



DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL CANTÁBRICO ORIENTAL

**MEMORIA RESUMEN DE LOS MAPAS DE PELIGROSIDAD
Y RIESGO DE INUNDACIÓN**

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN	3
2.- ÁMBITO TERRITORIAL	5
3.- MAPAS DE PELIGOSIDAD	8
3.1.- Topografía	9
3.2.- Geomorfología	11
3.3.- Hidrología	14
3.4.- Hidráulica	16
3.5.- Información gráfica	20
4.- MAPAS DE RIESGO	20
4.1.- Objetivos	20
4.2.- Contexto normativo	21
4.3.- Estimación de la población afectada	24
4.4.- Estimación de las actividades económicas afectadas	24
4.5.- Puntos de especial importancia y áreas protegidas ambientalmente	25
4.6.- Información gráfica	26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Superficie de la DCH Oriental por C.C.A.A. y provincia	6
Tabla 2. Relación de ARPSIs fluviales en el ámbito de estudio	7
Tabla 3. Categorías de los mapas de riesgo	24
Tabla 4. Capas indicativas de las zonas de especial relevancia	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ámbito territorial	5
Figura 2. Localización de las ARPSIs	8
Figura 3. Evolución geomorfológica del río Asua en Sondika entre 1956 y 2012.....	12
Figura 4. Caudales específicos de avenidas.	16
Figura 6. Resultados de cálculo con HEC-RAS del ARPSI ES017-GIP-17-1 Urumea	17

1.- INTRODUCCIÓN

Las inundaciones en España constituyen un riesgo natural que a lo largo del tiempo ha producido grandes daños tanto materiales como en pérdida de vidas humanas. La lucha contra sus efectos requiere la puesta en marcha de soluciones tanto estructurales (obras de defensa) como no estructurales. Entre las últimas medidas se encuentran los planes de Protección Civil, la implantación de sistemas de alerta temprana, la corrección hidrológico-forestal de las cuencas y, especialmente, las medidas de ordenación del territorio.

Dentro del proceso de implantación de la Directiva 2007/60/CE relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación, y el Real Decreto 903/2010, que la traspone al ordenamiento español, el primer hito a lograr consiste en la selección, dentro de cada Demarcación Hidrográfica, de las zonas con mayor riesgo de inundación, conocidas como Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSIs) e identificadas tras realizar la evaluación preliminar del riesgo de inundación de cada Demarcación Hidrográfica.

En este sentido, la citada Directiva 2007/60/CE establece, como principales hitos:

- Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI) e identificación de las Áreas con Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSIs). Diciembre de 2011.
- Elaboración de mapas de peligrosidad y riesgo (de las ARPSIs seleccionadas en la EPRI). Diciembre 2013.
- Plan de gestión de riesgo (de las ARPSIs seleccionadas en la EPRI). Diciembre 2015.

Siguiendo estas directrices, la Confederación Hidrográfica del Cantábrico, sometió a consulta pública por un periodo de 3 meses la documentación correspondiente al primer hito: la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI) de las Demarcaciones Hidrográficas del Cantábrico Occidental y Oriental.

El objetivo de este trabajo, fue la identificación razonada de las Áreas de Riesgo Potencial Significativo por Inundación (ARPSIs) dentro del ámbito referido. Estas áreas engloban la mayor parte del riesgo potencial del territorio asociado a los episodios de inundación con origen fluvial, tanto en lo relativo a posibles pérdidas de vidas humanas como en lo referente a daños económicos y a la afección al medio ambiente.

Un adecuado análisis de la situación, que incluya la selección y diseño de las medidas más eficaces y sostenibles para la mitigación de los efectos adversos de las inundaciones, tanto estructurales como no estructurales, requiere de un detallado conocimiento del problema, lo que implica el desarrollo de los trabajos topográficos, hidrológicos, hidráulicos y geomorfológicos necesarios para la elaboración de los denominados mapas de peligrosidad y riesgo de inundación. La obtención de esta cartografía en los tramos fluviales clasificados como ARPSIs es el objeto de la segunda fase de aplicación de la Directiva Europea de Inundaciones en esta Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Oriental, cuyos resultados se someten ahora a consulta pública.

