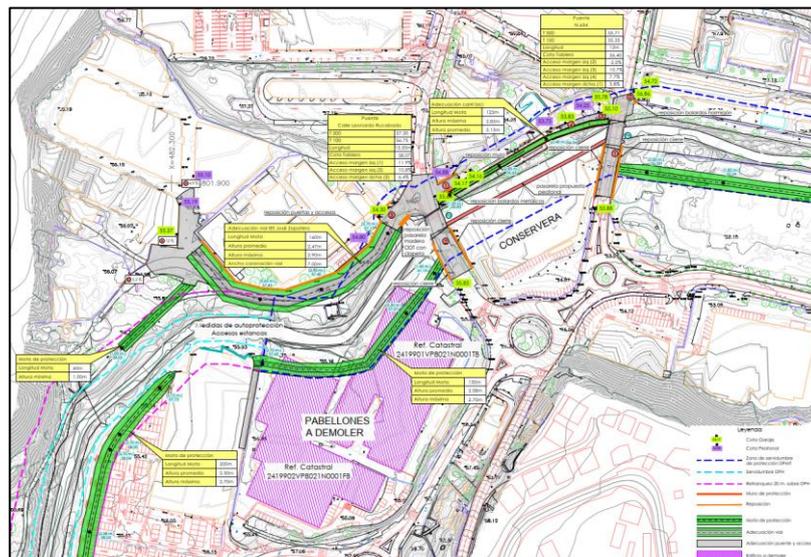


Figura nº 80 Actuaciones subtramo Enlace A-8 y Puente Paseo Ocharan Mazas. Alternativa 3.

Estudio de alternativas de la solución de defensa frente a avenidas extraordinarias del río Sámano en el núcleo de Castro Urdiales (Cantabria)
Xo00363-Estudio de Alternativas-REV-2

En líneas generales, por la margen derecha se plantea una serie de motas entre el puente del Paseo Ocharan Mazas y las estructuras concernientes al enlace de la autopista A-8 en todas las alternativas, con la diferencia de que en la Alternativa 1 se demuele el edificio concerniente a la empresa conservera y en su parcela se instala una mota entre el puente de la nacional N-634 y el puente de la calle Leonardo Rucabado. Además, en la Alternativa 2 se ejecuta un bypass del río por la margen derecha entre el parking del supermercado Eroski y aguas abajo del puente de la nacional N-634. Tal y como se describe en el capítulo anterior, el canal de derivación consta de un primer tramo, en galería soterrada por la calle Leonardo Rucabado y carretera N-634 con sección rectangular, y en un segundo tramo, a cielo abierto con sección trapezoidal, atravesando la parcela de la antigua fábrica ASK Chemicals.

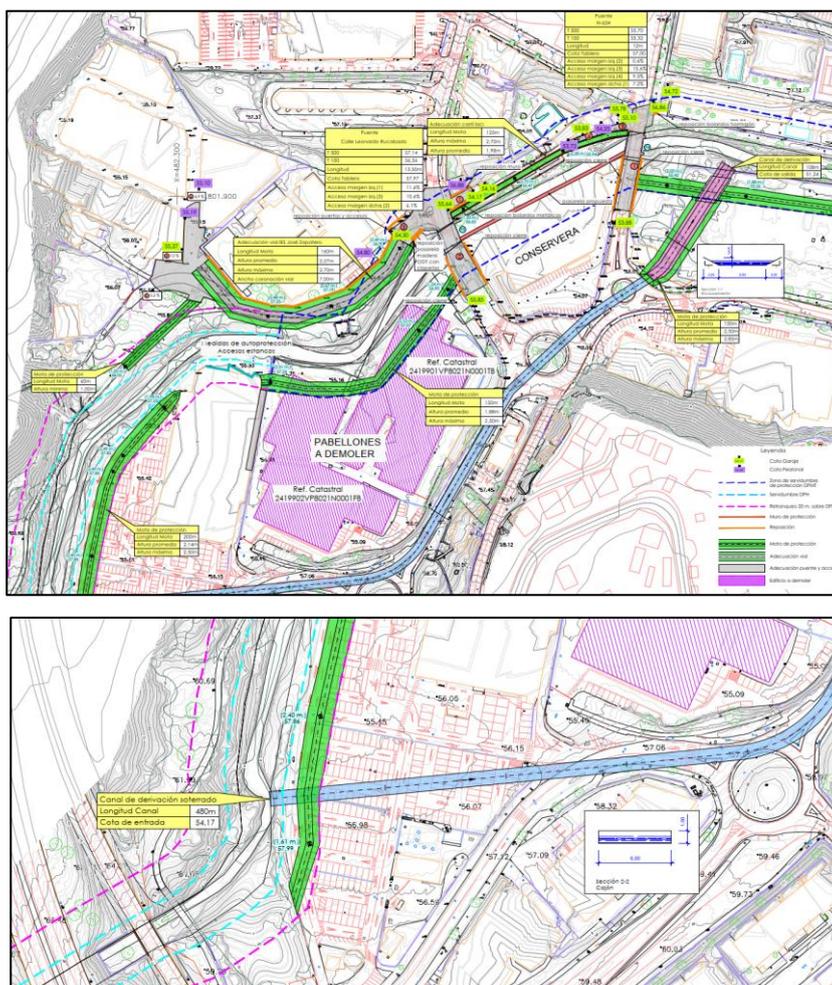


Figura nº 81 Actuaciones subtramo Enlace A-8 y Puente Paseo Ocharan Mazas. Alternativa 2.

Las tres alternativas además consideran la ejecución de nuevos puentes para el Paseo Ocharan Mazas, nacional N-634 y calle Leonardo Rucabado tal que todos cumplan que tengan el suficiente resguardo para que pase la avenida de 100 años de periodo de retorno sin provocar ningún control sobre ésta. Además, son capaces de permitir el paso de la avenida de 500 años sin generar obstáculo. Las cotas de los tableros varían entre las tres alternativas, siendo la Alternativa 3 la que mayores cotas alcanza.

PUENTES	Leonardo Rucabado	N-634	Ocharan Mazas
Cota Tablero Alt 1 (m.s.n.m)	57,84	57,10	56,29
Cota Tablero Alt 2 (m.s.n.m)	57,97	57,00	56,29
Cota Tablero Alt 3 (m.s.n.m)	58,07	56,40	56,29

Tabla nº6. Cotas de los puentes a reponer por alternativa.

Cabe destacar la excepción que se produce en el puente de la N-634. En este puente, la Alternativa 3 es inferior tanto a la Alternativa 1 como a la Alternativa 2. Aunque pueda resultar llamativo, esto se debe a que, en este punto se produce un fuerte cambio de sección y al ser la Alternativa 3 la que más constreñida se encuentra en la zona de aguas arriba, más se deprime la lámina de agua por la aceleración que sufre para pasar por la dicha sección. Es por ello que requiere menor altura de tablero.

Desde el punto de vista hidráulico, en el tramo comprendido entre los puentes del Paseo de Ocharan Mazas y el puente de la nacional N-634, las tres alternativas presentan una gran similitud en lo referente al nivel de calado de agua, por lo que cuentan con una mota de altura similar.



Figura nº 82 Planta trazado perfil longitudinal Enlace A-8 y Puente Paseo Ocharan Mazas.

Respecto al nivel de la lámina de agua, todas las alternativas quedan por debajo de la situación actual, debido principalmente a la eliminación de la influencia provocada por el puente del Paseo Ocharan Mazas. Se mejora el calado de este subtramo en promedio unos 13 centímetros.

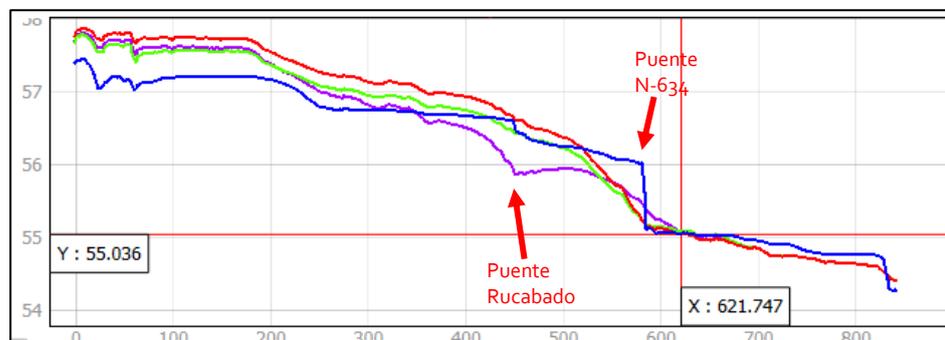


Figura nº 83 Comparativa perfil longitudinal tramo enlace A-8 y Puente Paseo Ocharan Mazas. Sit. Act (Azul), Alt1 (morado), Alt2 (verde) y Alt3 (rojo)

Entre el puente de la nacional N-634 y el puente de la calle Leonardo Rucabado, se producen diferencias entre las alternativas y la situación actual. Dado que en la Alternativa 1 se demuele el edificio de la empresa conservera, esta posee mayor sección hidráulica disponible por lo que disminuye su calado respecto a la situación actual. En promedio, la disminución es de 36 centímetros.

En el caso de las alternativas 2 y 3, en cambio, dado que estas mantienen el edificio de la conservera y también se sitúan motas en la margen izquierda, se constriñe la sección disponible aumentando los calados. Entre ellas (alternativas 2 y 3) también existen diferencias, siendo la Alternativa 3 la que mayores alturas obtiene. Esto se justifica ya que la Alternativa 2 tiene bypass y en este tramo circula menor caudal que en la alternativa 3. La Alternativa 2 mejora el calado promedio en 24 centímetros, mientras que la Alternativa 3 lo hace en 13 centímetros, ambas respecto a la situación actual.

De manera más visual, para el caso del carril bici situado en la calle peatonal La Cruz (margen contraria al edificio de la conservera) se obtienen los siguientes valores:

ACTUACIÓN		ALT 1	ALT 2	ALT 3
Elevación carril bici calle La Cruz	Promedio	1,83	1,98	2,13
	Máxima	2,46	2,70	2,85

Tabla nº7. Cotas de la rasante del carril bici en calle La Cruz, en metros.

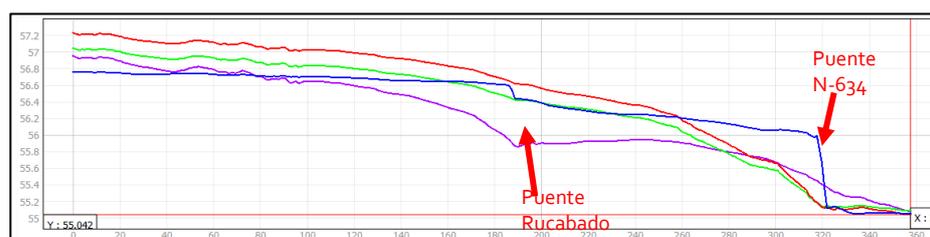


Figura nº 84 Comparativa perfil longitudinal tramo IES José Zapatero y Puente N-634. Sit. Act (Azul), Alt1 (morado), Alt2 (verde) y Alt3 (rojo)

En las tres alternativas, la sustitución del puente de la N-634 por uno que permita el libre fluir del cauce, permite suavizar la curva de energía en comparación con la situación actual, donde el eje hidráulico presenta un salto cuasi-vertical debido a la entrada en carga del mencionado puente.



Figura nº 85 Comparativa inundabilidad actual y Alternativa 1, para T100 años. Tramo enlace A-8 y Puente Paseo Ocharan Mazas.

Continuando hacia aguas arriba, entre el tramo del puente de la calle Leonardo Rucabado y hasta el azud situado en la parte trasera del Centro Comercial Eroski, tanto la Alternativa 2 como la Alternativa 3, sobre elevan la lámina de agua con respecto a la situación actual. Esto se debe a la motas que se proyectan en sendas márgenes. La Alternativa 2 lo hace en 13 centímetros y la Alternativa 3 en 32 centímetros. La diferencia, tal como se ha indicado anteriormente, radica en que la Alternativa 2 deriva parte del caudal por el bypass y por tanto portea un caudal menor en comparación a la Alternativa 3.

Por su parte la Alternativa 1, tiende a comportarse de la misma manera que las otras dos alternativas, dado que la influencia por la demolición de la conservera pierde notoriedad una vez se avanza hacia aguas arriba. La Alternativa 1, respecto a la situación actual disminuye el nivel en promedio 8 centímetros, si bien existen zonas donde la sobreelevación alcanza los 21 centímetros.

