

PGM ZIZUR MAYOR / ZIZUR NAGUSIA

PLAN URBANÍSTICO MUNICIPAL



3.6 ESTUDIO DE INUNDABILIDAD

**INDICE**

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO	1
CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	1
CAPÍTULO 3. FUENTES DE DATOS E INFORMACIÓN	4
3.1 RED HIDROGRÁFICA	4
3.2 CAUDALES	4
3.3 MODELO DIGITAL DEL TERRENO	4
3.4 USOS DEL SUELO	4
CAPÍTULO 4. NORMATIVA APLICABLE	5
4.1 ZONA DE FLUJO PREFERENTE	5
4.1.1 Limitaciones a los usos en zonas inundables	6
4.2 ZONAS DE RIESGO SEGÚN P.O.T. DEL GOBIERNO DE NAVARRA	11
CAPÍTULO 5. METODOLOGÍA UTILIZADA Y DESCRIPCIÓN DEL MODELO	11
5.1 OBTENCIÓN DE LA MALLA DE CÁLCULO	12
5.2 CONDICIONES DE CONTORNO	13
5.2.1 Condición inicial	13
5.2.2 Condiciones de contorno y aporte de caudal	14
5.2.3 Caudales empleados	19
5.3 CONDICIONES INTERNAS	21
5.4 PARÁMETROS DE SIMULACIÓN	23
CAPÍTULO 6. CALIBRACIÓN DEL MODELO	25
CAPÍTULO 7. RESULTADOS	25
CAPÍTULO 8. RESUMEN Y CONCLUSIONES	26





CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO

El presente Estudio de Inundabilidad se redacta en el marco de la elaboración del Plan General Municipal (PGM) de Zizur Mayor/Zizur Nagusia, con el objeto de evaluar la afección del riesgo de inundación sobre el ámbito objeto de ordenación y garantizar la adecuación de las determinaciones urbanísticas propuestas a la normativa sectorial y urbanística vigente.

El documento se elabora de conformidad con lo establecido en el texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, en el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, y sus modificaciones posteriores, así como en el Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación. Asimismo, se tienen en consideración las determinaciones contenidas en los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación y en la cartografía oficial de peligrosidad y riesgo elaborada por la Administración hidráulica competente.

En el ámbito de la Comunidad Foral de Navarra, el estudio se ajusta igualmente a las disposiciones establecidas en el Decreto Foral Legislativo 1/2017, de 26 de julio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley Foral de Ordenación del Territorio y Urbanismo, así como a los criterios y determinaciones recogidos en la Estrategia Territorial de Navarra y en los instrumentos de ordenación territorial que resulten de aplicación.

El objeto del estudio es identificar y delimitar las áreas potencialmente afectadas por inundaciones, analizar su grado de peligrosidad y las limitaciones derivadas de dicha afección. Una vez obtenidos los resultados, se valorará la compatibilidad de los usos actuales y previstos por el planeamiento con los distintos escenarios de inundación considerados y, en su caso, se definirán las medidas y condicionantes necesarios para garantizar una adecuada integración del riesgo de inundación en la ordenación urbanística.

CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

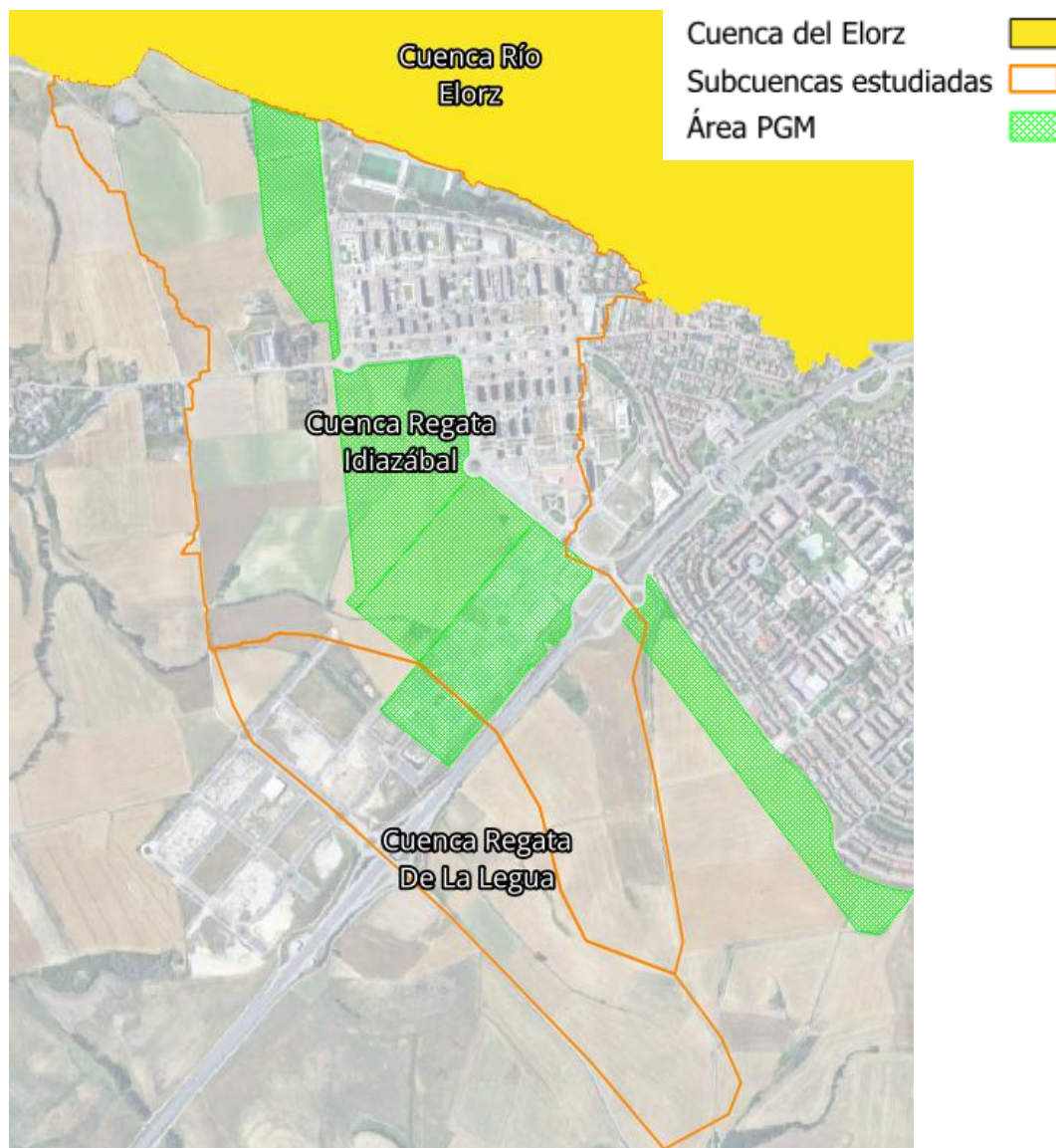
La zona de estudio corresponde al término municipal de Zizur Mayor, situado en la Comarca de Pamplona, en el centro de la Comunidad Foral de Navarra. El municipio se localiza al suroeste de Pamplona y forma parte de su área metropolitana, constituyendo uno de los principales núcleos residenciales de su entorno inmediato.

Desde el punto de vista hidrográfico, el ámbito se integra en la cuenca del río Arga, perteneciente a la Demarcación Hidrográfica del Ebro. Con la excepción del río Elorz, principal cauce que discurre por el municipio, la red de drenaje superficial de Zizur Mayor está formada por diversos barrancos y cauces de carácter temporal o estacional que vierten sus aguas hacia el río Arga.



La superficie del municipio perteneciente a la cuenca del río Elorz y sus zonas inundables son objeto del *Plan Sectorial de Incidencia Supramunicipal (PSIS) del Tren. Comarca de Pamplona*, instrumento de planeamiento de rango superior al Plan Urbanístico Municipal, por lo que el estudio y ordenación de dicha área no es objeto del presente documento.

En la siguiente imagen se puede ver en amarillo la Cuenca del Río Elorz, las subcuencas objeto de estudio en el presente documento y el área del PGM en verde.



El relieve municipal presenta una topografía suavemente ondulada, con cotas más elevadas en los sectores occidentales y meridionales y una progresiva disminución de altitud hacia las zonas de vaguada asociadas a los cauces. Las pendientes son, en general, moderadas, si bien localmente se incrementan en los márgenes de los barrancos y en determinadas laderas. La altitud media del núcleo urbano se sitúa en torno a los 470 m sobre el nivel del mar.

Las características climáticas de la zona responden a un régimen de transición entre los dominios atlántico y mediterráneo, con precipitaciones relativamente abundantes. Los episodios de



lluvia intensa, especialmente durante el otoño y la primavera, pueden generar incrementos significativos de los caudales circulantes por los cauces y barrancos del municipio, pudiendo dar lugar a procesos de inundación localizados en las zonas topográficamente más deprimidas o con mayores limitaciones de drenaje.

En este contexto, el análisis de la inundabilidad resulta especialmente relevante para la planificación urbanística municipal, al permitir identificar las áreas susceptibles de verse afectadas por avenidas extraordinarias y establecer las medidas necesarias para compatibilizar el desarrollo urbano con la adecuada gestión del riesgo de inundación.

Como ya se ha indicado, la superficie del Municipio correspondiente con la cuenca del río Elorz es objeto de estudio del PSIS del Tren. En el ámbito objeto del presente estudio se han identificado las corrientes de agua que se muestran en la siguiente figura:



Tanto la regata de Idiazabal como la regata de la Legua se tratan de dos cursos de agua que por su escasa entidad no se encuentran estudiados en la cartografía de zonas inundables del Servicio Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI).



Por tratarse de los únicos cursos de agua existentes en el ámbito, se analizan en detalle en el presente estudio hidráulico.

CAPÍTULO 3. FUENTES DE DATOS E INFORMACIÓN

El presente estudio se ha realizado con un programa de cálculo bidimensional (Hec-Ras) que utiliza para ello una malla de cálculo basada en un Modelo Digital del Terreno, por lo que es fundamental contar con una buena base topográfica. De la calidad del trabajo topográfico depende en gran medida la bondad y la calidad de los resultados obtenidos.