Los mapas de peligrosidad comprenden la delimitación gráfica de la superficie anegada por las aguas para la ocurrencia de avenidas de alta, media (periodo de retorno de 100 años) y baja probabilidad, en aplicación del artículo 8.1 del Real Decreto 903/2011. Esta información, acompañada de la estimación de las variables que caracterizan el efecto potencial adverso de las crecidas, como son el calado y la velocidad de la corriente, permite establecer el grado de exposición al fenómeno de las distintas partes del territorio. Adicionalmente y en cumplimiento de Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, los mapas de peligrosidad incluyen la delimitación de la Zona de Flujo Preferente, así como una estimación indicativa de cauce público y de las zonas de servidumbre y policía, al que se ha añadido, en su caso, el Dominio Público Marítimo Terrestre deslindado.

La cartografía anterior debe cruzarse con la información relativa a la vulnerabilidad del territorio en lo relativo a la salud humana, el medio ambiente y la actividad económica, para la determinación pormenorizada del riesgo por inundación y la elaboración de los mapas asociados. Estos mapas deben servir de punto de partida para la posterior redacción de los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación, y por tanto, deben aportar los elementos de juicio para una elección razonada de soluciones. Siguiendo las indicaciones del artículo 7 de la referida Directiva 2007/60/CE de Inundaciones, la adecuada gestión del riesgo de inundación debe efectuarse teniendo en cuenta los costes incurridos en su reducción y los beneficios esperados. En consecuencia, los mapas de riesgo se han centrado no solo en la identificación de los mayores riesgos potenciales sino también en su cuantificación rigurosa.

En conjunto, los mapas de peligrosidad y riesgo aquí presentados, al proporcionar una visión realista y precisa del problema, constituyen un instrumento eficaz para la gestión futura del riesgo de

inundación asociado a las zonas más problemáticas del territorio, asegurando un eficiente empleo de los recursos económicos disponibles para la mitigación de los daños potenciales y una compatibilización más sostenible de las necesidades de desarrollo de la sociedad con los riesgos naturales del medio físico ocupado.

2.- ÁMBITO TERRITORIAL

De acuerdo con el artículo primero del Real Decreto 29/2011, de 14 de enero, por el que se modifica el Real Decreto 125/2007, de 2 de febrero, por el que se fija el ámbito territorial de las demarcaciones hidrográficas, la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Oriental comprende "el territorio de las cuencas hidrográficas de los ríos que vierten al mar Cantábrico desde la cuenca del Barbadun hasta la del Oiartzun, incluyendo la intercuenca entre la del arroyo de La Sequilla y la del río Barbadun, así como todas sus aguas de transición y costeras, y el territorio español de las cuencas de los ríos Bidasoa, incluyendo sus aguas de transición, Nive y Nivelles. Las aguas costeras tienen como límite oeste la línea de orientación 2 que pasa por Punta del Covarón y como límite este la frontera entre el mar territorial de España y Francia".



Figura 1. *Ámbito territorial*

La superficie continental de la DHC Oriental, incluidas las aguas de transición, es de 5.788 km², siendo 3.523 km² competencia de la CHC. Este ámbito de competencias abarca las cuencas de los ríos que vierten al mar Cantábrico entre el límite de los términos municipales de Castro Urdiales y San Julián de Muskiz y el territorio español de los ríos Nive y Nivelles, hasta su frontera con Francia. Dicho ámbito

se extiende por 5 Provincias pertenecientes a 3 Comunidades Autónomas, como podemos observar en la siguiente tabla:

COMUNIDAD AUTÓNOMA	PROVINCIA	SUPERFICIE TOTAL (km ²)	ÁMBITO COMPETENCIAL CHC (km ²)
CASTILLA Y LEÓN	Burgos	14.282	285
PAÍS VASCO	Araba/Álava	3.035	417
	Gipuzkoa	1.979	776
	Bizkaia	2.216	891
NAVARRA	Navarra	10.386	1.153
TOTAL		31.898	3.523

Tabla 1. Superficie de la DCH Oriental por C.C.A.A. y provincia

En este ámbito, la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación identificó 49 ARPSIs fluviales, que son ahora objeto de un análisis detallado para la determinación de los mapas de peligrosidad y riesgo respectivos. Se trata de:

ARPSI	C.C.A.A.	PROVINCIA	MUNICIPIO/S	CAUCE/S
ES017-GIP-1-1	PAÍS VASCO	GIPUZKOA	Amezketeta	AMEZKETA ERREKA
ES017-BIZ-2-1	PAÍS VASCO	BIZKAIA	Igorre \ Dima	ARRATIA IBAIA
ES017-BIZ-2-2	PAÍS VASCO	BIZKAIA	Zeanuri	ARRATIA IBAIA
ES017-GIP-3-1	PAÍS VASCO	GIPUZKOA	Lizartza	ARAXES IBAIA
ES017-BIZ-5-1	PAÍS VASCO	BIZKAIA	Balmaseda \ Zalla	RIO CADAGÜA
ES017-BIZ-6-1	PAÍS VASCO	BIZKAIA	Güeñes \ Zalla	RIO CADAGÜA
ES017-BIZ-7-1	PAÍS VASCO	BIZKAIA	Güeñes \ Gordexola	RIO CADAGÜA
ES017-BIZ-7-2	PAÍS VASCO	BIZKAIA	Güeñes \ Alonsotegi \ Barakaldo	RIO CADAGÜA
ES017-BIZ-7-3	PAÍS VASCO	BIZKAIA	Alonsotegi \ Barakaldo \ Bilbao	RIO CADAGÜA
ES017-BIZ-8-1	PAÍS VASCO	BIZKAIA	Atxondo	IBAIZABAL IBAIA
ES017-BIZ-8-2	PAÍS VASCO	BIZKAIA	Elorrio	IBAIZABAL IBAIA
ES017-BIZ-9-1	PAÍS VASCO	BIZKAIA	Iurreta \ Durango \ Abadiño \ Berriz	IBAIZABAL IBAIA
ES017-BIZ-9-2	PAÍS VASCO	BIZKAIA	Amorebieta	IBAIZABAL IBAIA
ES017-BIZ-9-3	PAÍS VASCO	BIZKAIA	Lemoa	IBAIZABAL IBAIA
ES017-BIZ-9-4	PAÍS VASCO	BIZKAIA	Lemoa	IBAIZABAL IBAIA
ES017-BIZ-10-1	PAÍS VASCO	BIZKAIA	Llodio \ Orozko \ Arrankudiaga \ Aracaldo	RIO NERVIÓN
ES017-ALA-10-2	PAÍS VASCO	ARABA - ÁLAVA	Amurrio	RIO NERVIÓN

ARPSI	C.C.A.A.	PROVINCIA	MUNICIPIO/S	CAUCE/S
ES017-ALA-10-3	PAÍS VASCO	ARABA - ÁLAVA	Ayala \ Llodio	RIO NERVIÓN
ES017-BIZ-11-1	PAÍS VASCO	BIZKAIA	Orduña	RIO NERVION
ES017-BIZ-12-1	PAÍS VASCO	BIZKAIA	Bilbao \ Basauri \ Galdakao	RIO NERVIÓN
ES017-BIZ-12-2	PAÍS VASCO	BIZKAIA	Arrigoriaga \ Zaratamo	RIO NERVIÓN
ES017-BIZ-12-3	PAÍS VASCO	BIZKAIA	Galdakao \ Bedia	IBAIZABAL IBAIA
ES017-GIP-13-1	PAÍS VASCO	GIPUZKOA	Ataun	RIO AGAUNTZA
ES017-GIP-13-2	PAÍS VASCO	GIPUZKOA	Lazkao \ Olaberria	RIO AGAUNTZA
ES017-GIP-14-1	PAÍS VASCO	GIPUZKOA	Beasain \ Lazkao \ Ordizia \ Arama \ Itsasondo	ORIA IBAIA
ES017-GIP-14-2	PAÍS VASCO	GIPUZKOA	Legorreta	ORIA IBAIA
ES017-GIP-14-3	PAÍS VASCO	GIPUZKOA	Alegia \ Altzo	ORIA IBAIA
ES017-GIP-15-1	PAÍS VASCO	GIPUZKOA	Villabona \ Zizurkil \ Aduna	ORIA IBAIA
ES017-GIP-15-2	PAÍS VASCO	GIPUZKOA	Tolosa \ Ibarra	ORIA IBAIA
ES017-GIP-15-3	PAÍS VASCO	GIPUZKOA	Andoain	ORIA IBAIA
ES017-GIP-16-1	PAÍS VASCO	GIPUZKOA	San Sebastián \ Usurbil	ORIA IBAIA
ES017-GIP-16-2	PAÍS VASCO	GIPUZKOA	Lasarte-Oria	ORIA IBAIA
ES017-GIP-17-1	PAÍS VASCO	GIPUZKOA	Hernani	RIO URUMEA
ES017-NAV-1-1	NAVARRA	NAVARRA	Urdazubi / Urdax	REGATA URAGANA
ES017-NAV-1-2	NAVARRA	NAVARRA	Urdazubi / Urdax	REGATA UGARANA - REGATA LAPITXURI
ES017-NAV-2-1	NAVARRA	NAVARRA	Baztan	RÍO BAZTAN
ES017-NAV-3-1	NAVARRA	NAVARRA	Baztan	REGATA ARTESIAGA
ES017-NAV-4-1	NAVARRA	NAVARRA	Baztan	RÍO BAZTAN
ES017-NAV-5-1	NAVARRA	NAVARRA	Elgorriaga / Doneztebe- Sanesteban	RÍO EZCURRA - RÍO EZPELURA
ES017-NAV-5-2	NAVARRA	NAVARRA	Ituren	RÍO EZCURRA
ES017-NAV-6-1	NAVARRA	NAVARRA	Sunbilla	RÍO BIDASOA
ES017-NAV-7-1	NAVARRA	NAVARRA	Etxalar	REGATA TXIMISTA
ES017-NAV-8-1	NAVARRA	NAVARRA	Lesaka	REGATA ONIN
ES017-NAV-9-1	NAVARRA	NAVARRA	Bera	RÍO BIDASOA - REGATA CÍA
ES017-NAV-10-1	NAVARRA	NAVARRA	Goizueta	RÍO URUMEA
ES017-NAV-11-1	NAVARRA	NAVARRA	Leitza	RÍO LEITZARÁN
ES017-NAV-12-1	NAVARRA	NAVARRA	Araitz	RÍO ARAXES
ES017-NAV-12-2	NAVARRA	NAVARRA	Betelu	RÍO ARAXES
ES017-BUR-2-1	CASTILLA Y LEÓN	BURGOS	Valle de Mena	RÍO CADAGUA