Para facilitar la comparativa entre alternativas, veamos en detalle la magnitud de las actuaciones planteadas tanto en la margen izquierda para la adecuación del vial del IES Jose Zapatero como la mota de protección que sustituye a las fábricas que se demuelen en margen derecha:

ACTUACIÓN		ALT 1	ALT 2	ALT 3
Adecuación del vial IES José Zapatero	Promedio	2,05	2,27	2,47
	Máxima	2,40	2,70	2,90
Mota de protección en solar fábricas demolidas	Promedio	1,68	1,88	2,08
	Máxima	2,37	2,50	2,70

Tabla nº8. Cotas de la rasante de las actuaciones planteadas aguas arriba del puente Leonardo Rucabado, en metros.

En el segmento del cauce paralelo al aparcamiento del Centro Comercial Eroski, todas las alternativas tienen un comportamiento equivalente. Todas ellas sobre elevan la lámina de agua respecto a la situación actual, dado que estamos colocando una mota en el aparcamiento que evita que el agua desborde por la margen derecha. Son 39, 35 y 52 centímetros respectivamente la sobreelevación sobre la situación actual. En la ampliación del perfil longitudinal se puede apreciar el comportamiento equivalente entre alternativas.

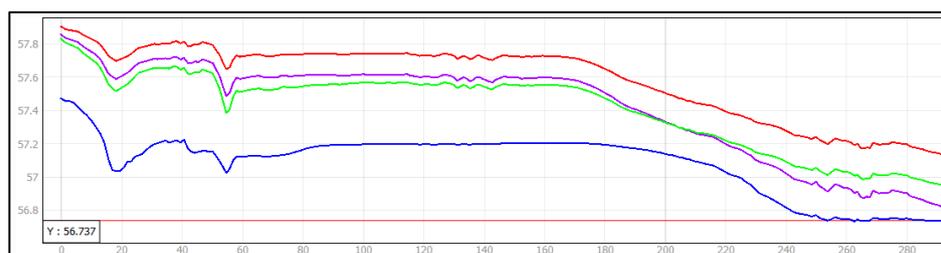


Figura nº 86 Comparativa perfil longitudinal tramo aparcamiento CC Eroski. Sit. Act (Azul), Alt1 (morado), Alt2 (verde) y Alt3 (rojo)

Las diferencias entre ellas son exclusivas a la existencia o no de la demolición de la conservera y el canal de derivación. En este tramo el mayor efecto es el del bypass, ya que la boquilla se encuentra en este sector. De ahí que el menor nivel se produzca con la Alternativa 2.



Figura nº 87 Comparativa inundabilidad actual y Alternativa 2, para T100 años. Tramo enlace A-8 y Puente Paseo Ocharan Mazas.

Podemos verificar la escasa diferencia que existe entre alternativas en el aparcamiento del centro comercial, con los valores de la altura de la mota de protección planteada en cada caso:

ACTUACIÓN		ALT 1	ALT 2	ALT 3
Mota de protección en el aparcamiento del C.C. Eroski	Promedio	2,18	2,14	2,30
	Máxima	2,65	2,50	2,70

Tabla nº9. Cotas de la rasante de la mota de protección en el aparcamiento del CC Eroski, en metros.

Finalmente, en las cercanías a las estructuras concernientes al tronco y enlace de la Autopista A-8, los tirantes de agua de las tres alternativas se igualan.

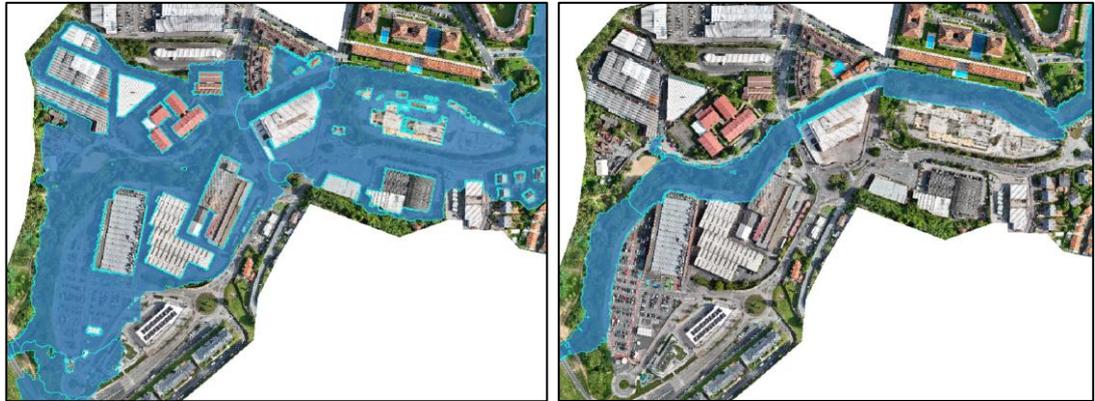


Figura nº 88 Comparativa inundabilidad actual y Alternativa 3, para T100 años. Tramo enlace A-8 y Puente Paseo Ocharan Mazas.

10.2.3 Subtramo entre el paso bajo la autopista A-8 y el final del ámbito de estudio

En este subtramo las tres alternativas presentan la misma actuación y es la ejecución de una mota para la protección de una vivienda por la margen derecha entre dos puntos del vial que da acceso a los barrios de Hoz y Dombergón, cercanos al enlace con la autopista A-8. En el resto del subtramo no se propone ninguna actuación puesto que es un entorno natural y rural.

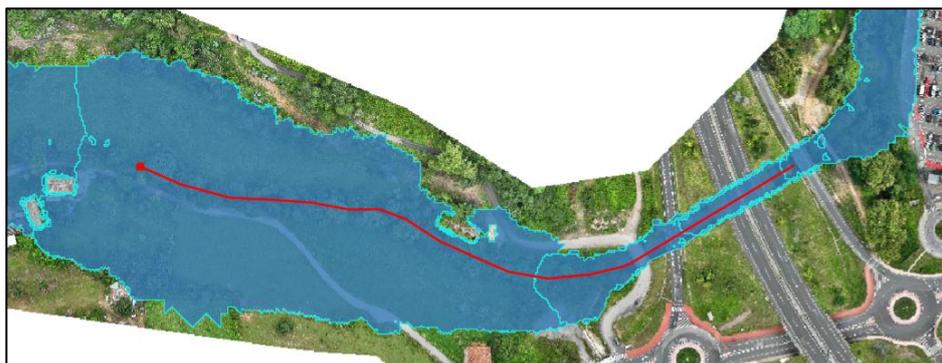


Figura nº 89 Planta trazado perfil longitudinal camino Bº Hoz y Dombergón a Enlace A-8.

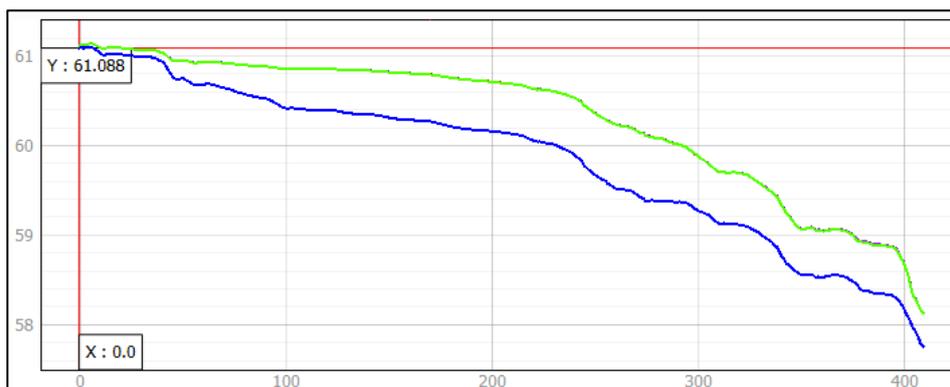


Figura nº 90 Comparativa perfil longitudinal tramo camino Bº Hoz y Dombergón a Enlace A-8. Sit. Act (Azul), Alt₁ (morado), Alt₂ (verde) y Alt₃ (rojo)

Desde el punto de vista hidráulico, no existe ninguna diferencia en el nivel del tirante de agua entre las tres alternativas en este subtramo. En lo que respecta a la comparativa con la situación actual, únicamente existe diferencia entre el nivel de los tirantes de agua en el entorno de la mota ejecutada para las tres alternativas quedando el nivel de las mismas por encima que el correspondiente a la situación actual. La máxima diferencia en el nivel del tirante entre las tres alternativas y la situación actual es de 58 centímetros siendo su máximo valor de 74 centímetros. Desde el fin de las actuaciones, la afección se prolonga en 150 metros más hacia aguas arriba, donde finalmente la situación actual y las alturas de agua de las alternativas se igualan.



Figura nº 91 Comparativa inundabilidad actual y alternativa 1,2 y 3, para T₁₀₀ años. Tramo camino Bº Hoz y Dombergón a Enlace A-8.

Con esta actuación, el parque de bomberos de Castro-Urdiales queda completamente protegido, así como el paso inferior del enlace de la A-8 que da acceso al casco urbano, tal y como se aprecia en la imagen superior.

10.3 Resumen del análisis hidráulico

Una vez analizadas cada una de las alternativas, es posible obtener una imagen general del ámbito de actuación y el cambio en la inundabilidad que provocan. Todas ellas son capaces de contener la avenida de 100 años de periodo de retorno y mejorar sustancialmente la inundabilidad del sector, tal y como se puede apreciar en las siguientes imágenes:



Figura nº 92 Inundabilidad actual para T100 años. Ámbito de estudio.



Figura nº 93 Inundabilidad Alternativa 1 para T100 años. Ámbito de estudio.



Figura nº 94 Inundabilidad Alternativa 2 para T100 años. Ámbito de estudio.



Figura nº 95 Inundabilidad Alternativa 3 para T100 años. Ámbito de estudio.

En líneas generales, las tres alternativas presentan un funcionamiento hidráulico similar, siendo el sector ubicado entre la trasera del centro comercial Eroski y el puente de la N-634 donde mayores diferencias se producen. En la Alternativa 1, la demolición de la conservera permite ejecutar actuaciones con menores alturas que en las alternativas 2 y 3. Por su parte, la Alternativa 2, aun contando con una gran obra como la ejecución del canal de derivación no es capaz de generar una gran diferencia con respecto a la Alternativa 3. Esto se debe a la gran influencia que ejerce la marea, que incluso llega a generar que el bypass entre en carga.

Por tanto, para el periodo de retorno de 100 años, las tres alternativas aumentan la cota de agua sobre la situación actual en el sector del cauce, debido a la presencia de las protecciones longitudinales. Sin embargo, al contener la crecida, todos los sectores externos a las motas y muros quedan resguardados para una avenida de periodo de retorno de 100 años, y por tanto fuera de la zona de flujo preferente, con reducciones de calados mayores de 1,5 metros.

Finalmente, tal y como se menciona en los puntos previos, se ha analizado la avenida de 500 años de periodo de retorno a fin de conocer los calados y la inundabilidad con las actuaciones planteadas. En este caso, la extensión de la inundación es similar a la situación actual manteniendo calados de magnitud equivalente.

11 Servicios afectados

Las afecciones a terceros es un aspecto destacable a tener en cuenta de cara al estudio de alternativas, ya que podría haber servicios con grandes afecciones que requieran de un estudio de detalle con las compañías suministradoras.

En el presente capítulo se encuentra recogida la información correspondiente a las diferentes redes de servicios que puedan verse afectadas por la ejecución de las obras planteadas en las diferentes alternativas.

La información que se ha obtenido para la identificación de los servicios existentes, proviene de la observación directa por inspección en campo, de INKOLAN y del propio Ayuntamiento.

La descripción de este capítulo se plantea por subtramos, indicando en cada uno de ellos y por cada alternativa planteada, los diferentes servicios existentes que potencialmente puedan verse afectados por la ejecución de las obras.

11.1 Subtramo entre la desembocadura y el puente del Paseo Ocharan Mazas

En la margen izquierda de este tramo, en las tres alternativas planteadas, existen interferencia con el muro de protección planteado. Son las siguientes:

- Red de pluviales: Cruces perpendiculares con siete conducciones de pluviales que desaguan en el río Sámano.
- Red de Abastecimiento: Interferencia con la conducción de abastecimiento de fundición con diámetro 250 mm que transcurre de forma paralela al muro de protección, interfiriendo con éste en algunas zonas.