Los datos de partida empleados se describen en los siguientes apartados.

3.1 RED HIDROGRÁFICA

La red hidrográfica en el ámbito de estudio se ha consultado en la cartografía del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

3.2 CAUDALES

Para la obtención de los caudales utilizados en el presente estudio se ha seguido la metodología propuesta en la instrucción de carreteras 5.2-IC *drenaje superficial* (Orden FOM/298/2016).

3.3 MODELO DIGITAL DEL TERRENO

Para la redacción del presente estudio se ha empleado el Modelo Digital del Terreno (MDT) obtenido en la Cartoteca y Fototeca de Navarra. El MDT obtenido cubre ampliamente las subcuencas afectadas.

Se han descargado las hojas 0141_21_2024_EPSG25830 y 0141_21_2024_EPSG25830. Ambas tienen como fuente el LiDAR 2024 y una densidad de 5 pto/m².

Usando herramientas GIS se han unido las dos hojas, obtenido las subcuencas afectadas y, posteriormente, recortado para ajustar la información al área de estudio, generando un MDT más ligero que permite un cálculo más ágil, sin que esto afecte a la calidad del resultado.

3.4 USOS DEL SUELO

La información necesaria sobre los usos del suelo y cultivos existentes en el ámbito de estudio se ha obtenido del mapa de cultivos del año 2021 disponible en formato GIS en la web de Infraestructura de Datos Espaciales de Navarra (IDENA) del Gobierno de Navarra, cotejándose y delimitándose manualmente sobre la ortofoto de máxima actualidad disponible (año 2024).

Además, se han consultado y descargado datos topográficos, ortofotos recientes, información territorial y medioambiental (archivos SIG) y demás información disponible en los servicios web del Gobierno de Navarra.



Toda esta información ha sido corroborada y contrastada con las visitas de campo realizadas.

CAPÍTULO 4. NORMATIVA APLICABLE

4.1 ZONA DE FLUJO PREFERENTE

Siguiendo lo establecido en el Artículo 9 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico, se ha procedido al cálculo de la Zona de Flujo Preferente. Este Artículo, establece en el apartado 2 lo siguiente:

"2. Sin perjuicio de la modificación de los límites de la zona de policía, cuando concurra alguna de las causas señaladas en el artículo 6.2 del Texto Refundido de la Ley de Aguas, la zona de policía podrá ampliarse, si ello fuese necesario, para incluir la zona o zonas donde se concentra preferentemente el flujo, al objeto específico de proteger el régimen de corrientes en avenidas, y reducir el riesgo de producción de daños en personas y bienes. En estas zonas o vías de flujo preferente sólo podrán ser autorizadas por el organismo de cuenca aquellas actividades no vulnerables frente a avenidas y que no supongan una reducción significativa de la capacidad de desagüe de dichas zonas, en los términos previsto en los artículos 9 bis, 9 ter y 9 quater.

La zona de flujo preferente es aquella zona constituida por la unión de la zona o zonas donde se concentra el flujo durante las avenidas, o vía de intenso desagüe, y de la zona donde, para la avenida de 100 años de periodo de retorno, se puedan producir graves daños sobre las personas y los bienes, quedando delimitado su límite exterior mediante la envolvente de ambas zonas.

A los efectos de la aplicación de la definición anterior, se considerará que pueden producirse graves daños sobre las personas y los bienes cuando las condiciones hidráulicas durante la avenida satisfagan uno o más de los siguientes criterios:

- a) Que el calado sea superior a 1 m;*
- b) Que la velocidad sea superior a 1 m/s;*
- c) Que el producto de ambas variables sea superior a 0,5 m²/s.*

Se entiende por vía de intenso desagüe la zona por la que pasaría la avenida de 100 años de periodo de retorno sin producir una sobreelevación mayor que 0,3 m, respecto a la cota de la lámina de agua que se produciría con esa misma avenida considerando toda la llanura de inundación existente. La sobreelevación anterior podrá, a criterio del organismo de cuenca, reducirse hasta 0,1 m cuando el incremento de la inundación pueda producir graves perjuicios o aumentarse hasta 0,5 m en zonas rurales o cuando el incremento de la inundación produzca daños reducidos.

En la delimitación de la zona de flujo preferente se empleará toda la información de índole histórica y geomorfológica existente, a fin de garantizar la adecuada coherencia de los resultados con las evidencias físicas disponibles sobre el comportamiento hidráulico del río."



De acuerdo con lo expuesto con anterioridad, se ha procedido a la delimitación de la zona de flujo preferente del estado definitivo propuesto. Para ello se han utilizado las herramientas de procesamiento de datos ráster de un programa GIS, obteniendo a partir de los raster de calado y velocidad del periodo de retorno de 100 años la envolvente de las velocidades mayores de 1 m, el calado mayor de 1 m y el producto de ambos mayor de 0,5.

4.1.1 Limitaciones a los usos en zonas inundables

El Real Decreto 665/2023, de 18 de julio, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, determina entre otras cosas las limitaciones a los usos del suelo en las zonas inundables de origen fluvial, más concretamente en los artículos 9 bis, 9 ter, 9 quater y artículo 14 bis,

Para ello distingue entre las diferentes zonas existentes en cuanto a inundación: zona de policía, zona de flujo preferente y zona inundable (500 años) y a la situación básica del suelo: suelo urbanizado o suelo rural.

A continuación, se transcriben los artículos 9 bis, 9 ter y 14 bis:

“Artículo 9 bis. Limitaciones a los usos en la zona de flujo preferente en suelo rural.

Con el objeto de garantizar la seguridad de las personas y bienes, de conformidad con lo previsto en el artículo 11.3 del TRLA, y sin perjuicio de las normas complementarias que puedan establecer las comunidades autónomas, se establecen las siguientes limitaciones en los usos del suelo en la zona de flujo preferente:

1. En los suelos que se encuentren a fecha 30 de diciembre de 2016 en la situación básica de suelo rural del texto refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana aprobado por el Real Decreto Legislativo 7/2015, de 30 de octubre, no se permitirá la instalación de nuevas:

a) Instalaciones que almacenen, transformen, manipulen, generen o viertan productos que pudieran resultar perjudiciales para la salud humana y el entorno (suelo, agua, vegetación o fauna) como consecuencia de su arrastre, dilución o infiltración, en particular estaciones de suministro de carburante, depuradoras industriales, almacenes de residuos, instalaciones eléctricas de media y alta tensión; o centros escolares o sanitarios, residencias de personas mayores, o de personas con discapacidad, centros deportivos o grandes superficies comerciales donde puedan darse grandes aglomeraciones de población; o parques de bomberos, centros penitenciarios, instalaciones de los servicios de Protección Civil.

b) Edificaciones, obras de reparación o rehabilitación que supongan un incremento de la ocupación en planta o del volumen de edificaciones existentes, cambios de uso que incrementen la vulnerabilidad de la seguridad de las personas o bienes frente a las avenidas, garajes subterráneos, sótanos y cualquier edificación bajo rasante e instalaciones permanentes de aparcamientos de vehículos en superficie.

c) Acampadas, zonas destinadas al alojamiento en los campings y edificios de usos vinculados.



d) Depuradoras de aguas residuales urbanas, salvo en aquellos casos en los que se compruebe que no existe una ubicación alternativa o, en el caso de pequeñas poblaciones, que sus sistemas de depuración sean compatibles con las inundaciones. En estos casos excepcionales, se diseñarán teniendo en cuenta, además de los requisitos previstos en los artículos 246 y 259 ter, el riesgo de inundación existente, incluyendo medidas que eviten los eventuales daños que puedan originarse en sus instalaciones y garantizando que no se incremente el riesgo de inundación en el entorno inmediato, ni aguas abajo. Además, se informará al organismo de cuenca de los puntos de desbordamiento en virtud de la disposición adicional segunda. Quedan exceptuadas las obras de conservación, mejora y protección de las ya existentes.

e) Invernaderos, cerramientos y vallados que no sean permeables, tales como los cierres de muro de fábrica estancos de cualquier clase.

f) Granjas y criaderos de animales que deban estar incluidos en el Registro de explotaciones ganaderas.

g) Rellenos que modifiquen la rasante del terreno y supongan una reducción significativa de la capacidad de desagüe. Este supuesto no es de aplicación a los rellenos asociados a las actuaciones contempladas en el artículo 126 ter, que se regirán por lo establecido en dicho artículo.

h) Acopios de materiales que puedan ser arrastrados o puedan degradar el dominio público hidráulico o almacenamiento de residuos de todo tipo.

i) Infraestructuras lineales diseñadas de modo tendente al paralelismo con el cauce. Excepcionalmente, cuando se demuestre en que no existe otra alternativa viable de trazado, podrá admitirse una ocupación parcial de la zona de flujo preferente, minimizando siempre la alteración del régimen hidráulico y que se compense, en su caso, el incremento del riesgo de inundación que eventualmente pudiera producirse. Quedan exceptuadas las infraestructuras de saneamiento, abastecimiento y otras canalizaciones subterráneas, así como las obras de conservación, mejora y protección de infraestructuras lineales ya existentes. Las obras de protección frente a inundaciones se regirán por lo establecido en los artículos 126, 126 bis y 126 ter.

2. Excepcionalmente se permite la construcción de pequeñas edificaciones destinadas a usos agrícolas con una superficie máxima de 40 m², la construcción de las obras necesarias asociadas a los aprovechamientos reconocidos por la legislación de aguas, y aquellas otras obras destinadas a la conservación y restauración de construcciones singulares asociadas a usos tradicionales del agua, siempre que se mantenga su uso tradicional y no permitiendo, en ningún caso, un cambio de uso salvo el acondicionamiento museístico, siempre que se reúnan los siguientes requisitos:

a) No represente un aumento de la vulnerabilidad de la seguridad de las personas o bienes frente a las avenidas.

b) Que no se incremente de manera significativa la inundabilidad del entorno inmediato, ni aguas abajo, ni se condicionen las posibles actuaciones de defensa contra inundaciones de la zona



urbana. Se considera que se produce un incremento significativo de la inundabilidad cuando a partir de la información obtenida de los estudios hidrológicos e hidráulicos, que en caso necesario sean requeridos para su autorización y que definan la situación antes de la actuación prevista y después de la misma, no se deduzca un aumento de la zona inundable en terrenos altamente vulnerables.