Tabla 2. Relación de ARPSIs fluviales en el ámbito de estudio

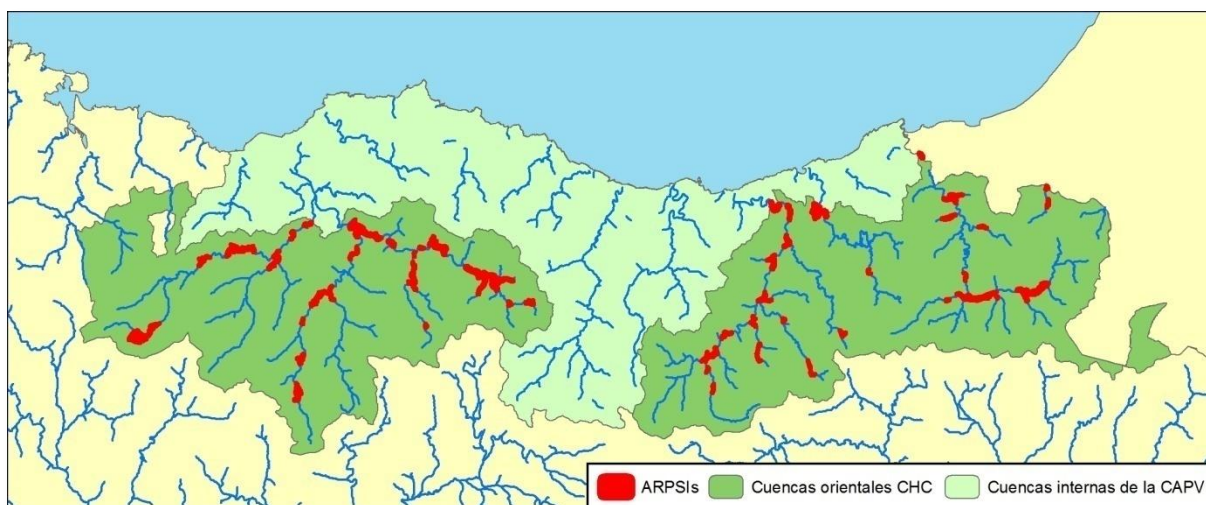


Figura 2. Localización de las ARPSIs

3.- MAPAS DE PELIGOSIDAD

El segundo hito del proceso de implantación de la Directiva 2007/60 de evaluación y gestión de los riesgos de inundación, es para cada ARPSI la elaboración de los mapas de peligrosidad de inundación (cálculo de la zona inundable) de acuerdo con lo establecido en los artículos 8, 9 y 10 del Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de los riesgos de inundación. Estos mapas de peligrosidad, complementan lo establecido en la legislación existente en materia de aguas, protección civil y ordenación del territorio sobre cartografía de zonas inundables y se podrán consultar en el visor cartográfico del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables.