En la margen derecha, las tres alternativas planteadas presentan las siguientes interferencias con el muro de protección planteado:

- Red de pluviales: Cruces perpendiculares con tres conducciones de pluviales que desaguan en el río Sámano.
- Red de fecales: Existe cruces con dos conducciones de fecales. El primero de ellos ubicado a la altura de la Avenida de Chinchapapa, y el segundo prácticamente llegando al puente de Ocharan Mazas.
- Red de Abastecimiento: Interferencia con una conducción de abastecimiento de fundición con diámetro 250 mm que transcurre de forma paralela al muro de protección interfiriendo en varias zonas con éste. Además, esta conducción cuenta con varios ramales que interfieren de forma perpendicular con el muro de protección, en concreto, se da en 6 puntos.
- Gas: Cruce perpendiculares con conducción de gas muy próxima a la llegada a la pasarela peatonal. Además, entre la pasarela peatonal y el puente del Paseo Ocharan Mazas, existe una interferencia en un tramo de 40 m debido a un paralelismo de la conducción de gas.

Estudio de alternativas de la solución de defensa frente a avenidas extraordinarias del río Sámano en el núcleo de Castro Urdiales (Cantabria)
X000363-Estudio de Alternativas-REV-2

- Media Tensión: Existe un cruce perpendicular con una línea aérea de media tensión a la altura del Estadio Municipal Riomar.
- Servicios de comunicación: Existe una interferencia con una conducción de Vodafone One inmediatamente aguas arriba de la pasarela peatonal.

La adecuación de la pasarela del Paseo Acebal Idígoras, junto con la adecuación de sus accesos, supondrá interferencias con cinco conducciones de abastecimiento de fundición de 200 mm de diámetro, con dos conducciones de fecales, con una conducción de gas, con dos conducciones de comunicaciones pertenecientes a Vodafone y con una conducción de telefonía.

Por último, la adecuación del puente del Paseo Ocharan Mazas, junto con sus accesos, supondrá interferencia con una conducción de gas, una conducción de saneamiento unitaria y una conducción de telefonía colgadas del tablero del puente, conducciones de abastecimiento y conducciones de saneamiento fecal.

11.2 Subtramo entre el puente del Paseo Ocharan Mazas y enlace autopista A-8

En la margen derecha, entre los puentes del Paseo Ocharan Mazas y el puente de la nacional N-634, se plantea la misma tipología de solución para las tres alternativas, consistente en una mota de protección. Las interferencias que dicha solución tiene con los servicios existentes en esta zona, son los siguientes:

- Gas: Cruce con conducción de gas inmediatamente aguas arriba del puente del Paseo Ocharan Mazas.
- Red de fecales: Existe un cruce con una conducción de fecales.
- Media Tensión: Existe cruce con dos líneas aéreas de media tensión unos metros aguas abajo del puente de la nacional N-634.

Siguiendo por esta margen derecha, pegado al cauce el río, entre el puente de la nacional N-634 y el puente de la calle Leonardo Rucabado, únicamente la Alternativa 1 presenta actuación, correspondiente a una mota de protección, pero no presenta ninguna interferencia con servicios existentes.

Continuando hacia aguas arriba por la margen derecha, pegado al cauce del río, entre el puente de la calle Leonardo Rucabado y el supermercado Eroski, las tres alternativas cuentan con una mota de protección. Las interferencias producidas con servicios existentes se enumeran a continuación:

- Baja Tensión: Existe un cruce perpendicular con una línea aérea de baja tensión inmediatamente aguas arriba del puente de la calle Leonardo Rucabado.
- Alta Tensión: Existe cruce con dos líneas aéreas de alta tensión inmediatamente aguas arriba del puente de la calle Leonardo Rucabado.
- Red de abastecimiento: Interferencia con conducción de abastecimiento prácticamente a la altura del Eroski.
- Red de fecales: Interferencia con conducción de fecales prácticamente a la altura del Eroski.

En la zona del aparcamiento del Eroski, por esta margen derecha, pegado al cauce del río se plantea para las tres alternativas una mota de protección la cual presenta las siguientes interferencias con servicios existentes:

- Red de fecales: Existe un paralelismo con una conducción de fecales produciéndose interferencias en algunas zonas con la mota planteada.

En esta margen derecha, en la Alternativa 2, se plantea llevar a cabo un bypass del río el cual presenta una serie de interferencias con servicios existentes a lo largo de su trazado. Las interferencias presentadas son las siguientes enumeradas de aguas arriba hacia aguas abajo:

- Red de telefonía: Cruce con conducción de telefonía soterrada a la salida del parking del Eroski. Cruce con conducción de telefonía a la altura de la rotonda existente en las inmediaciones de la empresa Emerson Automation. Cruce con conducción de telefonía soterrada a la altura de la rotonda de la calle Leonardo Rucabado. Cruce con conducción de telefonía en la zona del canal a cielo abierto del bypass.
- Red de pluviales: Entre el parking del Eroski y la rotonda a la altura de la empresa Emerson Automation, existe cinco cruces con conducciones de pluviales existentes. Cruce con conducción de pluvial a la altura de la rotonda de la calle Leonardo Rucabado.
- Red de fecales: Entre el parking del Eroski y la rotonda a la altura de la empresa Emerson Automation, existe cuatro cruces con conducciones de fecales existentes.
- Red de abastecimiento: Entre el parking del Eroski y la rotonda a la altura de la empresa Emerson Automation, existe tres cruces con conducciones de abastecimiento existentes.
- Gas: Existe cruce con tres conducciones de gas a la altura de la rotonda de la empresa Emerson Automation. Cruce con tres conducciones de gas a la altura de la rotonda de la calle Leonardo Rucabado. Cruce con dos conducciones de gas en la zona del canal a cielo abierto del bypass.
- Servicios de comunicación: Paralelismo con conducción de comunicación perteneciente a Vodafone produciéndose interferencia con ésta entre la rotonda de la altura de la empresa Emerson Automation y la rotonda de la calle Leonardo Rucabado. Cruce con conducción de comunicación perteneciente a Vodafone a la altura de la rotonda de la nacional N-634. Cruce con conducción de comunicación perteneciente a Orange a la altura de la rotonda de la nacional N-634.
- Alta Tensión: Cruce con dos líneas soterradas de alta tensión a la altura de la rotonda de la calle Leonardo Rucabado.
- Media Tensión: Cruce con dos líneas de media tensión soterradas entre la rotonda de la calle Leonardo Rucabado y la rotonda de la nacional N-634. Cruce con 2 líneas de media tensión en la zona del canal de cielo abierto del bypass.
- Baja Tensión: Cruce de línea de baja tensión aérea previo a la altura de la rotonda de la calle Leonardo Rucabado. Cruce de línea de baja tensión aérea entre rotonda de la calle Leonardo Rucabado y la rotonda de la nacional N-634.

En lo que se refiere a la margen izquierda, entre el puente de la nacional N-634 y el puente de la calle Leonardo Rucabado, las tres alternativas cuentan con una mota de protección.

- Red de Abastecimiento: Paralelismo con conducción de abastecimiento de fundición de 200 mm de diámetro e interferencia en toda su longitud con la mota de protección.
- Baja Tensión: Cruce con línea de baja tensión soterrada.
- Red de pluviales: Cruce de mota de protección con conducción de pluviales ubicada inmediatamente aguas abajo del puente de la calle Leonardo Rucabado.

Continuando por la margen izquierda, entre el puente de la calle Leonardo Rucabado y el polígono Tejera, en las tres alternativas se realiza la adecuación del vial existente, aumentando su rasante, produciéndose interferencias con los siguientes servicios:

- Red de Abastecimiento: Cruce con conducción de abastecimiento de fundición con diámetro 200 mm, al inicio de la mota, inmediatamente aguas arriba del puente de la calle Leonardo Rucabado. Cruce con dos conducciones de abastecimiento de fundición con diámetro 200 mm en la zona final de la mota.
- Red de fecales: Interferencia con varias conducciones de la red de fecales existente relacionada con el bombeo Riomar a lo largo de la mota de protección.
- Baja Tensión: Paralelismo e interferencia con línea de baja tensión soterrada.

Por último, aguas arriba del polígono Tejera se plantea, para las tres alternativas, una mota de protección de poca longitud con las siguientes interferencias:

- Red de Abastecimiento: Cruce con conducción de abastecimiento al inicio de la mota.

La adecuación del puente de la nacional N-634, junto con sus accesos, supone interferencias con varias conducciones gas, dos conducciones de baja tensión, una conducción de media tensión, una conducción de telefonía, dos conducciones de comunicaciones una perteneciente a Jazztel y otra a Vodafone, varias conducciones de abastecimiento y una conducción de fecales.

La adecuación del puente de la calle Leonardo Rucabado, junto con sus accesos supone interferencias con conducción de gas, varias conducciones de abastecimiento, una conducción de telefonía, una conducción de comunicación perteneciente a Jazztel, una conducción de pluviales, cuatro conducciones de fecales, una conducción de baja tensión y dos conducciones de alta tensión.

11.3 Subtramo entre el paso bajo la autopista A-8 y el final del ámbito de estudio

En la margen derecha de este subtramo, para las tres alternativas, se plantea llevar a cabo una mota de protección. Dicha obra produce las siguientes interferencias con servicios existentes:

- Red de fecales: Cruce con una conducción de fecales.
- Red de pluviales: Cruce con una conducción de pluviales.
- Baja Tensión: Cruce de línea aérea de baja tensión.
- Gas: Cruce con una línea de gas.

12 Valoración multicriterio de alternativas

12.1 Objeto

Una vez establecidas las diferentes alternativas, el presente apartado tiene como objetivo analizar sus ventajas y/o desventajas tanto desde el punto de vista ambiental, como técnico y funcional, así como sus costes asociados derivados de las obras necesarias para la defensa contra inundaciones del núcleo urbano de Castro-Urdiales. Se pretende con ello, una vez identificadas y valoradas, realizar una selección adecuada y fundamentada de la alternativa óptima. Por ende, se presenta en este apartado la descripción de los efectos potenciales de las actuaciones propuestas para cada una de las distintas alternativas y su correspondiente valoración.

Las diferentes alternativas se han estudiado de manera independiente, identificando y determinando los efectos potenciales derivados de ella, tanto durante la ejecución de las obras como posteriormente en el periodo de explotación.

12.2 Valoración de criterios

12.2.1 Valoración ambiental

12.2.1.1 Impactos sobre el Medio Físico

➤ Impactos sobre la atmósfera

Durante la fase de construcción del proyecto, se prevé cierta afección sobre la calidad atmosférica, generada principalmente por los movimientos de tierra, excavaciones, demoliciones, transporte de materiales... Estos trabajos probablemente causen un aumento de partículas en suspensión y de polvo atmosférico. Sin embargo, se trata de trabajos temporales que tienen una duración y extensión limitada.

Por otro lado, se dará un aumento de la concentración de gases contaminantes en la atmósfera, generado por la combustión en los motores de la maquinaria y los vehículos utilizados. Esta contaminación atmosférica generará una pérdida de la calidad del aire. No obstante, teniendo en cuenta el carácter temporal del impacto y su magnitud, se considera un impacto poco significativo.

En relación con la contaminación atmosférica, hay que destacar la emisión de gases de efecto invernadero y la posible afección sobre el cambio climático. La cantidad de gases de este tipo que se emitirán durante la obra será poco significativa como para generar un impacto considerable sobre el cambio climático.

Por lo tanto, la posible afección sobre la calidad del aire estará principalmente condicionada por el aumento de partículas en suspensión y polvo. Gran parte de esta afección será producida durante los trabajos de demolición de los edificios, ya que se produce gran cantidad de polvo con la destrucción de los edificios y además hacen falta maquinaria y vehículos pesados para ejecutar la demolición y retirar el material. En el caso de la Alternativa 1, está contemplado la demolición de tres edificios, por lo que se considera que el impacto sobre la atmosfera es MODERADO. En el caso

Estudio de alternativas de la solución de defensa frente a avenidas extraordinarias del río Sámano en el núcleo de Castro Urdiales (Cantabria)
X0000363-Estudio de Alternativas-REV-2

97

de las otras 2 alternativas, se contempla la demolición de dos edificios, por lo que el impacto sobre la atmosfera se considera COMPATIBLE. Aun así, la se prevé un impacto sobre la atmosfera algo mayor en la Alternativa 2 que en la Alternativa 3 por los trabajos relativos a la ejecución del bypass, con el cual también se producirá un incremento de polvo y de contaminación atmosférica.

Durante la fase de explotación, con la retirada de los edificios en los cuales se localizan algunas empresas que emiten gases contaminantes a la atmósfera se considera que se producirá un impacto BENEFICIOSO en el caso de las 3 alternativas, especialmente con la Alternativa 1 en la que se prevé demoler un número mayor de edificios.