3. Toda actuación en la zona de flujo preferente deberá contar con una declaración responsable, presentada ante la Administración hidráulica competente e integrada, en su caso, en la documentación del expediente de autorización, en la que el promotor exprese claramente que conoce y asume el riesgo existente y las medidas de protección civil aplicables al caso, comprometiéndose a trasladar esa información a los posibles afectados, con independencia de las medidas complementarias que estime oportuno adoptar para su protección. Dicha declaración será independiente de cualquier autorización o acto de intervención administrativa previa que haya de ser otorgada por los distintos órganos de las Administraciones públicas, con sujeción, al menos, a las limitaciones de uso que se establecen en este artículo. En particular, estas actuaciones deberán contar con carácter previo a su realización, según proceda, con la autorización en la zona de policía en los términos previstos en el artículo 78 o con el informe de la Administración hidráulica de conformidad con el artículo 25.4 del TRLA (en tal caso, a menos que el correspondiente Plan de Ordenación Urbana, otras figuras de ordenamiento urbanístico o planes de obras de la Administración, hubieran sido informados y hubieran recogido las oportunas previsiones formuladas al efecto). La declaración responsable deberá presentarse ante la Administración hidráulica con una antelación mínima de un mes antes del inicio de la actividad en los casos en que no haya estado incluida en un expediente de autorización.

4. Para los supuestos excepcionales anteriores, y para las edificaciones ya existentes, las administraciones competentes fomentarán la adopción de medidas de disminución de la vulnerabilidad y autoprotección, todo ello de acuerdo con lo establecido en la Ley 17/2015, de 9 de julio, del Sistema Nacional de Protección Civil y la normativa de las comunidades autónomas."

"Artículo 9 ter. Obras y construcciones en la zona de flujo preferente en suelos en situación básica de suelo urbanizado.

1. En el suelo que se encuentre a fecha de 30 de diciembre de 2016, en la situación básica de suelo urbanizado de acuerdo con el artículo 21.3 y 4 del texto refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana, se podrán realizar nuevas edificaciones, obras de reparación o rehabilitación que supongan un incremento de la ocupación en planta o del volumen de edificaciones existentes, cambios de uso, garajes subterráneos, sótanos y cualquier edificación bajo rasante e instalaciones permanentes de aparcamientos de vehículos en superficie, siempre que se reúnan los siguientes requisitos y sin perjuicio de las normas adicionales que establezcan las comunidades autónomas:

a) No representen un aumento de la vulnerabilidad de la seguridad de las personas o bienes frente a las avenidas, al haberse diseñado teniendo en cuenta el riesgo al que están sometidos.

b) Que no se incremente de manera significativa la inundabilidad del entorno inmediato ni aguas abajo, ni se condicionen las posibles actuaciones de defensa contra inundaciones de la zona urbana. Se considera que se produce un incremento significativo de la inundabilidad cuando a



partir de la información obtenida de los estudios hidrológicos e hidráulicos, que en caso necesario sean requeridos para su autorización y que definan la situación antes de la actuación prevista y después de la misma, no se deduzca un aumento de la zona inundable en terrenos altamente vulnerables.

c) Que no se traten de nuevas instalaciones que almacenen, transformen, manipulen, generen o viertan productos que pudieran resultar perjudiciales para la salud humana y el entorno (suelo, agua, vegetación o fauna) como consecuencia de su arrastre, dilución o infiltración, en particular estaciones de suministro de carburante, depuradoras industriales, almacenes de residuos, instalaciones eléctricas de media y alta tensión.

d) Que no se trate de nuevos centros escolares o sanitarios, residencias de personas mayores, o de personas con discapacidad, centros deportivos o grandes superficies comerciales donde puedan darse grandes aglomeraciones de población.

e) Que no se trate de nuevos parques de bomberos, centros penitenciarios o instalaciones de los servicios de Protección Civil.

f) Las edificaciones de carácter residencial se diseñarán teniendo en cuenta el riesgo y el tipo de inundación existente y los nuevos usos residenciales se dispondrán a una cota tal que no se vean afectados por la avenida con periodo de retorno de 500 años. Podrán disponer de garajes subterráneos y sótanos, siempre que se garantice la estanqueidad del recinto para la avenida de 500 años de periodo de retorno, y que se realicen estudios específicos para evitar el colapso de las edificaciones, todo ello teniendo en cuenta la carga sólida transportada y que además dispongan de respiraderos y vías de evacuación por encima de la cota de dicha avenida. Se deberá tener en cuenta, en la medida de lo posible, su accesibilidad en situación de emergencia por inundaciones.

2. Además de lo exigido en el artículo 9 bis.3, con carácter previo al inicio de las obras, el promotor deberá disponer del certificado del Registro de la Propiedad en el que se acredite que existe anotación registral indicando que la construcción se encuentra en zona de flujo preferente.

3. Para los supuestos excepcionales anteriores, y para las edificaciones ya existentes, las administraciones competentes fomentarán la adopción de medidas de disminución de la vulnerabilidad y autoprotección, todo ello de acuerdo con lo establecido en la Ley 17/2015, de 9 de julio, del Sistema Nacional de Protección Civil y la normativa de las comunidades autónomas."

"Artículo 14 bis. Limitaciones a los usos del suelo en la zona inundable.

Con el objeto de garantizar la seguridad de las personas y bienes, de conformidad con lo previsto en el artículo 11.3 del texto refundido de la Ley de Aguas, y sin perjuicio de las normas complementarias que puedan establecer las comunidades autónomas, se establecen las siguientes limitaciones en los usos del suelo en la zona inundable:

1. Las nuevas edificaciones y usos asociados en aquellos suelos que se encuentren en situación básica de suelo rural a 30 de diciembre de 2016, se realizarán, en la medida de lo posible, fuera de las zonas inundables.



En aquellos casos en los que no sea posible, se estará a lo que al respecto establezcan, en su caso, las normativas de las comunidades autónomas, teniendo en cuenta lo siguiente:

a) Las edificaciones se diseñarán teniendo en cuenta el riesgo de inundación existente y los nuevos usos residenciales se dispondrán a una cota tal que no se vean afectados por la avenida con periodo de retorno de 500 años, debiendo diseñarse teniendo en cuenta el riesgo y el tipo de inundación existente. Podrán disponer de garajes subterráneos y sótanos, siempre que se garantice la estanqueidad del recinto para la avenida de 500 años de período de retorno, se realicen estudios específicos para evitar el colapso de las edificaciones, todo ello teniendo en cuenta la carga sólida transportada, y además se disponga de respiraderos y vías de evacuación por encima de la cota de dicha avenida. Se deberá tener en cuenta su accesibilidad en situación de emergencia por inundaciones.

b) Se evitará el establecimiento de servicios o equipamientos sensibles o infraestructuras públicas esenciales tales como, hospitales, centros escolares o sanitarios, residencias de personas mayores o de personas con discapacidad, centros deportivos o grandes superficies comerciales donde puedan darse grandes aglomeraciones de población, acampadas, zonas destinadas al alojamiento en los campings y edificios de usos vinculados, parques de bomberos, centros penitenciarios, depuradoras, instalaciones de los servicios de Protección Civil, o similares. Excepcionalmente, cuando se demuestre que no existe otra alternativa de ubicación, se podrá permitir su establecimiento, siempre que se cumpla lo establecido en el apartado anterior y se asegure su accesibilidad en situación de emergencia por inundaciones.

2. En aquellos suelos que se encuentren a 30 de diciembre 2016, en la situación básica de suelo urbanizado, podrá permitirse la construcción de nuevas edificaciones, teniendo en cuenta, en la medida de lo posible, lo establecido en las letras a) y b) del apartado 1.

3. Para los supuestos anteriores, y para las edificaciones ya existentes, las administraciones competentes fomentarán la adopción de medidas de disminución de la vulnerabilidad y autoprotección, todo ello de acuerdo con lo establecido en la Ley 17/2015, y la normativa de las comunidades autónomas. Asimismo, el promotor deberá suscribir una declaración responsable en la que exprese claramente que conoce y asume el riesgo existente y las medidas de protección civil aplicables al caso, comprometiéndose a trasladar esa información a los posibles afectados, con independencia de las medidas complementarias que estime oportuno adoptar para su protección. Esta declaración responsable deberá estar integrada, en su caso, en la documentación del expediente de autorización. En los casos en que no haya estado incluida en un expediente de autorización de la administración hidráulica, deberá presentarse ante ésta con una antelación mínima de un mes antes del inicio de la actividad.

4. Además de lo establecido en el apartado anterior, con carácter previo al inicio de las obras, el promotor deberá disponer del certificado del Registro de la Propiedad en el que se acredite que existe anotación registral indicando que la construcción se encuentra en zona inundable.

5. En relación con las zonas inundables, se distinguirá entre aquéllas que están incluidas dentro de la zona de policía que define el artículo 6.1.b) del TRLA, en la que la ejecución de cualquier obra o trabajo precisará autorización administrativa o declaración de los organismos de cuenca de acuerdo con el artículo 9.4 de este reglamento, de aquellas otras zonas inundables situadas fuera



de dicha zona de policía, en las que las actividades serán autorizadas por la administración competente con sujeción, al menos, a las limitaciones de uso que se establecen en este artículo, y al informe que emitirá con carácter previo la Administración hidráulica de conformidad con el artículo 25.4 del TRLA, a menos que el correspondiente Plan de Ordenación Urbana, otras figuras de ordenamiento urbanístico o planes de obras de la Administración, hubieran sido informados y hubieran recogido las oportunas previsiones formuladas al efecto."

Por último, cabe destacar que la zona de flujo preferente puede ser modificada a través de actuaciones físicas, tales como la apertura de nuevos desagües en infraestructuras viarias existentes que obstaculizan el flujo del agua, la apertura de nuevas vías a la circulación del agua, etc. Igualmente, en determinados casos, y siempre que sea para proteger poblaciones e infraestructuras públicas existentes, pueden construirse obras de defensa sobreelevadas lateralmente a los cauces en la zona de flujo preferente (art. 126 bis y ter del RDPH), que incluso, siempre que se cumplan todos los condicionantes anteriores, pueden hacer que un área deje de ser zona de flujo preferente.