Los mapas de peligrosidad por inundación constituyen una herramienta eficaz de información y una base adecuada para el establecimiento de prioridades y la toma de decisiones adicionales de índole técnica, económica y política relativa a la gestión del riesgo de inundación.

Para la realización de estos mapas, la CHC ha acometido trabajos topográficos, hidrológicos, hidráulicos y geomorfológicos cuya descripción se presenta a continuación.

3.1.- Topografía

La información de partida para la elaboración de los mapas de peligrosidad se basa fundamentalmente en la necesidad de disponer de información cartográfica lo más actual posible y de calidad suficiente de los tramos de estudio, en especial de los siguientes elementos:

- El modelo digital del terreno (MDT) de la cuenca y del tramo fluvial a estudiar con la mejor resolución posible;
- Ortofoto actual de la zona de estudio a la mejor resolución posible;
- Fotografías aéreas históricas georreferenciadas. Si bien existen otros vuelos históricos, en general el vuelo de referencia es el vuelo americano 1956-57;
- Croquis detallando las dimensiones y las cotas de los elementos o infraestructuras localizadas en la zona de estudio que pueden afectar a la inundabilidad, como puentes, motas, encauzamientos, azudes, etc.;
- Información sobre elementos localizados aguas arriba y abajo de la zona de estudio que ayude a definir las condiciones de contorno o de borde de la simulación, como por ejemplo el nivel del mar, niveles de embalses, azudes, puentes, etc.;
- Información sobre usos del suelo para determinar las pérdidas de energía del agua.

Para la realización de los estudios geomorfológicos e hidráulicos es necesario disponer de una cartografía de precisión que represente fielmente la realidad del terreno en el tramo de estudio. Para ello, se ha utilizado un modelo digital del terreno generado mediante la tecnología LiDAR, el cual ha sido tratado para eliminar los valores correspondientes a elementos distintos al terreno: vegetación, puentes, etc.

El vuelo LiDAR ha sido desarrollado por el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) durante el año 2012. Todo el trabajo se ha realizado en ETRS89, basándose exclusivamente en vértices REGENTE de la Red Geodésica Nacional. El vuelo se planificó a una velocidad adecuada para garantizar un mínimo distanciamiento entre líneas de barrido (amplitud de barrido, o máximo espaciado entre puntos en la dirección de vuelo), permitiendo obtener de manera homogénea por todo su ámbito una densidad promedio de 0,5 puntos del primer retorno por metro cuadrado y una precisión en cota de 15 cm.

Posteriormente se procedió a la elaboración de diferentes productos tales como el Modelo Digital de Superficies (MDS), el Modelo Digital de Intensidades (MDI) y diferentes Modelos Digitales del Terreno (MDT) eliminando los edificios, la vegetación y los puentes y vectorizando los edificios.