Por lo tanto, se considera que el impacto global para las 3 alternativas es COMPATIBLE.

➤ Impactos sobre la geología y geomorfología

Las principales afecciones sobre la geología y geomorfología durante las obras están relacionadas con los cambios en la morfología del terreno que se puedan producir debido a las excavaciones y a los movimientos de tierras.

Se trata de un impacto poco probable, pero de persistencia alta, ya que los cambios morfológicos pueden permanecer en el terreno una vez acabada la obra.

La Alternativa 2, la cual contempla la ejecución de un bypass con un cajón de 6 x 1m a lo largo de 4,78 metros, generará un impacto mayor sobre la morfología del terreno, ya que se deberá abrir una zanja para incorporar el cajón por partes. Por lo tanto, se considera que el impacto sobre la geología y geomorfología de la Alternativa 2 es MODERADO. Las otras dos alternativas no contemplan ninguna acción con especial incidencia en la geología, por lo que se considera que el impacto en estos casos es COMPATIBLE.

Durante la fase de explotación, la afección producida sobre el terreno podría perdurar una vez acabada la obra, por lo que se considera que el impacto para cualquiera de las 3 alternativas es COMPATIBLE.

Por lo tanto, se considera que el impacto global de la Alternativa 2 es MODERADO, mientras que el impacto global de las Alternativas 1 y 3 es COMPATIBLE.

➤ Impactos sobre el suelo

La alteración del suelo durante la obra se puede dar de dos formas. En primer lugar, se puede producir una pérdida de suelo relacionada con las labores de desbroce y excavaciones. En segundo lugar, se puede dar una alteración de la composición del suelo, relacionada con los posibles derrames de líquido hidráulico y combustible utilizado por la vehículos y maquinaria. También se puede dar una contaminación del suelo debido a la mala gestión de los residuos producidos en la obra.

En el caso de la Alternativa 2, con la ejecución de la zanja necesaria para realizar el bypass se prevé una excavación y unos movimientos de tierra mayores, por lo que se considera que es esta alternativa la que pueda tener mayor incidencia sobre el suelo. Por otro lado, en las tres alternativas se contempla la creación de unas motas que producirán un impacto sobre el suelo actual. De cualquier manera, la magnitud de este impacto es escaso, debido a que no se prevé afectar a grandes superficies de terreno, por lo que se considera que el impacto sobre el suelo en las tres alternativas es COMPATIBLE.

Durante la fase de explotación, al quedar instaladas las motas y el cajón del bypass, habrá un impacto permanente sobre el suelo. Sin embargo, teniendo en cuenta que gran parte de la superficie está pavimentada en la actualidad, se considera que el impacto sobre el suelo durante la fase de explotación será COMPATIBLE.

Por lo tanto, el impacto global para las 3 alternativas se considera COMPATIBLE.

➤ Impactos sobre la hidrología e hidrogeología

Varias de las actuaciones comprendidas en las tres alternativas se desarrollarán en los márgenes del arroyo de Sámano, especialmente las relativas a la ejecución de las motas y muros, la modificación de los puentes, las demoliciones de los edificios y la ejecución de la zanja y del cajón para el bypass.

En relación con los impactos sobre la hidrología e hidrogeología que se puedan generar, se valoran 4 tipos de impactos diferentes.

En primer lugar, en cuanto a la intercepción de cuencas, teniendo en cuenta la magnitud de la obra proyectada en las tres alternativas, se considera que esta afección será mínima en las 3 alternativas, y se considera COMPATIBLE tanto en la fase de obras como en la fase de explotación, resultando en un impacto global COMPATIBLE.

Respecto a la alteración de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, esta alteración se podría producir por el aumento de la turbidez y de las partículas sólidas debido a movimientos de tierras y arrastres. Además, se podría generar una contaminación de las aguas debido a los vertidos y derrames producidos por la limpieza y el funcionamiento de los vehículos y maquinaria de obra. Debido a la cercanía de la obra proyectada sobre el cauce, este impacto se considera MODERADO en el caso de las Alternativas 1 y 3. La afección podría ser algo mayor en el caso de la Alternativa 2, ya que para la ejecución del cajón del bypass se necesitará gran cantidad de hormigón, que en el caso de acabar en el cauce podría generar una alteración de la calidad de las aguas considerable, por lo que el impacto de esta alternativa se considera SEVERO.

Durante la fase de explotación, el impacto que puedan generar las estructuras sobre la calidad de las aguas se considera COMPATIBLE.

Por lo tanto, teniendo en cuenta las afecciones tanto en la fase de obras como en la fase de explotación, el impacto global de las 3 alternativas se considera MODERADO.

En cuanto a las aguas subterráneas, se podría dar una afección sobre zonas de recarga y descarga de acuíferos. Esta afección podría ser producida por la infiltración de contaminantes en el terreno o por afección directa producida por las excavaciones. En este sentido, el impacto se considera MODERADO en el caso de la Alternativa 2, debido a que es la alternativa que valora una mayor excavación para la ejecución de la excavación del bypass. En las otras dos alternativas las excavaciones serán puntuales y gran parte de la superficie está pavimentada en la actualidad, por lo que la posible infiltración de contaminantes a las capas inferiores del terreno es más difícil, resultando en un impacto COMPATIBLE.

Durante la fase de explotación, ninguna de las estructuras producirá una afección directa sobre los acuíferos, y en cualquier caso, se considera que el impacto de las 3 alternativas será COMPATIBLE.

Valorando ambas fases, se considera que el impacto global de la Alternativa 2 es MODERADO mientras que el impacto global de las otras dos alternativas es COMPATIBLE.

Por último, se considera que durante la obra, la afección sobre el dominio público marítimo terrestre y el dominio público hidráulico será producida por la ocupación de dichos lugares. En cualquier caso, esta ocupación tendrá una extensión pequeña y todas las actuaciones respetan la franja de servidumbre, por lo que se considera que el impacto en las tres alternativas es COMPATIBLE.

Durante la fase de explotación, con la demolición de los edificios prevista, se reducirá la ocupación actual de algunas superficies dentro de los límites del dominio público marítimo terrestre, lo cual producirá un impacto BENEFICIOSO sobre este. Este impacto será especialmente favorable en el caso de la Alternativa 1, la cual contempla la demolición de 3 edificios.

Teniendo en cuenta ambas fases, el impacto global de las 3 alternativas se considera COMPATIBLE.

12.2.1.2 Impactos sobre el Medio Biótico

➤ Impactos sobre la vegetación

La vegetación es uno de los aspectos más visuales a la hora de identificar los impactos sobre el medio ambiente, por su carácter localizable y estático. Los principales impactos que se pueden producir durante la obra tienen relación con la destrucción de vegetación de ribera y la propagación de especies exóticas invasoras.

Durante la fase de obras se llevarán a cabo actuaciones sobre la ribera del arroyo de Sámano que supondrán la destrucción de algunos ejemplares de ribera. Este tipo de vegetación constituyen hábitats importantes para numerosas especies faunísticas y tienen un valor ecológico alto. La creación de las motas, la ejecución de los muros y la modificación de los puentes son los trabajos que probablemente impliquen una mayor retirada de vegetación de ribera. En este sentido, las tres alternativas generaran una afección parecida sobre la vegetación, ya que los muros y motas planteadas son idénticas. Sin embargo, teniendo en cuenta que el impacto tendrá una extensión baja, se considera que el impacto de las 3 alternativas sobre la vegetación es COMPATIBLE.

Los taludes de las motas provistos de tierra vegetal serán revegetados, por lo que aumentará la cantidad de vegetación en lugares en los que en la actualidad solamente hay pavimento. Los taludes que den hacia el cauce se revegetarán con estacas de sauce, mientras que los taludes que den hacia el otro lado se revegetarán con arbustos autóctonos de ribera, utilizando especies como *Corylus avellana*, *Cornus Sanguinea*, *Ligustrum vulgare*... Por ese motivo, se considera que el impacto sobre la vegetación en la fase de explotación será BENEFICIOSO en las 3 alternativas.

El impacto global sobre la vegetación, teniendo en cuenta ambas fases, se considera que es COMPATIBLE.

Otro posible impacto es el relacionado con la propagación de especies exóticas invasoras. En la parte sur de la actuación se han detectado varias manchas de la especie exótica invasora *Cortaderia selloana*. En las inmediaciones de estos espacios las tres alternativas prevén la ejecución de motas, por lo que, con el movimiento de tierras necesario para la creación de las mismas se podría provocar la dispersión de esta especie. Sin embargo, teniendo en cuenta que las motas no se sitúan directamente sobre estos espacios, se considera que el impacto es COMPATIBLE.

Durante la fase de explotación, las nuevas estructuras no generarán una contribución significativa en la propagación de este tipo de especies, por lo que se considera que el impacto en las 3 alternativas será COMPATIBLE.

El impacto global, por lo tanto, se considera que es COMPATIBLE en las 3 alternativas.

➤ **Impactos sobre la fauna**

El principal impacto sobre la fauna que se podría dar durante el transcurso de la obra está relacionado con la mortalidad directa de algún individuo faunístico. El uso de maquinaria pesada y de vehículos podría producir aplastamientos y atropellos puntuales. Sin embargo, teniendo en cuenta que se trata de una zona muy antropizada, con pocas zonas naturales y en la cual predominan las especies piscícolas y aves, se considera que el posible impacto sobre la fauna en las 3 alternativas será mínimo y COMPATIBLE.

Tal y como se ha señalado, con la restauración vegetal de las motas aumentará la cantidad de ejemplares vegetales en la zona de actuación, que podrán servir de refugio para algunas especies faunísticas. Por lo tanto, se considera que en la fase de explotación el impacto sobre la fauna en las 3 alternativas será BENEFICIOSO.

Teniendo en cuenta las dos fases, se considera que el impacto global sobre la fauna para las 3 alternativas será COMPATIBLE.

➤ **Impactos sobre el paisaje**

Los impactos sobre el paisaje en la fase de construcción afectan básicamente a la pérdida de calidad del paisaje, por la inclusión de nuevos elementos que modifican la calidad del paisaje preexistente en varios de sus componentes.

Durante la fase de obras, la pérdida de calidad se produce por la creación de estructuras y existencia de servicios auxiliares, el tránsito de vehículos y maquinaria, y principalmente la ocupación del territorio.

Estas acciones deterioran la calidad intrínseca del paisaje, por provocar un efecto de elementos desagregados y desordenados sobre el fondo escénico, además de originar un contraste cromático por los acopios de materiales y los propios colores de la maquinaria.

En este sentido, las tres alternativas generarán una disminución de la calidad del paisaje parecida, ya que la maquinaria, los vehículos y demás servicios auxiliares que se vayan de utilizar son muy similares en los 3 casos. Por ese motivo, se considera que el impacto que las tres alternativas producirán sobre el paisaje es COMPATIBLE.

En la fase de explotación, las motas revegetadas producirán un aumento de la calidad del paisaje debido a que aportarán elementos naturales en un entorno altamente antropizado, por lo que se considera que el impacto de las 3 alternativas sobre el paisaje en esta fase será BENEFICIOSO.

Por lo tanto, el impacto global de las 3 alternativas sobre el paisaje se considera COMPATIBLE.

12.2.1.3 Impactos sobre el Medio Cultural

➤ **Impactos sobre los elementos patrimoniales**

Tras la comparación de las alternativas propuestas con los catálogos patrimoniales de Cantabria, solamente se ha detectado un elemento de interés cultural en las inmediaciones de la zona de actuación.

aumento significativo de estos factores, generando un afección considerable sobre la población más cercana.

Por otro lado, también se puede dar un impacto sobre la salud y el bienestar de la población en términos de daños psicológicos y emocionales. Las empresas que se localizan en los edificios a demoler, albergan una gran cantidad de trabajadores que podrían sufrir consecuencias emocionales derivadas a la demolición de dichos edificios.

Teniendo en cuenta que en la Alternativa 1 se contempla la demolición de 3 edificios, el nivel de ruido generado, las vibraciones y el daño psicológico será mayor en este caso. Se considera que el impacto sobre la población para esta alternativa es SEVERO.

En el caso de la Alternativa 2, se contempla la demolición de 2 edificios, pero también se ejecutará una zanja para incorporar un bypass subterráneo. Este proceso también generara una gran incidencia de ruido derivado de la maquinaria pesada, vehículos... Por ese motivo, se considera que el impacto sobre la población para la Alternativa 2 es también SEVERO.

La Alternativa 3 contempla la demolición de 2 edificios. El impacto en este caso será menor que en los anteriores casos, pero igualmente se generará un incremento de ruidos y vibraciones considerable, por lo que el impacto sobre la población en este caso se considera MODERADO.