4.2 ZONAS DE RIESGO SEGÚN P.O.T. DEL GOBIERNO DE NAVARRA

Como ya se ha comentado anteriormente, la legislación territorial de la Comunidad Foral de Navarra cuenta con unos criterios específicos para la delimitación de las zonas de riesgo de inundabilidad y los usos compatibles en esas zonas, que se exponen en el Anexo PN5: criterios relativos a la zonificación de áreas inundables y usos admisibles en las mismas de los Planes de Ordenación Territorial aprobados por el Gobierno de Navarra en Mayo de 2011 y actualizados en 2014.

CAPÍTULO 5. METODOLOGÍA UTILIZADA Y DESCRIPCIÓN DEL MODELO

El presente estudio se ha realizado siguiendo la 'Guía metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables. Publicada por el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino'.

Según esta Guía, el modelo hidráulico apropiado para zonas con desbordamientos laterales importantes, en los cuales la componente transversal de la velocidad es significativa, es un modelo bidimensional, que resuelva las ecuaciones de Saint-Venant, permitiendo una determinación más precisa de los calados y velocidades de toda el área de estudio.

El inconveniente de los modelos bidimensionales, comparados con los unidimensionales, es que requieren una mayor capacidad de procesamiento y por tanto un mayor tiempo de computación, así como una mayor definición de la malla cartográfica y de las condiciones de contorno e internas del modelo.

Para realizar el presente estudio se ha utilizado el programa HEC-RAS (versión 6.6), desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, para gestionar los ríos, puertos y otras obras públicas bajo su jurisdicción. Desde su liberación, en 1995, ha obtenido amplia



aceptación pública, siendo usado para estudios hidráulicos de cualquier ámbito geográfico. Con anterioridad a la versión 5.0, el programa era unidimensional, significando esto que no había modelización directa del efecto hidráulico de cambios de forma de sección de cruce, curvas, y otros aspectos bi y tridimensionales del flujo. La liberación de la versión 5.0 introdujo modelado bidimensional, así como capacidades de modelado de transferencia de sedimentos.

5.1 OBTENCIÓN DE LA MALLA DE CÁLCULO

El primer paso para la realización del estudio es obtener la malla de cálculo del programa a partir del modelo digital del terreno proporcionado por la CHE. Como se ha comentado, este paso es vital para conseguir una buena calidad del modelo y de los resultados.

Se ha tomado como base para la obtención de la malla de cálculo el MDT, los archivos *shape* de rugosidad (mapa de cultivos) y las ortofotos recientes descargadas de los servicios web del Gobierno de Navarra.

Una vez cargada toda la información en un GIS y comprobada su bondad, se ha procedido a editar las zonas (superficies de la geometría del modelo) que determinan la malla de cálculo, para su carga en el modelo de HEC-RAS y a introducir los valores de Manning según la '*Guía metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables*'.

En este caso se han utilizado diferentes polígonos para la definición de dichas superficies, correspondiendo con los usos del suelo, de forma que se facilita posteriormente la aplicación de los coeficientes de rugosidad de Manning, además de ser mucho más preciso que la asignación por ficheros ASCII, al respetarse las líneas duras del modelo digital.

Hay que tener en cuenta que una malla de cálculo demasiado pequeña tiene una gran precisión, pero implica una gran capacidad computacional y un elevado tiempo de simulación.

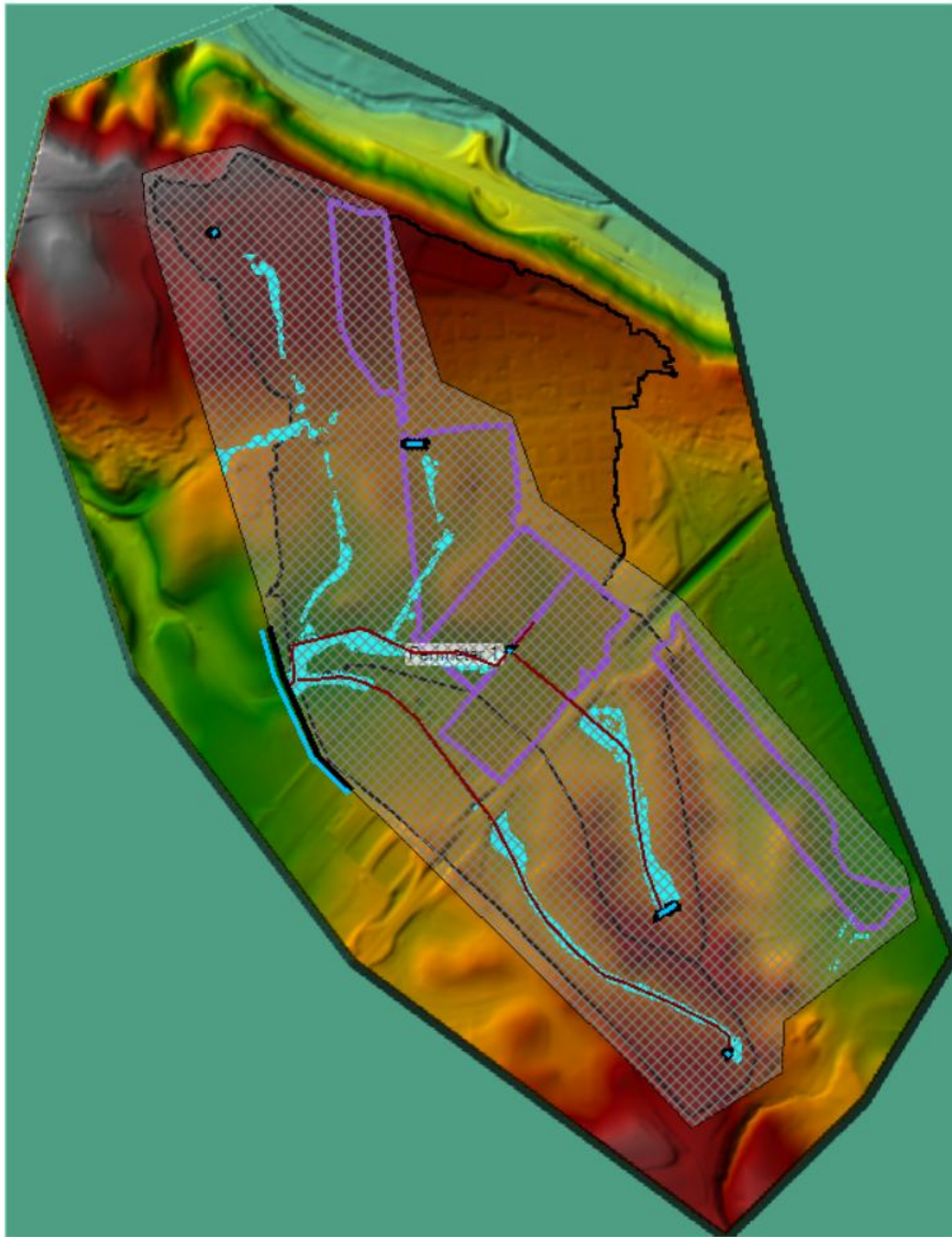
A fin de obtener una malla de cálculo de precisión adecuada, con un tiempo de simulación aceptable y precisión de resultados, se han realizado diversas pruebas, empezando por una malla uniforme y un MDT sin estructuras. A partir de ahí se ha iniciado un proceso iterativo en el que se iban analizando los resultados y aumentando la complejidad del modelo hasta llegar al modelo final. El resultado consiste en una malla hexagonal de tamaño 15 metros. Sobre esto se han realizados zonas de refinamiento en los que se incluyen dos líneas de rotura (*breaklines*) a lo largo de lo que se ha denominado como Regata de la Legua y Regata Idiazabal, a ambos lados de estas líneas de rotura hay una malla cuadrada de un elemento de un metro.

Una vez introducidas estas particularidades en la generación de la malla, se ha obtenido la malla de cálculo definitiva, formada por 34.846 elementos.

El modelo de elevaciones utilizado en la simulación se ha obtenido del MDT de 2024 con paso de malla 2 m en <https://cartotecayfototeca.navarra.es>. Este modelo ha sido editado para modelar las ODT de la autopista A-12 y las carreteras del entorno del estudio; estas ODT han sido modeladas como canales.



En la siguiente imagen se muestra la geometría utilizada en el cálculo hidráulico:



5.2 CONDICIONES DE CONTORNO

Una vez obtenida la malla de cálculo definitiva hay que asignar las condiciones iniciales y de contorno.

5.2.1 Condición inicial

Se asume como condición inicial de la malla que todos los elementos en el instante inicial están secos.



5.2.2 Condiciones de contorno y aporte de caudal

En los elementos de borde de la malla suponen por defecto un muro infinito, por lo que no es necesario introducir ninguna condición de borde al modelo. No obstante, para evitar que esto ocurra y se obtengan resultados inapropiados, se ha generado una malla de cálculo mayor que la zona de inundación.

Los aportes de caudal se asignan como condiciones de entrada cerca de lo que, según el análisis GIS, se ha concluido que es la cabecera de cada subcuenca, aunque a cierta distancia del borde de la malla para que no se produzcan interacciones no deseadas entre la entrada del agua y el efecto muro de borde de malla.

Para obtener los caudales de cálculo se ha seguido la metodología propuesta en la instrucción de carreteras 5.2-IC drenaje superficial (Orden FOM/298/2016).

5.2.2.1 Cálculo de caudales

Las subcuencas de aporte afectadas por el PGM Zizur Mayor / Zizur Nagusia, tienen un área inferior a los 50 km², la Administración hidráulica no dispone de datos de caudales máximos; es más, los arroyos afectados no están inventariados ni en la Confederación Hidrográfica del Ebro, ni en el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables, ni en el Caumax. Sí aparece alguno de ellos en el visor de IDENA (Infraestructura de Datos Espaciales de Navarra) como "*corrientes naturales no permanentes*". Tal y como se ha indicado, se utiliza, para el cálculo de caudales, el método racional, que se describe en la Instrucción de Carreteras.