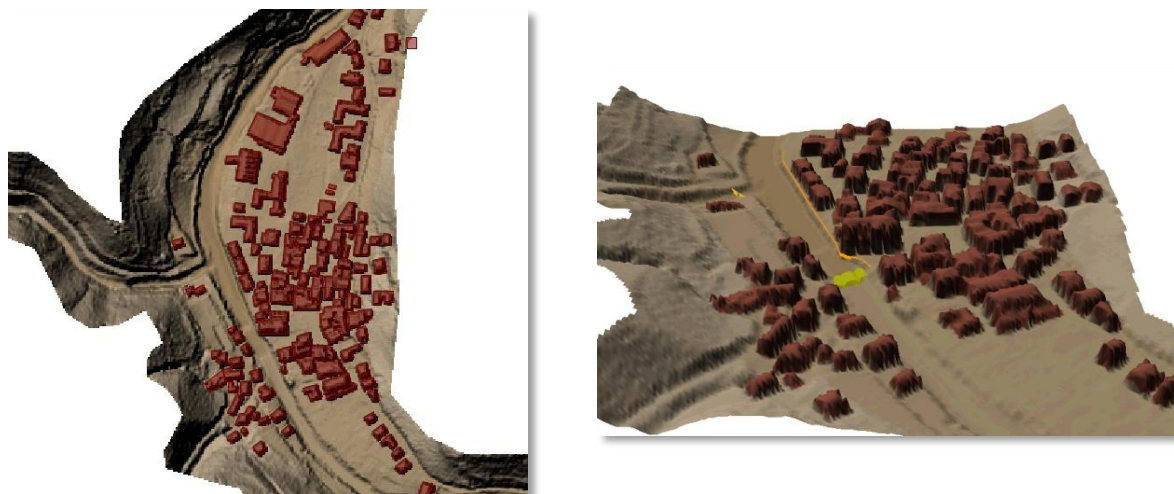


Figura 3. Modelo Digital del Terreno. Río Urumea en Goizueta

Se han utilizados las ortofotos más recientes disponibles en el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), proyecto cofinanciado y cooperativo entre la Administración General del Estado (AGE) y las comunidades autónomas, enmarcado dentro del Plan Nacional de Observación del Territorio (PNOT), siendo coordinado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) y el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG).

Como fotografías históricas se han utilizado y georreferenciado las correspondientes al vuelo americano de 1956-57.

Dado que gran parte de los cauces de la Demarcación Cantábrica Oriental de la CHC presentan caudales permanentes, con calados importantes en muchos tramos, y como además cuentan con un bosque de ribera bien desarrollado, la información generada por el LIDAR no resulta suficiente por sí misma para abordar estudios de peligrosidad por avenida, pues la capacidad de desagüe del cauce se ve significativamente alterada por las imprecisiones en la definición del cauce. Por tanto, se han desarrollado trabajos batimétricos consistentes en la obtención del lecho y márgenes del cauce en un número elevado de secciones transversales a lo largo de los cursos fluviales a analizar, con una separación tal que permitiera su interpolación. A partir de esta información se generó un modelo de elevaciones para el cauce y zonas aledañas que se combinó con el MDT original para obtener un producto final que pudiera proporcionar la información geométrica de partida para las simulaciones hidráulicas.

En un análisis preliminar de las zonas de estudio, se identificaron los elementos que pudieran afectar de forma importante a la inundabilidad, ya sea en sentido negativo (agravando las consecuencias de

la inundación) o positivo (creando una protección frente a la inundación). Estos elementos fueron puentes, motas, encauzamientos, azudes, etc. Con el objeto de incorporar estos elementos en la modelización hidráulica, se han elaborado, para cada uno de ellos, un croquis con sus características geométricas, así como las cotas de los elementos de mayor influencia en la determinación del flujo.