Durante la fase de explotación, debido a la demolición de los edificios con empresas, se producirá una disminución de la emisión de contaminantes atmosféricos y de los niveles sonoros en esos lugares, lo cual puede influir positivamente en la salud y el bienestar de la población. Por lo tanto, se considera que el impacto de las 3 alternativas sobre la población en esta fase será BENEFICIOSO.

Valorando ambas fases, se considera que las Alternativas 1 y 2 tendrán un impacto global MODERADO y la Alternativa 3 tendrá un impacto global COMPATIBLE.

➤ Impactos sobre la movilidad

En el entorno de la actuación se pueden observar algunos tramos de vías ciclistas en servicio. Durante las obras, algunos tramos de esta tipología serán obstaculizados por los trabajos que se deberán llevar a cabo.

El impacto sobre la movilidad de las 3 alternativas será muy similar. Sin embargo, teniendo en cuenta que el impacto es de carácter temporal, ya que solo durará mientras dure la obra, y que se afectará a tramos de poca longitud, se considera que la afección en los tres casos es COMPATIBLE.

Durante la fase de explotación, estos tramos volverán a ser transitables, por lo que se considera que el impacto sobre la movilidad en esta fase será NULO.

El impacto global sobre la movilidad, por lo tanto, se considera COMPATIBLE para las 3 alternativas.

➤ Impactos sobre los sectores productivos

El impacto sobre los sectores productivos se puede dar en dos ámbitos distintos. Por un lado, se dará una pérdida de terreno productivo, debido a que se prevé demoler edificios en los que se localizan algunas empresas en la actualidad. Por otro lado, la obra generará efectos sobre un tramo de pesca fluvial libre. Para la ejecución de las motas se deberá ocupar una parte de la ribera del río, impidiendo la pesca fluvial en estos tramos. Además, los trabajos cercanos al cauce podrían producir algún arrastre de sólidos o vertido accidental sobre las aguas, lo cual podría afectar a la fauna piscícola.

Durante la fase de obras se generará una pérdida de terreno productivo relacionado con la ocupación temporal de la maquinaria y materiales de la obra. Sin embargo, este impacto será temporal y de poca extensión, por lo que se considera que el impacto en las 3 alternativas es COMPATIBLE.

En la fase de explotación, debido a la demolición de los edificios, se producirá una pérdida de terreno productivo en estos lugares, que será algo mayor en el caso de la Alternativa 1, ya que contempla la demolición de un edificio más. En cualquier caso, se considera que el impacto de las 3 alternativas sobre la pérdida de terreno productivo será MODERADO.

Por lo tanto, el impacto global de las 3 alternativas sobre la pérdida de terreno productivo se considera MODERADO.

Las actuaciones planteadas en los márgenes del cauce son muy parecidas en las tres alternativas, ejecutando las mismas motas y muros. Por lo tanto, el impacto que se producirá por ocupación temporal y posibles arrastres y vertidos es muy parecido. En cualquier caso, estos impactos solo durarán mientras duren las obras y estableciendo las medidas preventivas necesarias se considera que el impacto sobre la pesca fluvial durante la fase de obras para las tres alternativas es COMPATIBLE.

Durante la fase de explotación, las motas y los muros no producirán un obstáculo significativo para la pesca fluvial, y además, con la retirada de los edificios actuales se conseguirá un mayor acceso a la zona del cauce, por lo que se considera que el impacto en esta fase será BENEFICIOSO.

Teniendo en cuenta ambas fases, el impacto global sobre la pesca fluvial se considera COMPATIBLE en las 3 alternativas.

➤ Impactos sobre la ordenación del territorio

En relación con la ordenación del territorio, hay que destacar que por la zona norte del ámbito de estudio discurre el GRL número 3 (Grandes Recorridos del Litoral) correspondiente al Plan Especial de Sendas y Caminos de Litoral (PESC). Sin embargo, las actuaciones de las diferentes alternativas no cortan en ningún caso este recorrido, y el tramo más cercano a la zona de actuación se sitúa a más de 100 metros, por lo que se considera que el impacto sobre la ordenación del territorio durante la fase de obras y la fase de explotación será NULO. El impacto global sobre la ordenación del territorio, por lo tanto, se considera NULO también.

➤ Impactos sobre el planeamiento

El Plan de General de Ordenación Urbana (PRUG) de Castro Urdiales divide el suelo en las tres categorías establecidas por la Ley del Suelo: Suelo Urbano, Urbanizable y No Urbanizable. Dentro de la categoría de suelo Urbano, se diferencian otras dos subcategorías: Residencial y Productivo. Las 3 alternativas valoradas se localizan casi totalmente sobre suelo urbano, a excepción de una pequeña parte que se localiza sobre suelo urbanizable. Durante las obras, el impacto sobre el planeamiento urbanístico se considera poco significativo y COMPATIBLE debido a que las actuaciones que se ejecutarán van acordes con la clasificación del suelo actual.

Durante la fase de explotación, sin embargo, con la demolición de los edificios que se contemplan en las alternativas propuestas, se podría generar una afección sobre el planeamiento urbanístico, ya que ese suelo podría pasar de la categoría "productivo" a otra categoría. En este sentido, la Alternativa 1 podría generar un impacto algo mayor, ya que además de las demoliciones contempladas en las otras dos alternativas, llevaría a cabo la demolición del edificio con la empresa

conservera y por consiguiente, una mayor superficie de suelo que podría cambiar de categoría de clasificación. Se considera, por lo tanto, que el impacto de esta alternativa sobre el planeamiento durante la fase de explotación es MODERADO. Por otro lado, el impacto en las otras dos alternativas se considera COMPATIBLE.

Valorando tanto la fase de obras como la fase de explotación, el impacto global de la Alternativa 1 sobre el planeamiento se considera MODERADO, mientras que el impacto global de las alternativas 2 y 3 se considera COMPATIBLE.

12.2.2 Valoración técnica y funcional

12.2.2.1 Complejidad de la ejecución de las obras

Este criterio se refiere a la dificultad para ejecutar las obras correspondientes a cada una de las alternativas. La Alternativa 1 a diferencia de la Alternativa 3 cuenta con la demolición de las instalaciones de la empresa conservera, por lo que se entiende que la complejidad de ejecución de las obras es algo mayor en la Alternativa 1 respecto a la Alternativa 3. Por lo que se refiere a la Alternativa 2, como diferencia fundamental con la Alternativa 3, considera la ejecución de un bypass por lo que la complejidad constructiva se supone mayor que la Alternativa 3. En definitiva, se considera que la Alternativa 1 tiene un grado de cumplimiento MEDIO, la Alternativa 2 un grado de cumplimiento BAJO y la Alternativa 3 un grado de cumplimiento ALTO.

12.2.2.2 Plazo de ejecución de las obras

Este criterio evalúa el periodo de tiempo que requiere la ejecución de las obras de cada alternativa.

El plazo de ejecución de la Alternativa 2 se ha considerado en 24 meses, el de la Alternativa 1 en 20 meses y el de la Alternativa 3 en 18 meses. La Alternativa 2 cuenta con un mayor plazo de ejecución que las otras dos puesto que además de la construcción de las diferentes motas de protección, también cuenta con la ejecución del bypass. La diferencia de plazo entre la Alternativa 1 y Alternativa 3 reside en que la Alternativa 1 cuenta con la demolición de las instalaciones de la empresa conservera y la ejecución de una mota de protección en esa zona.

En base a lo anterior, a la alternativa con menor plazo de ejecución se le valora con 10 puntos, mientras que la alternativa con mayor plazo de ejecución se valora con cero puntos. La alternativa con plazos intermedios se valora mediante interpolación lineal entre el valor máximo y mínimo.

12.2.2.3 Solución a la problemática de inundabilidad

Este criterio evalúa si las diferentes soluciones resuelven la problemática asociada a la inundabilidad del sector.

Las tres alternativas son capaces de contener la avenida de periodo de retorno de 100 años. Dado que al comienzo del estudio la inundabilidad del ámbito de estudio era ocupada por periodos de retorno incluso de 10 años de periodo retorno, cualquier mejora sustancial sobre ello implicaría el logro del objetivo. Si bien es cierto que las actuaciones planteadas no son capaces de contener la avenida de 500 años de periodo de retorno, se ha realizado un esfuerzo por plantear alternativas las cuales permitan que los pasos habilitados para el cruce del cauce no se vean afectados por dicha crecida.

Dicho lo cual se considera que el cumplimiento de la terna de alternativas cumple de manera MUY ALTA el problema de la inundabilidad.

12.2.2.4 Ocupación del terreno

Este criterio evalúa la superficie ocupada de manera definitiva por las obras de cada alternativa, ya que supondrán ocupaciones definitivas en los casos de las motas de protección y el tramo abierto del bypass y servidumbres en el caso del cajón soterrado.

La Alternativa 1 cuenta con una superficie de ocupación de 11.632,53 m², la Alternativa 2 con una superficie de ocupación de 11.878,18 m² y la Alternativa 3 con una superficie de ocupación de 10.632,55 m².

La Alternativa 2 cuenta con una mayor superficie de ocupación a causa del bypass, mientras que la diferencia entre la Alternativa 1 y Alternativa 3 reside en la mota de protección a ejecutar en la Alternativa 1 una vez demolidas las instalaciones de la empresa conservera. Por lo tanto, la Alternativa 3 se valora con la máxima puntuación de 10 puntos, la Alternativa 2 con cero punto y la Alternativa 1 con una puntuación intermedia mediante interpolación lineal entre la más alta y la más baja.

12.2.2.5 Servicios afectados

Este criterio evalúa el número de servicios existentes que se ven alterados por la ejecución de cada alternativa.

Para ello se han medido las longitudes de los servicios afectados y aplicado un ancho de un metro, para la afección que produciría su desvío. Se obtienen unos valores de 6.830 m², 9.080 m² y 6.830 m² para las alternativas 1, 2 y 3 respectivamente. En base a lo anterior, a la alternativa con menor ocupación se ha asignado una puntuación de 10 puntos, mientras que la alternativa con mayor ocupación se ha valorado con cero puntos. La otra alternativa se ha puntuado mediante interpolación lineal entre el valor máximo y mínimo.

12.2.2.6 Afección a accesos

Este criterio evalúa el área de viales y aceras que se ven alterados por la ejecución de la reposición de puentes y pasarelas de cada alternativa.

Para ello se han medido las áreas de accesos y viales afectados. En las tres alternativas se hace necesario adecuar los puentes existentes y por lo tanto las modificaciones de los accesos a los mismos son muy similares, resultando dicha afección la misma para las tres alternativas, la cual supone una superficie de 5.711 m² para cada una de ellas.

En definitiva, las tres alternativas se valoran con la puntuación máxima de 10 puntos.

12.2.3 Valoración económica

Cabe destacar que el presente documento de estudio de alternativas se considera un análisis preliminar de las posibles actuaciones para resolver la problemática existente. Es por ello que esta valoración económica tiene un carácter exclusivamente orientativo, a falta de un estudio en

profundidad de la alternativa finalmente seleccionada que se deberá llevar a cabo en la fase de redacción del proyecto constructivo.

El objetivo de esta valoración económica, además del propio de tener una orientación del coste de ejecución de las obras, es tenerla en cuenta como criterio de selección de la alternativa más adecuada. Dado que existe una gran similitud entre las tres alternativas en gran parte de las actuaciones planteadas, la variación de alguno de los precios utilizados afectaría de manera análoga a todas las alternativas y por tanto se considera que no supondría un cambio significativo en términos relativos en el resultado de la alternativa seleccionada.

La valoración económica de las actuaciones se ha realizado en base a mediciones derivadas de los planos y precios unitarios de mercado, y la experiencia del equipo redactor en proyectos similares para algunas unidades como los puentes. Aparte, se han considerado otros costes presentes en todas las obras valorados como % del presupuesto de ejecución material de las obras como son:

- Varios e imprevistos: 10 %
- Medidas correctoras: 2,5 %
- Integración Ambiental: 3 %
- Gestión de residuos: 3,5 %
- Seguridad y Salud: 2 %

En la valoración de las alternativas se ha tenido en cuenta además la tipología constructiva asociada a las actuaciones propuestas de cada alternativa, presentando por tanto un coste menor las actuaciones que precisan una ejecución más simple y un coste mayor aquellas con un procedimiento constructivo más complejo.

Se incluye a continuación la valoración económica de cada una de las alternativas mostrando las unidades consideradas junto con sus mediciones, precios unitarios y presupuesto.