Fórmula general de cálculo

El caudal máximo anual QT correspondiente al periodo de retorno T se calcula mediante la fórmula:

$$Q_T = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_t}{3,6}$$

- QT (m³/s): Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno T, en el punto de desagüe de la cuenca.
- I (T, tc) (mm/h): Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno considerado T, para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración tc de la cuenca.
- C (adimensional): Coeficiente medio de escurrimiento de la cuenca o superficie considerada.
- A (km²): Área de la cuenca o superficie considerada.
- Kt (adimensional): Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.



Intensidad de precipitación

Fórmula general

La intensidad de precipitación del periodo de retorno T con una duración de aguacero t se calcula como:

$$I(T, t) = I_d \cdot F_{int}$$

Se considera que la duración del aguacero es igual al tiempo de concentración de la cuenca: $t = t_c$

- I_d (mm/h): Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno T.
- F_{int} (adimensional): Factor de intensidad.

Intensidad media diaria de precipitación corregida

Se calcula como:

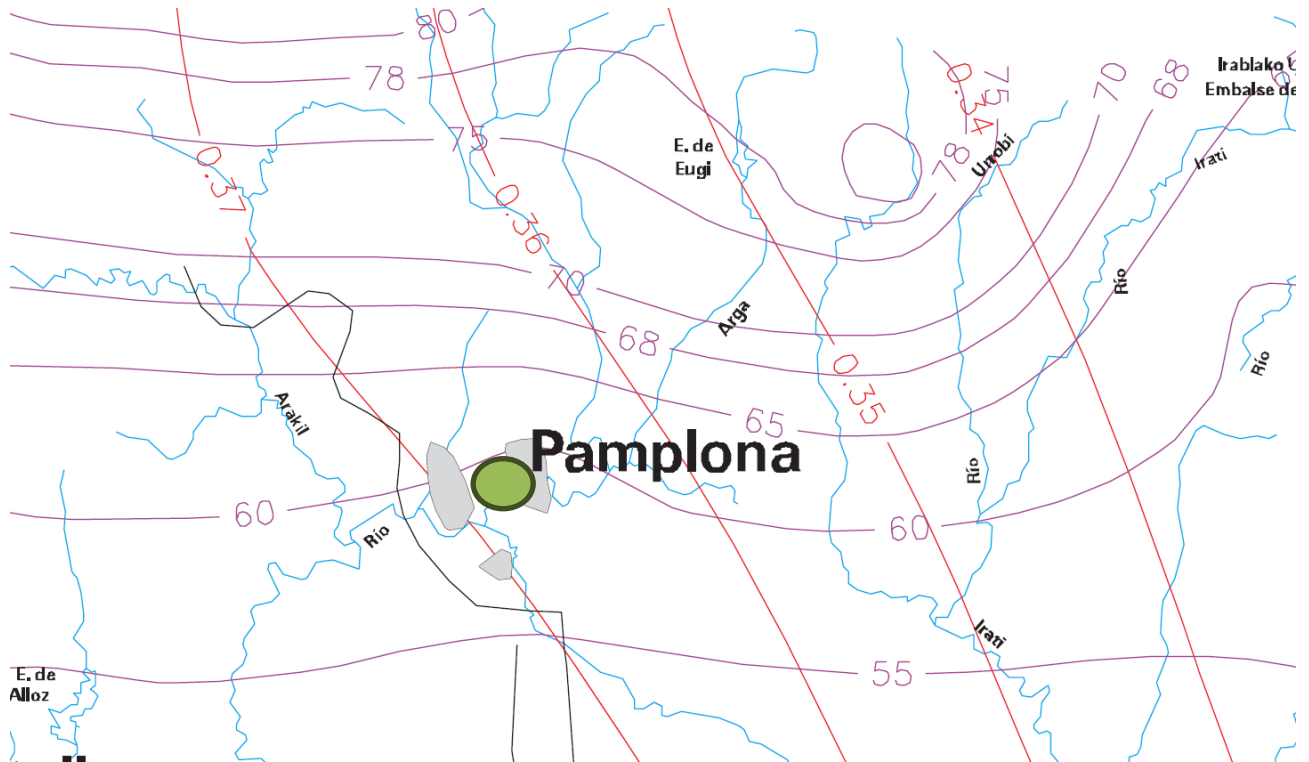
$$I_d = \frac{P_d \cdot K_A}{24}$$

- P_d (mm): Precipitación media diaria correspondiente al periodo de retorno T
- K_A (adimensional): Factor reductor de precipitación por Área de la cuenca.

En este caso debido a la pequeña superficie de la cuenca y la distancia a los pluviómetros más cercanos, se ha optado por utilizar el valor de P_d publicado por la Dirección General de Carreteras en su monografía "Máximas lluvias diarias en la España peninsular" que establece el valor P_d a partir del valor medio de la precipitación máxima diaria local (P_T) corregida con un coeficiente de variación regional (C_v) y un coeficiente de amplificación K_T que representa el cuantil regional.

Tanto el valor medio de precipitación como el coeficiente de variación regional se obtienen de los mapas que se incluyen en la publicación.

Para el caso de la localidad de Huércanos el valor de precipitación media es de 61 mm/día y el coeficiente regional (C_v) es de 0,37 como puede apreciarse en el mapa siguiente:



En la tabla siguiente se indica el valor del factor K_T correspondiente a cada periodo de retorno.

C_v	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
0.30	0.935	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541
0.31	0.932	1.198	1.385	1.640	1.854	2.068	2.296	2.602
0.32	0.929	1.202	1.400	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663
0.33	0.927	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724
0.34	0.924	1.213	1.423	1.717	1.930	2.174	2.434	2.785
0.35	0.921	1.217	1.438	1.732	1.961	2.220	2.480	2.831
0.36	0.919	1.225	1.446	1.747	1.991	2.251	2.525	2.892
0.37	0.917	1.232	1.461	1.778	2.022	2.281	2.571	2.953
0.38	0.914	1.240	1.469	1.793	2.052	2.327	2.617	3.014
0.39	0.912	1.243	1.484	1.808	2.083	2.357	2.663	3.067
0.40	0.909	1.247	1.492	1.839	2.113	2.403	2.708	3.128

Por tanto, los cuantiles locales para cada periodo de retorno son:

$$P_T = K_T \cdot p$$

T	PERIODO DE RETORNO							
	2	5	10	25	50	100	200	500
P_T	56.059	74.725	88.206	106.567	121.451	137.311	154.025	176.412

En este caso la cuenca tiene una superficie mayor de 1 km² (2,607 km²) por tanto según el apartado 2.2.2.3 de la *Instrucción*, el valor de $K_A = 1 - (\log A / 15) = 0,972$

Esto significa que debido a su tamaño la precipitación no ocurre de forma simultánea en toda la superficie de la cuenca. Con todo se calcula la intensidad media diaria para cada periodo de retorno:

$$I_d = \frac{P_d \cdot K_A}{24}$$

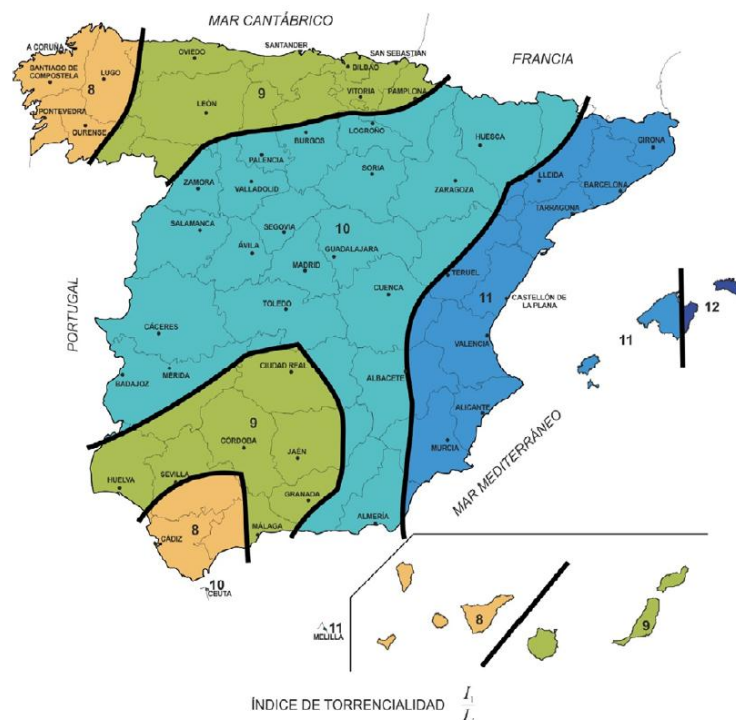
Factor de intensidad

El factor de intensidad introduce la torrencialidad de la lluvia en la cuenca de estudio y depende del tiempo de duración del aguacero y del periodo de retorno.

En este caso al no disponer de pluviógrafo en la localidad y tratarse de una cuenca de escasa superficie se va a estimar el factor de intensidad basado en el índice de torrencialidad (I_1/I_d)

$$F_{int} = F_a = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{3,5287 - 2,5287 \cdot t^{0,1}}$$

El índice de torrencialidad (en este caso es 10) se obtiene del siguiente mapa:



La duración del aguacero (t) se particulariza para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca (t_c)

El tiempo de concentración de la cuenca de la Regata Idiazabal desde su nacimiento hasta que confluye con la Regata de la Legua, aguas debajo del área de interés del PGM Zizur Mayor, es de 62 minutos = 1,04 horas (ver apartado siguiente) por lo que el factor de intensidad es:



$$F_{int} = F_a = \left(\frac{I_1}{I_d}\right)^{3,5287-2,5287 \cdot t^{0,1}} = 10^{3,5287-2,5287 \cdot 1,04^{0,1}} = 9,772$$

Tiempo de concentración

El tiempo de concentración de la cuenca depende de la longitud del cauce principal (km) y de la pendiente media de dicho cauce, según la expresión:

$$t_c = 0,3 \cdot L_c^{0,76} \cdot J_c^{-0,19}$$

La longitud del cauce principal de la subcuenca estudiada de la Regata Idiazabal es de 1,91 km y la pendiente media de 0,02 m/m.

Por tanto, el tiempo de concentración es de:

$$t_c = 0,3 \cdot 1,91^{0,76} \cdot 0,02^{-0,19} = 1,04 \text{ horas} = 62 \text{ minutos}$$

5.2.2.2 Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía (C) se define como el porcentaje de la precipitación de intensidad I(T,t_c) que se convierte en caudal de avenida en el punto de desagüe. Para que esto ocurra la precipitación debe ser mayor que el umbral de escorrentía (P₀).

Fórmula

$$C = \frac{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} - 1\right) \cdot \left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 23\right)}{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 11\right)^2}$$

K_A (adimensional): factor reductor en función del área de la cuenca. Como se ha visto anteriormente, su valor en este caso es de 0,972.

Umbral de escorrentía

En el caso que nos ocupa la cuenca está formada casi exclusivamente por suelo destinado a cultivos y suelo urbano, habiéndose obtenido las superficies de cada tipo de uso del suelo mediante un programa GIS a partir de los datos del IDENA, asignándose a cada uso un valor de P0'.

A continuación, se muestran los datos detallados para las dos subcuencas estudiadas: Regata de La Laguna y Regata Idiazabal.



5.2.3 Caudales empleados

CÁLCULO DEL CAUDAL DE PROYECTO SEGÚN LA NORMA 5.2-IC DRENAJE SUPERFICIAL DE CARRETERAS (ORDEN FOM/298/2016)

PROYECTO: PGM ZIZUR - Regata De La Legua

T = 500 AÑOS

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6} \cdot K = 11.884 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = 0.633 \text{ km}^2$$

a) T_c Tiempo de concentración

$$T_c = 0,3 \cdot \left(\frac{L}{70,25} \right)^{0,76} = 1,07896381 \text{ h}$$

$$L = 1,981 \text{ km}$$

Long. del curso principal

$$J = 0,018 \text{ m/m}$$

Pend media del curso principal

$$\text{cota}_{\text{a.a.}} = 472,8 \text{ m}$$

$$\text{cota}_{\text{a.i.}} = 436,6 \text{ m}$$

$$K = 1 + \frac{t_c^{1,25}}{t_c^{1,25} + 14} = 1,072826832$$

b) I Intensidad máxima para una duración T_c y un periodo de retorno " n " años

$$I = I_d \cdot \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{28^{0,1} - T_c^{0,1}}{0,4}} = 68.530$$

$$I_d = 73.505 \text{ mm/h}$$

$$I_d = K_d \cdot \frac{P_d}{24} = 7.351 \text{ mm/h}$$

$$I_1/I_d = 10$$

$$K_d = 1 - \frac{\log 4}{15} = 1,013$$

$$\text{Si } A < 1 \text{ km}^2, K'_{\text{u}} = 1$$

$$K'_{\text{u}} = 1$$

c) C Coeficiente teorico de escorrentía

Cálculo umbral de escorrentía				
Uso	Valor	m2	%	Po'
Cultivos	12	30984	0,14238709	1,70864506
Pastos	17		0	0
Bosque	31		0	0
Zonas verdes	14		0	0
Pavimentos	1	186620	0,85761291	0,85761291
TOTAL		217604	1	3

$$C = \frac{(P_d - P_0) \cdot (P_d + 23P_0)}{(P_d + 11P_0)^2} = 0,919$$

$$P_d = 176,412 \text{ para el periodo de retorno 500 años}$$

$$P_0 = 2,2 \cdot P_0' = 5,646$$

$$P_0' = 3$$



**CÁLCULO DEL CAUDAL DE PROYECTO SEGÚN LA NORMA 5.2-IC DRENAJE
SUPERFICIAL DE CARRETERAS (ORDEN FOM/298/2016)**

PROYECTO: PGM ZIZUR - Arroyo Idiazabal

T = 500 AÑOS

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6} \cdot K = 16.683 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = 1.321 \text{ km}^2 \quad 1.974$$

a) T_c Tiempo de concentración

$$T_c = 0.3 \cdot \left(\frac{L}{\sqrt{0.25}} \right)^{0.76} = 1.036775045 \text{ h}$$

$$\begin{aligned} L &= 1.913 \text{ km} && \text{Long. del curso principal} \\ i &= 0.020 \text{ m/m} && \text{Pend media del curso principal} \\ cota_{a.a.} &= 474.1 \text{ m} \\ cota_{a.a.} &= 436.6 \text{ m} \end{aligned}$$

$$K = 1 + \frac{t_c^{1.25}}{t_c^{1.25} + 14} = 1.069531159$$

b) I Intensidad máxima para una duración T_c y un periodo de retorno " n " años

$$I = I_d \cdot \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{28^{0.1} - T_c^{0.1}}{0.4}} = 69.566$$

$$\begin{aligned} I_1 &= 72.913 \text{ mm/h} \\ I_d &= K_d \cdot \frac{P_d}{24} = 7.291 \text{ mm/h} \\ I_1/I_d &= 10 \\ K_d &= 1 - \frac{\log 4}{15} = 0.992 \\ K'_{d,n} &= 0.992 \end{aligned}$$

$$\text{Si } A < 1 \text{ km}^2, K'_{d,n} = 1$$

c) C Coeficiente teórico de escorrentía

Cálculo umbral de escorrentía				
Uso	Valor	m2	%	Po'
Cultivos	12	1974052	0.79359417	9.52313001
Pastos	17		0	0
Bosque	31		0	0
Zonas verdes	14		0	0
Pavimentos	1	513431	0.20640583	0.20640583
TOTAL		2487483	1	10

$$C = \frac{(P_d - P_0) \cdot (P_d + 23P_0)}{(P_d + 11P_0)^2} = 0.611$$

$$\begin{aligned} P_d &= 176.412 \text{ para el periodo de retorno 500 años} \\ P_{d'} &= 2.2 \cdot P_{d'} = 21.405 \\ P_{d'} &= 10 \end{aligned}$$

De esta última subcuenca, la Regata Idiazábal, y a efectos de la simulación hidráulica, se ha descontado el agua aportada por el área de los terrenos de cultivo situados al Oeste del núcleo de Zizur, cuya escorrentía no afecta al área objeto de estudio. En la simulación hidráulica, este caudal se ha aportado en los puntos en los que topográficamente el agua de escorrentía de esta



zona tributa en la Regata. Del mismo modo, el agua procedente del entorno urbano se ha introducido en el modelo en el punto de vertido de la red de pluviales, ya que en un entorno urbano el trazado de las tuberías de aguas pluviales y su punto de vertido tiene mayor impacto que la escorrentía superficial. Se debe de tener en cuenta que en un entorno urbano el umbral de escorrentía es menor y la velocidad de escorrentía es mayor (debido a un menor coeficiente de rugosidad de Manning). Estas diferencias implican que el tiempo de concentración es menor y, por lo tanto, el caudal punta aumenta notablemente.

5.3 CONDICIONES INTERNAS

La condición interna más importante para la calidad del modelo es la determinación de la rugosidad del terreno. La rugosidad depende de los usos del suelo en la zona de estudio, que se definen en los mapas de usos del suelo y que están disponibles en formato SIG en diversas páginas de datos espaciales.

Para este estudio debido a la complejidad del entorno urbano y para contar con una mayor precisión en los resultados se han digitalizado las superficies de cálculo del modelo a partir de los datos GIS, superponiéndolos con la ortofoto de máxima actualidad (año 2024).

De esta forma se puede asignar la rugosidad a cada capa de la geometría y posteriormente generar la malla de cálculo con el coeficiente de rugosidad de Manning correspondiente a cada superficie, como se resume en la siguiente tabla:

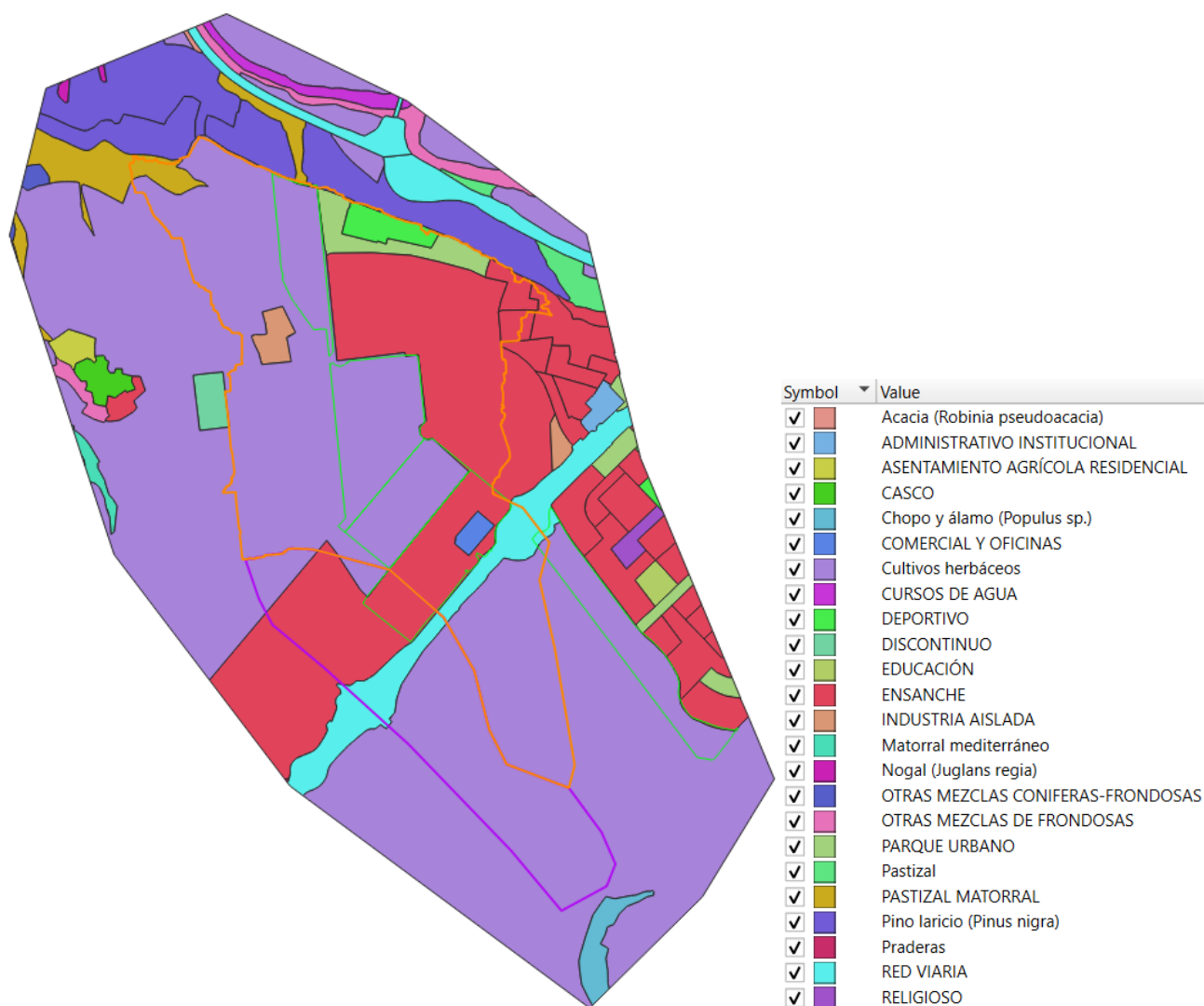
Uso del suelo	Coeficiente de Manning
Acacia	0.07
Administrativo institucional	0.1
Asentamiento agrícola residencial	0.05
Casco urbano	0.1
Chopo y álamo	0.07
Comercial y oficinas	0.1
Cultivos herbáceos	0.04
Cursos de agua	0.06
Deportivo	0.1
Discontinuo	0.1
Educación	0.1
Ensanche	0.1