DESCRIPCIÓN	UM	MEDICIÓN	PRECIOS	PRESUPUESTO
		ALTERNATIVA 1	UNITARIOS €	ALTERNATIVA 1
Desbroce	m2	1.326,80	1,31	1.739,43 €
Tala árbol 15cm<D<30cm y 10m<h<15m	ud	30,00	94,43	2.832,80 €
Tala árbol 30cm<D<60cm y 10m<h<15m	ud	50,00	149,89	7.494,55 €
Tala árbol D>60cm y 10m<h<15m	ud	30,00	237,97	7.139,09 €
Retirada de barandilla	m	134,00	8,65	1.158,83 €
Demolición pavimento incluso base de hormigón	m2	18.162,60	22,72	412.653,82 €
Demolición estructura HA/mampostería	m3	88,75	154,74	13.733,53 €
Demolición edificio	m3	172.000,00	5,18	890.100,00 €
Demolición puente	m2	560,00	124,20	69.552,00 €
Demolición cerramiento de ladrillo/bloque	m2	160,00	11,58	1.852,88 €
Demolición cerramiento de malla	m2	590,00	6,12	3.609,62 €
Excavación a cielo abierto con medios mecánicos	m3	8.585,10	6,98	59.928,29 €
Muro contención (HA-30 o mampostería)	m3	1.274,16	514,45	655.492,23 €
Puente vehículos y peatones	m2	500,00	1.150,00	575.000,00 €
Puente peatones	m2	60,00	920,00	55.200,00 €
Relleno saneo	m3	7.260,20	31,30	227.266,04 €
Relleno pedraplen/todo uno seleccionado	m3	8.619,19	25,75	221.931,15 €
Escollera colocada granulometría 500kg	m3	3.007,55	69,21	208.143,72 €
Aplacado losa irregular de piedra natural 2/3cm	m2	2.167,40	139,21	301.718,34 €
Geomalla degradable tejido coco + grapas + sauce 2ud/m2	m2	6.015,11	8,02	48.214,08 €
Geomalla degradable tejido coco + grapas + sauce 4ud/m2	m2	9.528,11	10,60	100.977,20 €
Relleno tierra vegetal + siembra manual	m3	4.662,96	23,50	109.589,75 €
Terraplén material seleccionado de aportación	m3	3.698,00	25,42	93.984,67 €
Base granular zahorra	m3	745,35	41,27	30.763,20 €
Base zahorra ZA-40	m3	252,00	61,67	15.541,97 €
Macadam con doble tratamiento bituminoso	m3	84,00	114,77	9.640,68 €
Acera: Baldosa hidráulica + 15cm HM-20	m2	1.242,25	62,15	77.200,87 €
Vial: 6cm MBC rodadura + 15cm HM-20	m2	3.726,75	45,62	170.016,20 €
Barandilla	m	729,00	251,23	183.145,94 €
Barrera seguridad	m	85,00	103,50	8.797,50 €
Bolardo de fundición/hormigón	ud	19,00	265,85	5.051,06 €
Reja metálica y pp de puerta de acceso	m2	80,00	95,06	7.604,72 €
Malla electrosoldada	m2	210,00	44,18	9.278,43 €
Cerramiento ladrillo/bloque cara vista	m2	160,00	51,87	8.298,40 €
Losa protección servicio existente	m2	4.170,00	46,00	191.820,00 €
Desvío canalización de gas existente	m	210,00	206,57	43.379,44 €
Desvío canalización eléctrica BT subterránea	m	420,00	61,09	25.659,38 €
Desvío canalización eléctrica AT/MT subterránea	m	90,00	155,54	13.998,38 €
Desmontaje/montaje subestación eléctrica	ud	2,00	28.750,00	57.500,00 €
Desvío red de saneamiento	m	660,00	69,00	45.540,00 €
Desvío red de pluviales	m	390,00	57,50	22.425,00 €
Desvío red de abastecimiento	m	890,00	80,50	71.645,00 €
Varios e imprevistos	%	0,00	10,00	506.661,82 €
Medidas correctoras	%	0,00	2,50	139.332,00 €
Integración ambiental	%	0,00	3,00	171.378,36 €
Gestión de residuos	%	0,00	3,50	205.939,66 €
Seguridad y salud	%	0,00	2,00	121.798,60 €
			SUBTOTAL	6.211.728,60 €

Tabla nº10. Valoración económica Alternativa 1 (PEM)

DESCRIPCIÓN	UM	MEDICIÓN	PRECIOS	PRESUPUESTO
		ALTERNATIVA 2	UNITARIOS €	ALTERNATIVA 2
Desbroce	m2	2.830,56	1,31	3.710,86 €
Tala árbol 15cm<D<30cm y 10m<h<15m	ud	30,00	94,43	2.832,80 €
Tala árbol 30cm<D<60cm y 10m<h<15m	ud	50,00	149,89	7.494,55 €
Tala árbol D>60cm y 10m<h<15m	ud	30,00	237,97	7.139,09 €
Retirada de barandilla	m	134,00	8,65	1.158,83 €
Demolición pavimento incluso base de hormigón	m2	22.812,20	22,72	518.292,61 €
Demolición estructura HA/mampostería	m3	88,05	154,74	13.625,21 €
Demolición edificio	m3	119.500,00	5,18	618.412,50 €
Demolición puente	m2	560,00	124,20	69.552,00 €
Demolición cerramiento de ladrillo/bloque	m2	160,00	11,58	1.852,88 €
Demolición cerramiento de malla	m2	590,00	6,12	3.609,62 €
Entibación monocodal <4m	m2	1.407,47	58,03	81.673,88 €
Entibación monocodal >4m	m2	603,20	65,62	39.581,38 €
Excavación a cielo abierto con medios mecánicos	m3	11.268,22	6,98	78.657,84 €
Excavación en vaciados grandes pozos	m3	15.683,20	20,82	326.445,81 €
Muro contención (HA-30 o mampostería)	m3	1.277,02	514,45	656.963,56 €
Cajón 6x1m	m	480,00	3.584,75	1.720.677,62 €
Canal abierto	m	110,00	2.968,87	326.575,18 €
Puente vehículos y peatones	m2	500,00	1.150,00	575.000,00 €
Puente peatones	m2	60,00	920,00	55.200,00 €
Relleno saneo	m3	7.674,88	31,30	240.246,77 €
Relleno pedraplen/todo uno seleccionado	m3	9.775,80	25,75	251.712,26 €
Relleno trasdos estructuras	m3	9.808,00	32,05	314.351,30 €
Escollera colocada granulometría 500kg	m3	3.214,06	69,21	222.435,13 €
Aplacado losa irregular de piedra natural 2/3cm	m2	2.167,40	139,21	301.718,34 €
Geomalla degradable tejido coco + grapas + sauce 2ud/m2	m2	6.428,11	8,02	51.524,52 €
Geomalla degradable tejido coco + grapas + sauce 4ud/m2	m2	10.025,71	10,60	106.250,73 €
Relleno tierra vegetal + siembra manual	m3	4.936,15	23,50	116.010,14 €
Terraplén material seleccionado de aportación	m3	3.766,20	25,42	95.717,97 €
Base granular zahorra	m3	1.378,95	41,27	56.914,09 €
Base zahorra ZA-40	m3	252,00	61,67	15.541,97 €
Macadam con doble tratamiento bituminoso	m3	84,00	114,77	9.640,68 €
Acera: Baldosa hidráulica + 15cm HM-20	m2	4.621,45	62,15	287.204,63 €
Vial: 6cm MBC rodadura + 15cm HM-20	m2	4.571,55	45,62	208.556,40 €
Barandilla	m	729,00	251,23	183.145,94 €
Barrera seguridad	m	85,00	103,50	8.797,50 €
Bolardo de fundición/hormigón	ud	19,00	265,85	5.051,06 €
Reja metálica y pp de puerta de acceso	m2	80,00	95,06	7.604,72 €
Malla electrosoldada	m2	210,00	44,18	9.278,43 €
Cerramiento ladrillo/bloque cara vista	m2	160,00	51,87	8.298,40 €
Losa protección servicio existente	m2	6.060,00	46,00	278.760,00 €
Desvío canalización de gas existente	m	300,00	206,57	61.970,63 €
Desvío canalización eléctrica BT subterránea	m	480,00	61,09	29.325,00 €
Desvío canalización eléctrica AT/MT subterránea	m	210,00	155,54	32.662,88 €
Desmontaje/montaje subestación eléctrica	ud	2,00	28.750,00	57.500,00 €
Desvío red de saneamiento	m	690,00	69,00	47.610,00 €
Desvío red de pluviales	m	420,00	57,50	24.150,00 €
Desvío red de abastecimiento	m	920,00	80,50	74.060,00 €
Varios e imprevistos	%	0,00	10,00	821.449,57 €
Medidas correctoras	%	0,00	2,50	225.898,63 €
Integración ambiental	%	0,00	3,00	277.855,32 €
Gestión de residuos	%	0,00	3,50	333.889,47 €
Seguridad y salud	%	0,00	2,00	197.471,77 €
			SUBTOTAL	10.071.060,49 €

Tabla nº11. Valoración económica Alternativa 2 (PEM)

Estudio de alternativas de la solución de defensa frente a avenidas extraordinarias del río Sámano en el núcleo de Castro Urdiales (Cantabria)
Xoooo363-Estudio de Alternativas-REV-2

DESCRIPCIÓN	UM	MEDICIÓN	PRECIOS	PRESUPUESTO
		ALTERNATIVA 3	UNITARIOS €	ALTERNATIVA 3
Desbroce	m2	1.161,60	1,31	1.522,86 €
Tala árbol 15cm<D<30cm y 10m<h<15m	ud	30,00	94,43	2.832,80 €
Tala árbol 30cm<D<60cm y 10m<h<15m	ud	50,00	149,89	7.494,55 €
Tala árbol D>60cm y 10m<h<15m	ud	30,00	237,97	7.139,09 €
Retirada de barandilla	m	134,00	8,65	1.158,83 €
Demolición pavimento incluso base de hormigón	m2	19.013,80	22,72	431.993,06 €
Demolición estructura HA/mampostería	m3	83,85	154,74	12.975,28 €
Demolición edificio	m3	119.500,00	5,18	618.412,50 €
Demolición puente	m2	560,00	124,20	69.552,00 €
Demolición cerramiento de ladrillo/bloque	m2	160,00	11,58	1.852,88 €
Demolición cerramiento de malla	m2	590,00	6,12	3.609,62 €
Excavación a cielo abierto con medios mecánicos	m3	8.327,50	6,98	58.130,11 €
Muro contención (HA-30 o mampostería)	m3	1.265,32	514,45	650.944,47 €
Puente vehículos y peatones	m2	500,00	1.150,00	575.000,00 €
Puente peatones	m2	60,00	920,00	55.200,00 €
Relleno saneo	m3	7.002,60	31,30	219.202,39 €
Relleno pedraplen/todo uno seleccionado	m3	9.555,79	25,75	246.047,32 €
Escollera colocada granulometría 500kg	m3	2.962,28	69,21	205.010,50 €
Aplacado losa irregular de piedra natural 2/3cm	m2	2.167,40	139,21	301.718,34 €
Geomalla degradable tejido coco + grapas + sauce 2ud/m2	m2	5.924,56	8,02	47.488,31 €
Geomalla degradable tejido coco + grapas + sauce 4ud/m2	m2	9.107,56	10,60	96.520,32 €
Relleno tierra vegetal + siembra manual	m3	4.509,64	23,50	105.986,21 €
Terraplén material seleccionado de aportación	m3	3.559,35	25,42	90.460,88 €
Base granular zahorra	m3	745,35	41,27	30.763,20 €
Base zahorra ZA-40	m3	252,00	61,67	15.541,97 €
Macadam con doble tratamiento bituminoso	m3	84,00	114,77	9.640,68 €
Acera: Baldosa hidráulica + 15cm HM-20	m2	1.242,25	62,15	77.200,87 €
Vial: 6cm MBC rodadura + 15cm HM-20	m2	3.726,75	45,62	170.016,20 €
Barandilla	m	729,00	251,23	183.145,94 €
Barrera seguridad	m	85,00	103,50	8.797,50 €
Bolardo de fundición/hormigón	ud	19,00	265,85	5.051,06 €
Reja metálica y pp de puerta de acceso	m2	80,00	95,06	7.604,72 €
Malla electrosoldada	m2	210,00	44,18	9.278,43 €
Cerramiento ladrillo/bloque cara vista	m2	160,00	51,87	8.298,40 €
Losa protección servicio existente	m2	4.170,00	46,00	191.820,00 €
Desvío canalización de gas existente	m	210,00	206,57	43.379,44 €
Desvío canalización eléctrica BT subterránea	m	420,00	61,09	25.659,38 €
Desvío canalización eléctrica AT/MT subterránea	m	90,00	155,54	13.998,38 €
Desmontaje/montaje subestación eléctrica	ud	2,00	28.750,00	57.500,00 €
Desvío red de saneamiento	m	660,00	69,00	45.540,00 €
Desvío red de pluviales	m	390,00	57,50	22.425,00 €
Desvío red de abastecimiento	m	890,00	80,50	71.645,00 €
Varios e imprevistos	%	0,00	10,00	480.755,85 €
Medidas correctoras	%	0,00	2,50	132.207,86 €
Integración ambiental	%	0,00	3,00	162.615,67 €
Gestión de residuos	%	0,00	3,50	195.409,82 €
Seguridad y salud	%	0,00	2,00	115.570,95 €
SUBTOTAL				5.894.118,63 €

Tabla nº12. Valoración económica Alternativa 3 (PEM)

Estudio de alternativas de la solución de defensa frente a avenidas extraordinarias del río Sámano en el núcleo de Castro Urdiales (Cantabria)
X000363-Estudio de Alternativas-REV-2

En la siguiente tabla se incluye un resumen por capítulos de las tres alternativas estudiadas.