Uso del suelo	Coeficiente de Manning
Industria aislada	0.1
Matorral mediterráneo	0.05
Nogal	0.07
Otras mezclas de coníferas-frondosas	0.07
Otras mezclas de frondosas	0.07
Parque urbano	0.1
Pastizal	0.035
Pastizal matorral	0.05
Pino laricio	0.07
Praderas	0.035
Red viaria	0.1
Religioso	0.1

Estos valores se han determinado en base a los propuestos en los Anejos V de la “Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (MITECO)”, contrastándolos y completándolos con Hidráulica de los canales abiertos de Ven Te Chow.

Según esto, la rugosidad de la malla de cálculo queda definida de la siguiente forma:



Las demás condiciones internas vienen determinadas por las estructuras existentes. En HEC-RAS, las estructuras son condiciones internas del modelo que se definen de varias formas según sean un puente, una obra de fábrica, una compuerta, un vertedero... En el presente estudio se han modelado las ODT existentes como canales a cielo abierto.

En cuanto a los obstáculos transversales del cauce, o que condicionen la escorrentía, no es necesario introducirlos como condición interna, ya que forman parte del modelo digital del terreno.

5.4 PARÁMETROS DE SIMULACIÓN

Para terminar de definir el modelo hay que fijar los parámetros de simulación que el programa utiliza para realizar los cálculos. En HEC-RAS, se pueden configurar múltiples datos del problema:

- Parámetros de tiempo (s): instante inicial, tiempo de simulación, intervalo entre resultados, incremento máximo de tiempo.
- Parámetros generales: relativos al tipo de esquema numérico de cálculo, condiciones de discretización temporal, permeabilidad del terreno...



- Resultados: permite seleccionar los parámetros que se calcularán y mostrarán como resultados en el postproceso (calado, velocidad, altura de la lámina de agua con respecto al nivel del mar, peligrosidad, nº de Courant, nº de Froude...)
- Además, existen otras opciones como el cálculo de turbulencia, peligrosidad personalizada, sedimentos, vía de intenso desagüe, rotura de presas e hidrología

	Parameter	(Default)	Perimeter 1
1	Theta (0.5-1.0)	1	1
2	Theta Warmup (0.5-1.0)	1	1
3	Water Surface Tolerance [max=0.06](m)	0.003	0.003
4	Volume Tolerance (m)	0.003	0.003
5	Maximum Iterations	20	20
6	Advanced Convergence	☐	☐
7	Water Surface Max Tolerance (m)	0.045	0.045
8	Water Surface RMS Tolerance (m)	0.006	0.006
9	Water Surface Stalling Tolerance (%)	1	1
10	Equation Set	Diffusion Wave	Diffusion Wave
11	Initial Conditions Time (hrs)		
12	Initial Conditions Ramp Up Fraction (0-1)	0.1	0.1
13	Number of Time Slices (Integer Value)	1	1
14	Turbulence Model	None	None
15	Longitudinal Mixing Coefficient	0.3	0.3
16	Transverse Mixing Coefficient	0.1	0.1
17	Smagorinsky Coefficient	0.05	0.05
18	Boundary Condition Volume Check	☐	☐
19	Latitude for Coriolis (-90 to 90)		
20	Solver Cores	All Available	All Available
21	Matrix Solver	PARDISO (Direct)	PARDISO (Direct)
22	Convergence Tolerance	0.00001	0.00001
23	Minimum Iterations	3	3
24	Maximum Iterations	30	30
25	Restart Iteration	10	10
26	Relaxation Factor	1.3	1.3
27	SOR Preconditioner Iterations	10	10

En el presente estudio se han utilizado los siguientes parámetros de simulación:

- Instante inicial: 0 s
- Tiempo de simulación: el necesario en cada caso para estabilizar el cálculo y que el caudal de entrada sea igual al de salida. Se ha utilizado un tiempo de 2 horas.
- Intervalo de resultados: 4 s para intervalo de cálculo y 5 minutos para la salida de mapa.
- General: ecuaciones de onda difusiva, con un número máximo de 20 iteraciones y 3 mm de tolerancia.
- Resultados: calado y número de Courant.

Una vez definidos estos parámetros se acaba la fase de preproceso y se procede a lanzar el cálculo, que una vez terminado, permite en la fase de postproceso visualizar los resultados. El tiempo de cálculo de la simulación ha sido de unos 20 minutos.



CAPÍTULO 6. CALIBRACIÓN DEL MODELO

En el proceso de elaboración del modelo hidráulico, se ha elaborado una malla de cálculo preliminar, de baja precisión en la que se han introducido los caudales anteriormente mencionados. Sobre este modelo se han introducido las ODT existentes.

Una vez obtenido el modelo completo, y analizando la huella de inundación resultante, se ha añadido precisión al cálculo, analizando el número de Courant después de cada simulación, buscando que este fuese lo más alto posible, pero sin que fuese mayor que uno (esto acelera el proceso de cálculo sin añadir inestabilidades en el procesamiento de los datos).

Paralelamente se ha reducido el tamaño de las celdas de la malla de cálculo con el objetivo de otorgar precisión al modelo en las zonas más conflictivas o de mayor singularidad.

CAPÍTULO 7. RESULTADOS

Con los caudales obtenidos en el apartado 5.2.3 *Caudales empleados* se ha realizado una simulación en Hec-Ras, de la cual se ha obtenido, para un periodo de retorno de 500 años, las superficies inundables, los calados, la velocidad del agua y número de Courant.

El número de Courant es una magnitud adimensional utilizada en dinámica de fluidos que determina cómo se relacionan el paso del tiempo, la velocidad del fluido y el tamaño de la malla de cálculo:

$$C = u \frac{\Delta t}{\Delta x}$$

Donde:

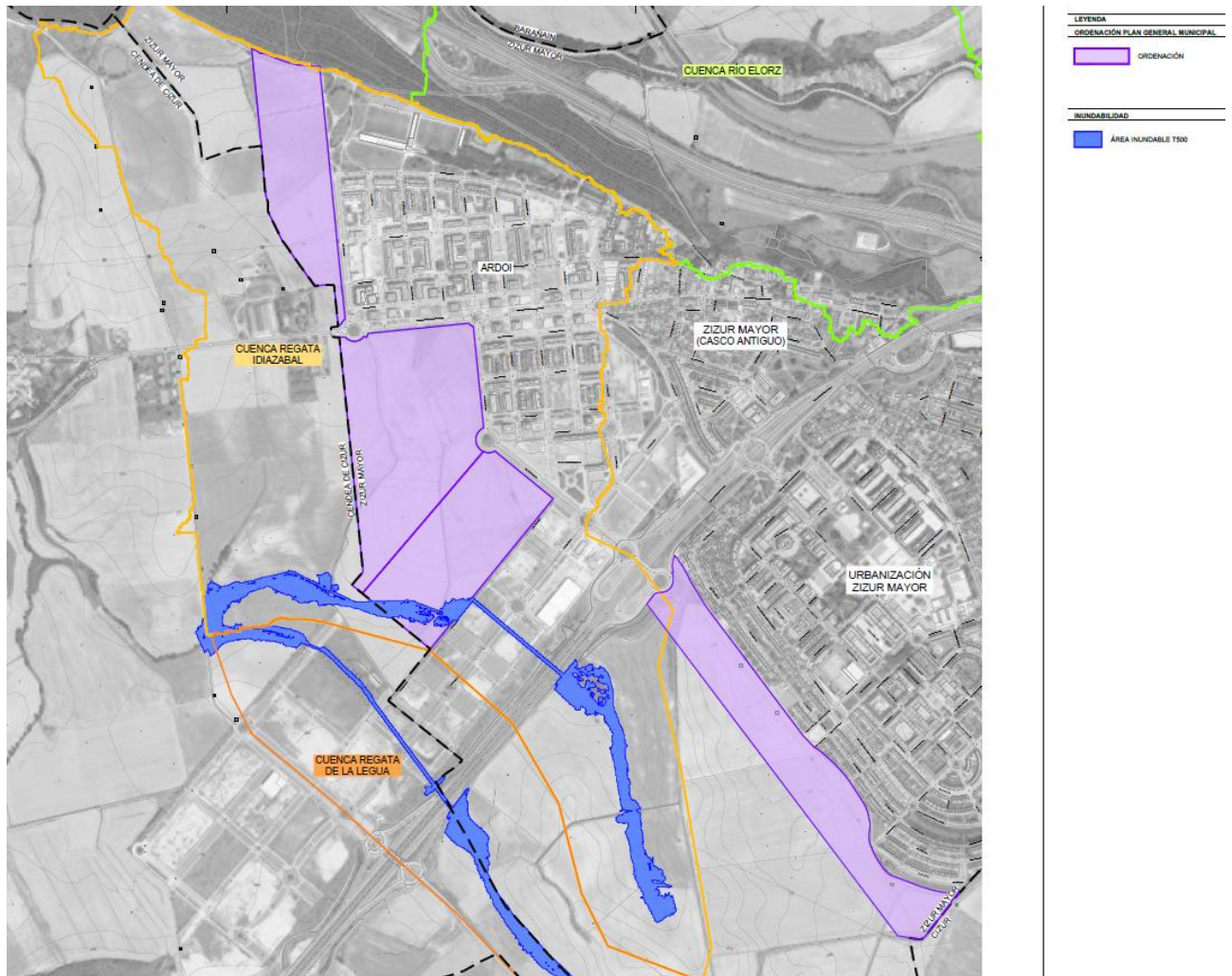
u : Velocidad del fluido

Δt : Intervalo de tiempo

Δx : Tamaño de la celda de la malla espacial

El objetivo es poder asegurar la convergencia y la estabilidad de las simulaciones. Se debe cumplir que el número de Courant es inferior o igual a 1 ($C \leq 1$) para garantizar la estabilidad y convergencia de los cálculos, lo cual ocurre en la simulación realizada.

En el extremo Sur de la ordenación propuesta, para el caudal con periodo de retorno de 500 años, la Regata Idiazabal excede su cauce habitual, ocupando la zona inundable una superficie de 9.800 m² aproximadamente, tal y como se muestra en la siguiente figura.



La ordenación propuesta establece una superficie de zona verde que deberá comprender la zona inundable de la regata Idiazabal o establecer otros usos compatibles con la zona inundable.

CAPÍTULO 8. RESUMEN Y CONCLUSIONES

El presente Estudio de Inundabilidad se ha redactado en el marco de la elaboración del Plan General Municipal de Zizur Mayor/Zizur Nagusia, con el objeto de analizar la posible afección por inundación del ámbito de ordenación y verificar la compatibilidad del planeamiento propuesto con la normativa vigente en materia de Dominio Público Hidráulico y gestión del riesgo de inundación.

Para su elaboración se ha partido de la cartografía e información geográfica disponible en IDENA, Cartoteca y Fototeca de Navarra, Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables y Sitebro.

El estudio se ha realizado para periodo de retorno de 500 años (T500), por ser el más desfavorable contemplado en la normativa, definiéndose un área mojada por este período de retorno que la ordenación propuesta en el presente PGM destina a zonas verdes, áreas de esparcimiento o cualquier uso compatible con un área inundable. Estudiando el periodo de retorno más desfavorable (T500) el área analizada no se verá afectada por la Zona de Flujo Preferente, Dominio Público Hidráulico o Zona de Riesgos establecidas en el Plan de Ordenación Territorial (POT).



A la vista de los resultados obtenidos, se concluye que la ordenación propuesta en el presente el Plan General Municipal de Zizur Mayor/Zizur Nagusia es compatible con la normativa sectorial en materia de aguas y con los instrumentos de planificación y gestión del riesgo de inundación.

Los instrumentos de planeamiento de detalle posteriores estudiarán la superficie inundable y sus rasantes de forma detallada, de manera que se garantice que los desarrollos no incrementan el riesgo por inundación en el ámbito, pudiendo disponerse zonas verdes u otros usos compatibles con la inundabilidad, u otras actuaciones de acuerdo con el Reglamento del Dominio Público Hidráulico.

Pamplona/Zizur Mayor, junio de 2026

El Ingeniero Civil

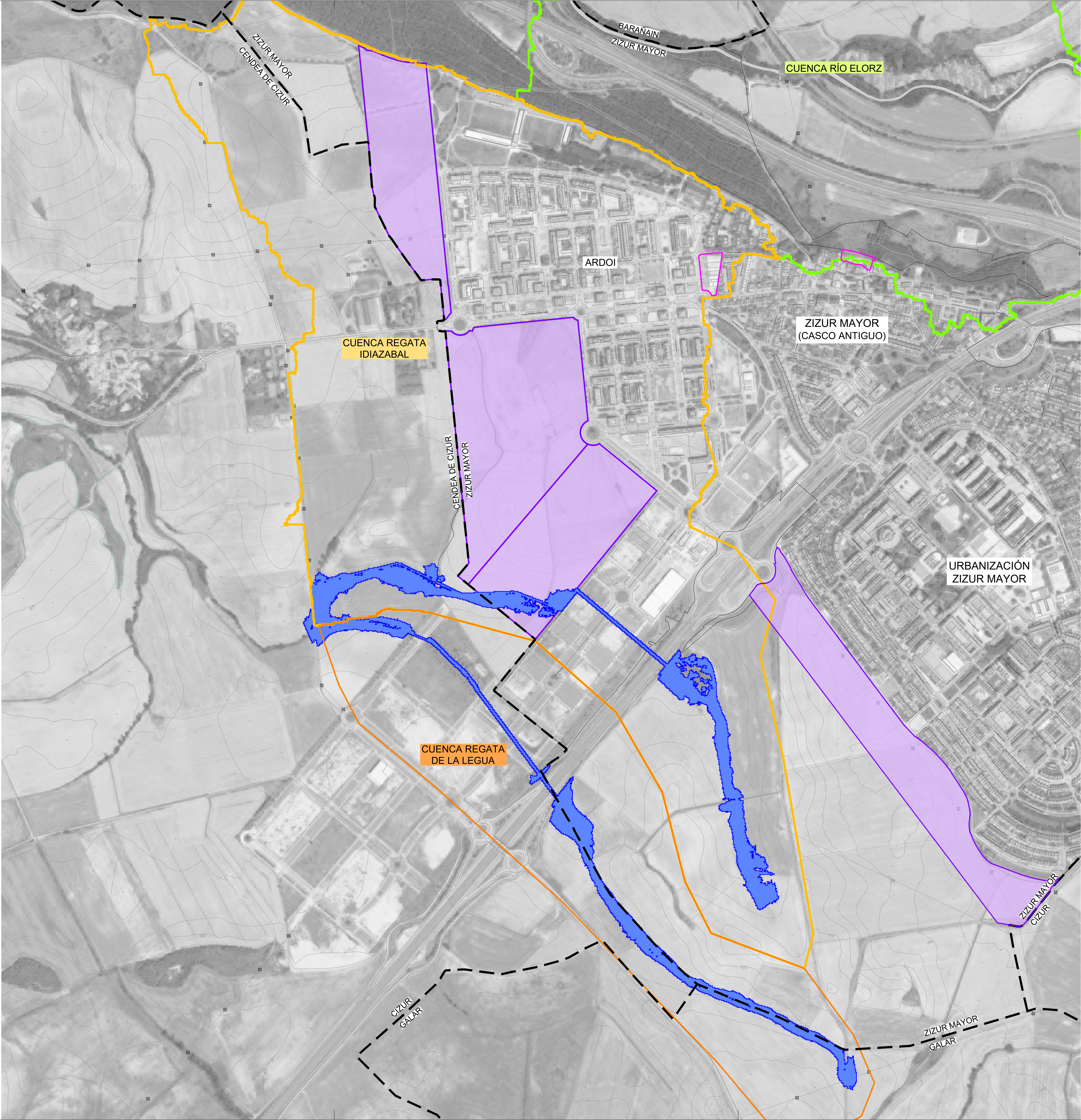
Fdo.: Juan D. Quintela Vázquez

El Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Fdo.: Joaquín Salanueva Herrero

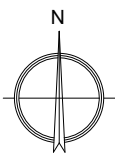


PLANOS



- LEYENDA**
- ORDENACIÓN PLAN GENERAL MUNICIPAL**
- ORDENACIÓN
 - UNIDAD DE EJECUCIÓN

- INUNDABILIDAD**
- ÁREA INUNDABLE T500



PLAN GENERAL MUNICIPAL DE ZIZUR MAYOR-ZIZUR NAGUSIA
PLAN URBANÍSTICO MUNICIPAL

NAVARRA

ORDENACIÓN
ESTUDIO DE INUNDABILIDAD - PLANTA

FECHA: JUNIO 2026
ESCALA: 1/5.000
PLANO Nº: 1

Fecha de Aprobación EMOT: 27.10.2025
Fecha de Aprobación Inicial:
Fecha de Aprobación Provisional:
Fecha de Aprobación Definitiva:
FASE: APROBACIÓN INICIAL

EQUIPO REDACTOR:
LP
DIRECTOR DEL EQUIPO:
Mikel Zabalaiza Arquitecto
Ruth Marín Arquitecta
Laura M. Tavares Arquitecta
Nani Garde Geógrafo
NAGORE ABOGADOS & ASOCIADOS
NESTARES MENDOZA ABOGADOS
PAULINO CALVO Economista
V.S. PROYECTOS, SERVICIOS Y URBANISMO S.L.



Documento bajo custodia en Sede Electrónica

ZIZUR MAYOR / ZIZUR NAGUSIA

3.6_ESTUDIO INUNDABILIDAD_F

Puede acceder a este documento en formato PDF - PAdES y comprobar su autenticidad en la Sede Electrónica usando el código CSV siguiente:



URL (dirección en Internet) de la Sede Electrónica: <https://sedeelectronica.zizurmayor.es/>

Código Seguro de Verificación (CSV): DFCA ALAR XYQC JF22 K2W7

En dicha dirección puede obtener más información técnica sobre el proceso de firma, así como descargar las firmas y sellos en formato XAdES correspondientes.

Resumen de firmas y/o sellos electrónicos de este documento

Huella del documento para el firmante	Texto de la firma	Datos adicionales de la firma
	ZIZUR MAYOR / ZIZUR NAGUSIA Registro de entrada nº 4387/2026 02/07/2026 8:17	Sello electrónico - 02/07/2026 8:18 Sede Electrónica ZIZUR MAYOR / ZIZUR NAGUSIA