ACTUACIONES	ALT 1	ALT 2	ALT 3
Demoliciones	1.285.093,85 €	1.023.605,30 €	1.032.529,01 €
Construcción de Muros y Motas	1.795.135,63 €	1.870.087,93 €	1.797.470,58 €
Adecuación y restitución Pasarela Acebal Idígoras	532.918,74 €	538.689,76 €	542.811,93 €
Adec. y restitución Puente Ocharan Mazas	309.612,64 €	306.937,93 €	290.889,65 €
Adec. y restitución Puente N-634	411.800,40 €	411.800,40 €	411.800,40 €
Adec. y restitución Puente Leonardo Rucabado	260.089,71 €	260.089,71 €	260.089,71 €
Ejecución canal derivación (bypass)	0,00 €	3.197.246,18 €	0,00 €
Servicios afectados	471.967,19 €	606.038,50 €	471.967,19 €
Varios e imprevistos	506.661,82 €	821.449,57 €	480.755,85 €
Medidas correctoras	139.332,00 €	225.898,63 €	132.207,86 €
Integración ambiental	171.378,36 €	277.855,32 €	162.615,67 €
Gestión de residuos	205.939,66 €	333.889,47 €	195.409,82 €
Seguridad y Salud	121.798,60 €	197.471,77 €	115.570,95 €
Presupuesto Ejecución Material	6.211.728,60 €	10.071.060,49 €	5.894.118,63 €
Gastos Generales 13%	807.524,72 €	1.309.237,86 €	766.235,42 €
Beneficio Industrial 6%	372.703,72 €	604.263,63 €	353.647,12 €
Presupuesto Base de Licitación sin IVA	7.391.957,04 €	11.984.561,98 €	7.014.001,17 €
IVA 21%	1.552.310,98 €	2.516.758,02 €	1.472.940,25 €
Presupuesto Base de Licitación	8.944.268,01 €	14.501.320,00 €	8.486.941,42 €

Tabla nº13. Resumen de valoración económica de las alternativas

12.3 Análisis multicriterio

12.3.1 Introducción

Tal y como se ha mencionado, los aspectos más importantes a tener en cuenta y que constituyen los objetivos de comparación son los siguientes:

- **Objetivo Ambiental:** la solución debe lograr el mayor beneficio sobre el medio ambiente y/o provocar el menor impacto.
- **Objetivo Técnico y Funcional:** la solución debe responder de manera solvente a los problemas presentados y ofrecer el mejor servicio e integración posible.
- **Objetivo Económico:** la solución debe ser la que maximice los recursos económicos.

Para ello, los indicadores de comparación deben estar formados por variables o criterios representativos que permitan evaluar el grado de cumplimiento de los mismos. Es necesario por tanto que los criterios sean concretos, medibles e independientes. Finalmente, su combinación permite un resultado final en la valoración de cada uno de los objetivos.

12.3.2 Criterios ambientales

El primer paso para evaluar los impactos de cada alternativa y posteriormente poder compararlas consiste en la identificación de los impactos, donde se consideran las acciones del proyecto que potencialmente pueden generar afecciones en el medio y los elementos del medio (factores ambientales), susceptibles de recibir afecciones.

Mediante el cruce entre los elementos del medio y las acciones de la obra durante la fase de obras y la fase de explotación que resulten más relevantes se obtienen los efectos más significativos. Este cruce se realiza mediante la elaboración de una Matriz Acciones del proyecto / Factor Ambiental, a partir de la propuesta de los modelos clásicos adecuándolos a las necesidades de este estudio y, particularmente, a las condiciones de partida del entorno y las características de la actuación.

Se ha considerado un total de 100 puntos que han sido distribuidos en 4 categorías o criterios; medio físico, medio biótico, medio cultural y medio socioeconómico. Estas categorías a su vez se dividen en subcriterios que pueden estar divididos en uno o más impactos. Se muestran en la siguiente tabla junto con sus ponderaciones asignadas.

PONDERACIONES			
MEDIO FÍSICO			30
Atmósfera	4	Calidad del aire	4
Geología y geomorfología	5	Cambios en la morfología del terreno	5
Suelo	2	Alteración del suelo	2
Hidrología e hidrogeología	19	Intercepción de cuencas	2
		Alteración calidad de las aguas superficiales y subterráneas	10
		Afección a zonas de recarga/descarga de acuíferos	2
		Incidencia sobre el dominio público marítimo terrestre y el dominio público hidráulico	5
MEDIO BIÓTICO			20
Vegetación	14	Efectos sobre la vegetación de ribera	10
		Riesgo de propagación de especies exóticas invasoras	4
Fauna	2	Afección sobre la fauna	2
Paisaje	4	Calidad del paisaje	4
MEDIO CULTURAL			10
Elementos patrimoniales	10	Obstaculización del camino de Santiago	10
MEDIO SOCIOECONÓMICO			40
Población	10	Efectos sobre la salud y el bienestar, ruidos y vibraciones	10
Movilidad	10	Modificación de vías ciclistas y caminos	10
Sector productivos	10	Pérdida de terreno productivo	5
		Efectos sobre la pesca fluvial	5
Ordenación del Territorio	5	Afección sobre el Plan Especial de Sendas y Caminos del Litoral (PESC)	5
Planeamiento	5	Efectos sobre el planeamiento urbanístico	5

Tabla nº14. Ponderaciones asignadas por criterios ambientales

Tal y como se puede observar, el mayor peso se asigna al medio socioeconómico, seguido del medio físico, con 40 y 30 puntos respectivamente. La siguiente categoría con mayor peso es el medio biótico con 20 puntos, y por último el medio cultural con 10 puntos.

En cuanto a los subcriterios, el de mayor puntuación es el de hidrología e hidrogeología con 19 puntos, seguido del de vegetación con 14 puntos. Los elementos patrimoniales, la población, la movilidad y los sectores productivos también tienen una puntuación elevada con 10 puntos cada uno de ellos.

Una vez establecidas las ponderaciones de los criterios y subcriterios, se han puntuado para cada alternativa de forma independiente, considerándose las valoraciones asignadas en el apartado anterior de la siguiente forma.

VALORACIONES IMPACTOS	
COMPATIBLE	$x \geq 4,50$
MODERADO	$2,50 \leq x < 4,50$
SEVERO	$1,00 < x < 2,50$
CRÍTICO	$x \leq 1,00$

Tabla nº15. Valoraciones criterios ambientales

En la siguiente tabla se muestra la puntuación para cada alternativa de cada uno de los indicadores considerados.

CRITERIOS	SUBCRITERIO	IMPACTO	PUNTUACIÓN (1-10)			
			ALT 1	ALT 2	ALT 3	
Medio Físico	Atmósfera	Calidad del aire	6,00	6,00	6,00	
	Geología y geomorfología	Cambios en la morfología del terreno	6,00	3,50	6,00	
	Suelo	Alteración del suelo	8,00	7,00	8,00	
	Hidrología e hidrogeología	Intercepción de cuencas		9,00	9,00	9,00
		Alteración calidad de las aguas superficiales y subterráneas		4,00	3,00	4,00
		Afección a zonas de recarga/descarga de acuíferos		8,00	4,00	8,00
		Incidencia sobre el dominio público marítimo terrestre y el dominio público hidráulico		9,00	7,00	7,00
Medio Biótico	Vegetación	Efectos sobre la vegetación de ribera	7,00	6,00	6,00	
		Riesgo de propagación de especies exóticas invasoras	6,00	6,00	6,00	
	Fauna	Afección sobre la fauna	9,00	8,00	8,00	
	Paisaje	Calidad del paisaje	7,00	6,00	6,00	
Medio Cultural	Elementos patrimoniales	Obstaculización del Camino de Santiago	5,00	3,50	5,00	
Medio Socioeconómico	Población	Efectos sobre la salud y el bienestar, ruidos y vibraciones	4,00	3,50	5,00	
	Movilidad	Modificación de vías ciclistas y caminos	7,00	7,00	7,00	
	Sectores productivos	Pérdida de terreno productivo	3,00	4,00	4,00	
		Efectos sobre la pesca fluvial	7,00	6,00	6,00	
	Ordenación del Territorio	Afección sobre el Plan Especial de Sendas y Caminos del Litoral (PESC)	10,00	10,00	10,00	
	Planeamiento	Efectos sobre el planeamiento urbanístico	4,00	5,00	5,00	
Total			119,0	104,5	116,0	

Tabla nº16. Puntuación criterios ambientales por alternativa

Se puede observar en la tabla anterior que la Alternativa 1 obtiene una mejor puntuación, y por lo tanto, desde el punto de vista medioambiental se considera que es la alternativa más adecuada.

Una vez asignadas las puntuaciones de cada criterio se le ha aplicado la ponderación mostrada en la tabla "Ponderaciones asignadas por impactos y criterios ambientales". Para ello se ha multiplicado la valoración por la ponderación en cada uno de los impactos. Se muestra el resultado en la siguiente tabla.

CRITERIOS	PESO (%)	SUBCRITERIO	IMPACTO	PESO	PUNTUACIÓN PONDERADA		
					ALT 1	ALT 2	ALT 3
Medio Físico	30	Atmósfera	Calidad del aire	4	0,24	0,24	0,24
		Geología y geomorfología	Cambios en la morfología del terreno	5	0,30	0,18	0,30
		Suelo	Alteración del suelo	2	0,16	0,14	0,16
		Hidrología e hidrogeología	Intercepción de cuencas	2	0,18	0,18	0,18
			Alteración calidad de las aguas superficiales y subterráneas	10	0,40	0,30	0,40
			Afección a zonas de recarga/descarga de acuíferos	2	0,16	0,08	0,16
			Incidencia sobre el dominio público marítimo terrestre y el dominio público hidráulico	5	0,45	0,35	0,35
Medio Biótico	20	Vegetación	Efectos sobre la vegetación de ribera	10	0,70	0,60	0,60
			Riesgo de propagación de especies exóticas invasoras	4	0,24	0,24	0,24
		Fauna	Afección sobre la fauna	2	0,18	0,16	0,16
		Paisaje	Calidad del paisaje	4	0,28	0,24	0,24
Medio Cultural	10	Elementos patrimoniales	Obstaculización del Camino de Santiago	10	0,50	0,35	0,50
Medio Socioeconómico	40	Población	Efectos sobre la salud y el bienestar, ruidos y vibraciones	10	0,40	0,35	0,50
		Movilidad	Modificación de vías ciclistas y caminos	10	0,70	0,70	0,70
		Sector productivos	Pérdida de terreno productivo	5	0,15	0,20	0,20
			Efectos sobre la pesca fluvial	5	0,35	0,30	0,30
		Ordenación del Territorio	Afección sobre el Plan Especial de Sendas y Caminos del Litoral (PESC)	5	0,50	0,50	0,50
		Planeamiento	Efectos sobre el planeamiento urbanístico	5	0,20	0,25	0,25
Total impacto por alternativa				100	6,09	5,36	5,98

Tabla nº17. Puntuación ponderada de indicadores ambientales por alternativa

Tal y como se puede apreciar en la tabla anterior, **la puntuación ambiental final para la Alternativa 1 es la más alta (6,09 puntos sobre 10) mientras que la Alternativa 2 ha obtenido la puntuación más baja (5,36 puntos sobre 10).**

12.3.3 Criterios técnicos y funcionales

Los criterios técnicos y funcionales a tener en cuenta son de distinta índole pero la conjunción de ellos cuantifica la solución al problema detectado y los beneficios que esta acarrea.

Estos criterios se valoran según el grado de cumplimiento del mismo de la siguiente forma:

VALORACIONES CRITERIOS TÉCNICOS	
CUMPLIMIENTO MUY ALTO	10
CUMPLIMIENTO ALTO	7,5
CUMPLIMIENTO MEDIO	5,0
CUMPLIMIENTO BAJO	2,5
CUMPLIMIENTO MUY BAJO	0

Tabla nº18. Valoraciones criterios técnicos

En la siguiente tabla se muestran los diferentes indicadores estudiados, valorando de manera absoluta aquellas que no dependen de un valor cuantificable, como son el caso de la complejidad de la ejecución de las obras y la resolución o no del problema de la inundabilidad. Estas valoraciones han sido explicadas en el capítulo previo.

INDICADORES	UD	PUNTAJES			PUNTAJACIÓN (1-10)		
		ALT 1	ALT 2	ALT 3	ALT 1	ALT 2	ALT 3
Complejidad de la ejecución de las obras	---	---			5,00	2,50	7,50
Plazo de ejecución de las obras	meses	20	24	18	6,67	0,00	10,00
Solución resuelve el problema de las inundaciones	---	---			10,00	10,00	10,00
Ocupación del terreno	m ²	11.633	11.878	10.632	1,97	0,00	10,00
Servicios afectados	m ²	6.830	9.080	6.830	10,00	0,00	10,00
Afección a accesos	m ²	5.711	5.711	5.711	10,00	10,00	10,00
Total indicadores por alternativa					43,64	22,50	57,50

Tabla nº19. Puntuación de indicadores técnicos y funcionales por alternativa

A cada uno de los criterios se le ha asignado un peso, dando más importancia lógicamente a si se resuelve correctamente el problema de las inundaciones con un 30% del peso total. Reciben también un peso importante la afección a los servicios existentes con 20%, y la afección a los accesos y viales existentes, y la complejidad de las obras con un 15%.

En la siguiente tabla se muestra la ponderación y valoración de cada uno de los criterios técnicos y funcionales para cada una de las alternativas.

INDICADORES	PESO (%)	PUNTUACIÓN PONDERADA		
		ALT 1	ALT 2	ALT 3
Complejidad de la ejecución de las obras	15	0,75	0,38	1,13
Plazo de ejecución de las obras	10	0,67	0,00	1,00
Solución resuelve el problema de las inundaciones	30	3,00	3,00	3,00
Ocupación del terreno	10	0,20	0,00	1,00
Servicios afectados	20	2,00	0,00	2,00
Afección a accesos	15	1,50	1,50	1,50
Total impacto por alternativa	100	8,11	4,88	9,63

Tabla nº20. Puntuación ponderada de indicadores técnicos y funcionales por alternativa

Tal y como se puede apreciar, la puntuación técnico-funcional final para la Alternativa 3 es la más alta (9,63 puntos sobre 10) mientras que la Alternativa 2 ha obtenido la puntuación más baja (4,88 puntos sobre 10).

12.3.4 Criterios económicos

Para comparar las Alternativas estudiadas desde un punto de vista económico se han utilizado los Presupuestos Base de Licitación de cada una de ellas mostrados anteriormente.

Puesto que la idea de esta valoración es clasificar cada una de las alternativas según su efectividad desde el punto de vista económico, la alternativa considerada como óptima será aquella que resulte menos costosa (calificándose con 10 puntos), mientras que la alternativa considerada como menos óptima será la más costosa (calificándose con 0 puntos).

La puntuación de la alternativa restante se ha calculado proporcional teniendo en cuenta la diferencia entre los Presupuestos Base de Licitación. De esta forma la calificación final queda de la siguiente manera:

INDICADORES	UD	ALT 1	ALT 2	ALT 3	PUNTUACIÓN (1-10)		
					ALT 1	ALT 2	ALT 3
Presupuesto Base de Licitación	€	8.944.268,01	14.501.320,00	8.486.941,42	9,24	0,00	10,00

Tabla nº21. Puntuación indicador económico por alternativa

Tal y como se puede ver en la anterior tabla, la mejor puntuación económica es para la Alternativa 3 con 10,00 puntos sobre 10 (al ser la más barata) y la peor es la de la Alternativa 2 de 0,00 puntos sobre 10 (por ser la más cara).

12.3.5 Ponderación de objetivos y resultado final del análisis

En resumen, la ponderación de los diferentes criterios adoptados ha sido la siguiente:

CRITERIOS	PESOS NIVEL 1	INDICADORES		PESOS NIVEL 2	PUNTUACIÓN (1-10)			PUNTUACIÓN PONDERADA			
					ALT 1	ALT 2	ALT 3	ALT 1	ALT 2	ALT 3	
IMPACTOS SOBRE EL MEDIO Y EL TERRITORIO	30%	Medio Físico	Atmósfera	Calidad del aire	4%	6,00	6,00	6,00	0,24	0,24	0,24
			Geología y geomorfología	Cambios en la morfología del terreno	5%	6,00	3,50	6,00	0,30	0,18	0,30
			Suelo	Alteración del suelo	2%	8,00	7,00	8,00	0,16	0,14	0,16
			Hidrología e hidrogeología	Intercepción de cuencas	2%	9,00	9,00	9,00	0,18	0,18	0,18
				Alteración calidad de las aguas superficiales y subterráneas	10%	4,00	3,00	4,00	0,40	0,30	0,40
				Afección a zonas de recarga/descarga de acuíferos	2%	8,00	4,00	8,00	0,16	0,08	0,16
				Incidencia sobre el dominio público marítimo terrestre y el dominio público hidráulico	5%	9,00	7,00	7,00	0,45	0,35	0,35
		Medio Biótico	Vegetación	Efectos sobre la vegetación de ribera	10%	7,00	6,00	6,00	0,70	0,60	0,60
				Riesgo de propagación de especies exóticas invasoras	4%	6,00	6,00	6,00	0,24	0,24	0,24
			Fauna	Afección sobre la fauna	2%	9,00	8,00	8,00	0,18	0,16	0,16
		Medio Cultural	Paisaje	Calidad del paisaje	4%	7,00	6,00	6,00	0,28	0,24	0,24
				Elementos patrimoniales	Obstaculización del Camino de Santiago	10%	5,00	3,50	5,00	0,50	0,35
		Medio Socioeconómico	Población	Efectos sobre la salud y el bienestar, ruidos y vibraciones	10%	4,00	3,50	5,00	0,40	0,35	0,50
			Movilidad	Modificación de vías ciclistas y caminos	10%	7,00	7,00	7,00	0,70	0,70	0,70
			Sector productivo	Pérdida de terreno productivo	5%	3,00	4,00	4,00	0,15	0,20	0,20
				Efectos sobre la pesca fluvial	5%	7,00	6,00	6,00	0,35	0,30	0,30
			Ordenación del Territorio	Afección sobre el Plan Especial de Sendas y Caminos del Litoral (PESC)	5%	10,00	10,00	10,00	0,50	0,50	0,50
Planeamiento	Afecciones al planeamiento urbanístico	5%	4,00	5,00	5,00	0,20	0,25	0,25			
TOTAL IMPACTOS SOBRE EL MEDIO Y EL TERRITORIO				100%				6,09	5,36	5,98	
VIABILIDAD TÉCNICA Y FUNCIONAL	40%	Complejidad de la ejecución de las obras		15%	5,00	2,50	7,50	0,75	0,38	1,13	
		Plazo de ejecución de las obras		10%	6,67	0,00	10,00	0,67	0,00	1,00	
		Solución resuelve el problema de las inundaciones		30%	10,00	10,00	10,00	3,00	3,00	3,00	
		Ocupación del terreno		10%	1,97	0,00	10,00	0,20	0,00	1,00	
		Servicios afectados		20%	10,00	0,00	10,00	2,00	0,00	2,00	
		Afección a accesos		15%	10,00	10,00	10,00	1,50	1,50	1,50	
TOTAL VIABILIDAD TÉCNICA Y FUNCIONAL				100%				8,11	4,88	9,63	
COSTES ECONÓMICOS	30%	Presupuesto Base de Licitación		100%	9,24	0,00	10,00	9,24	0,00	10,00	
TOTAL COSTES ECONÓMICOS				100%				9,24	0,00	10,00	

12.4 Conclusiones y alternativa seleccionada

Una vez valorados todos los indicadores y criterios de los tres objetivos utilizados se está en disposición de obtener la matriz de valoración y el indicador global de cada alternativa a partir del establecimiento de una ponderación de cada objetivo.

Se ha establecido la siguiente ponderación de los objetivos:

- Valoración Ambiental: 30%
- Valoración Técnica y funcional: 40%
- Valoración Económica: 30%

Finalmente se han aplicado estos factores a los valores parciales obtenidos en los apartados anteriores obteniendo la siguiente valoración ponderada de cada una de las alternativas que constituye el resultado final del análisis multicriterio.

INDICADORES	PESOS	ALT 1	ALT 2	ALT 3
Impactos sobre el medio ambiente	30%	1,83	1,61	1,79
Viabilidad técnica y funcional	40%	3,25	1,95	3,85
Coste económico	30%	2,77	0,00	3,00
TOTAL	100%	7,84	3,56	8,64

Tabla nº22. Puntuación final por alternativa

13 Solución seleccionada

Según todo lo anteriormente expuesto, se concluye que la ALTERNATIVA SELECCIONADA por ser la óptima es la siguiente:

ALTERNATIVA Nº 3: Motas y muros de protección en el arroyo de Brazomar, sustitución de puentes y pasarela (Calle Leonardo Rucabado, N-634, Ocharan Mazas y Paseo Acebal Idígoras). Adecuación de los viales a los citados puentes y pasarela. Demolición instalaciones de las empresas Emerson Automation (Ref. Cat. 2419902VP8021N0001FB) y empresa Tierras Industriales Herrán y Diez (Ref. Cat. 2419901VP8021N0001TB).

Es importante señalar que, la Alternativa 1 obtiene una puntuación cercana al tener unas afecciones similares pero pierde puntos por eliminar las instalaciones de la empresa conservera, de gran arraigo en la ciudad. La Alternativa 2 está muy penalizada además de por el aspecto económico al ser mucho más cara que las otras dos alternativas, por una mayor complejidad de las obras a realizar.

Se recuerda que el periodo de retorno con el cual se diseñan las protecciones es de 100 años, dado que las alturas de las defensas y la modificación necesarias para el encaje urbanístico de las mismas para la avenida de 500 años es incompatible. No obstante, los puentes planteados permiten el paso de la avenida de 500 años sin que se produzca un rebose en los mismos.

Por último, cabe indicar que el presente trabajo es un estudio de alternativas y cualquier trabajo posterior que se quiera llevar a cabo basado en este documento, requerirá de un proyecto constructivo con el detalle suficiente, tanto desde el punto de vista del funcionamiento hidráulico de las soluciones planteadas, así como de la ejecución y valoración de las mismas.

14 Documentación entregada

El presente documento se entrega junto con la siguiente información:

APÉNDICE Nº 1: TOPOGRAFÍA

Se incluye en este apartado los siguientes archivos editables:

- Cartografía en formato DWG, con cotas ortométricas y elipsoidales.
- Ortoimagen georreferenciada, en formato TIF
- Modelo digital terrestre y de superficie, en formato TIF.

APÉNDICE Nº 2: PLANOS

- Colección de planos en formato DWG, con todas sus referencias externas.

APÉNDICE Nº3: MODELOS HIDRAULICOS BIDIMENSIONALES IBER 3.3

Los modelos bidimensionales, constan de una carpeta raíz *.gid, con la que el programa guarda la información para su correcta ejecución. Dentro de estas carpetas se encuentran los resultados exportados, concretamente los calados y alturas de aguas en formato raster georeferenciado *.asc

- Situación actual, T100: Castro_T100_0.3.500.1_SitAct.gid
- Situación actual, T500: Castro_T500_0.3.500.1_SitAct.gid
- Alternativa 1, T100: Castro_T100_0.3.500.1_Alt1.gid
- Alternativa 1, T500: Castro_T500_0.3.500.1_Alt1.gid
- Alternativa 2, T100: Castro_T100_0.3.500.1_Alt2.gid
- Alternativa 2, T500: Castro_T500_0.3.500.1_Alt2.gid
- Alternativa 3, T100: Castro_T100_0.3.500.1_Alt3.gid
- Alternativa 3, T500: Castro_T500_0.3.500.1_Alt3.gid