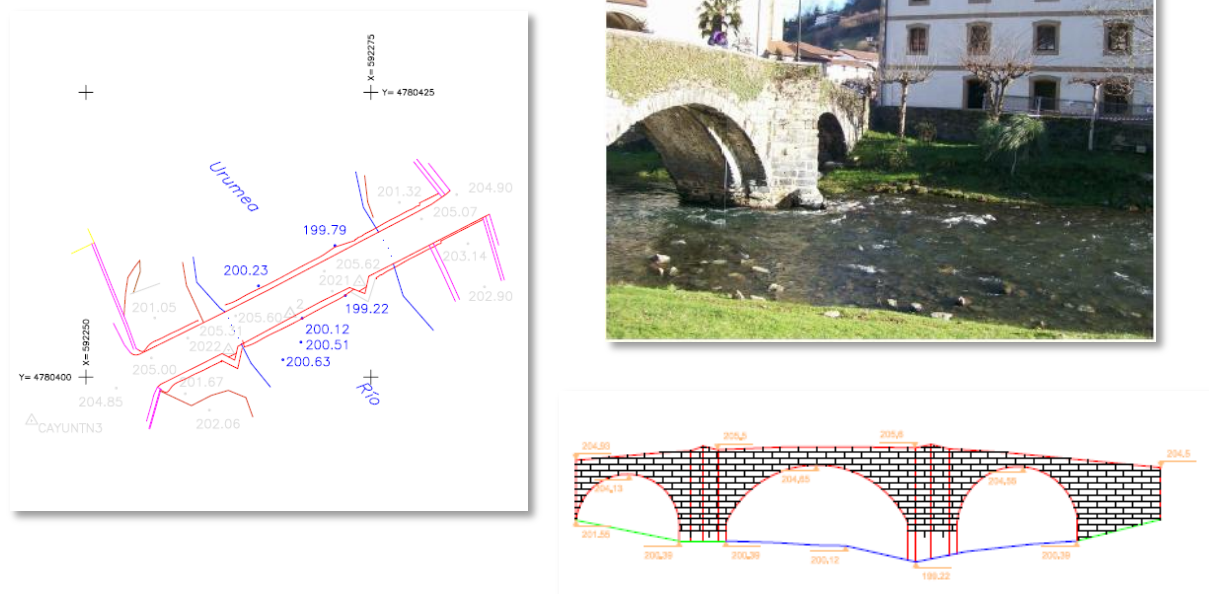


Figura 3. Croquis de puente. Río Urumea

Para la definición de las pérdidas de carga se ha obtenido toda la información disponible sobre los usos del suelo en cada tramo de estudio. Se ha utilizado el mapa de usos del suelo del proyecto europeo CORINE LAND COVER (CLC) combinada con los datos del SIOSE (Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España) y las ortofotos del PNOA.

3.2.- Geomorfología

El SNCZI establece que, junto a los análisis hidrológicos y los modelos hidráulicos, es necesario hacer una recopilación de datos históricos sobre inundaciones así como análisis geomorfológicos, al objeto de definir la inundabilidad, siguiendo un método multidisciplinar, es decir, integrando las ventajas que ofrece cada una de las disciplinas implicadas en esta problemática. La Dirección General del Agua publicó en el año 2011 la *Guía Metodológica para el desarrollo del SNCZI*, la cual incorpora, además

de los criterios hidrológicos e hidráulicos, contenidos técnicos sobre el análisis histórico y evolutivo del sistema fluvial, la toma de datos de inundaciones históricas y el análisis geomorfológico de las zonas inundables, que persiguen ofrecer referentes de inundabilidad basados en eventos y evidencias reales de los desbordamientos.

Son objetivos del SNCZI cartografiar los siguientes elementos:

- Delimitación del Dominio Público Hidráulico Probable (DPHP).
- Delimitación de la Zona de Flujo Preferente.
- Zonificación de la inundabilidad fluvial.
- Zonificación de zonas susceptibles de sufrir avenidas rápidas.

De acuerdo a estos objetivos, se han llevado a cabo los análisis históricos y geomorfológicos en las fases metodológicas que se citan a continuación.

1. Análisis histórico, consistente en:

- 1.1. **Estudio evolutivo** del medio fluvial, que permite identificar las zonas más activas e inundables del medio fluvial. Para ello, se han estudiado fotografías aéreas realizadas desde el vuelo americano de los años 1956/57 hasta la actualidad, definiéndose la evolución que han sufrido el cauce y la terraza de alta actividad.

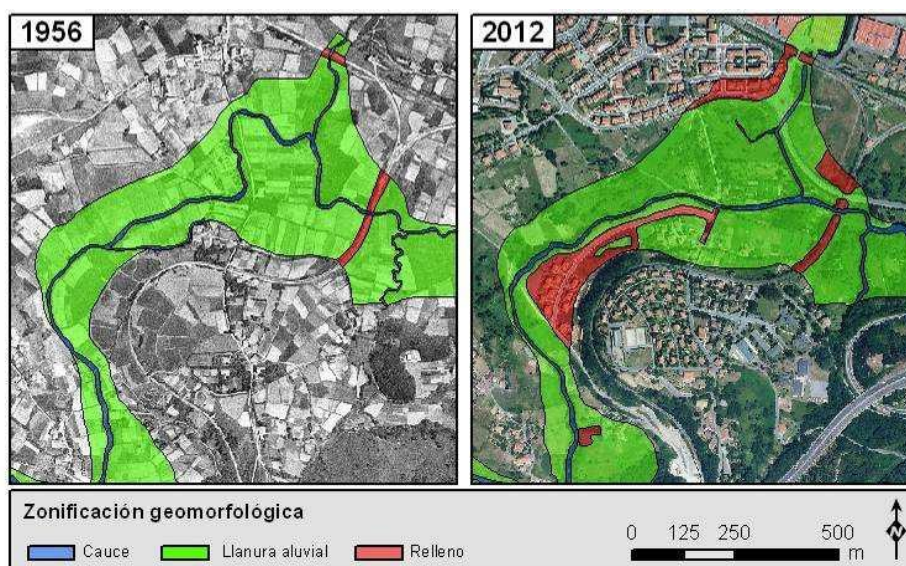


Figura 3. Evolución geomorfológica del río Asua en Sondika entre 1956 y 2012

- 1.2. **Análisis histórico de inundaciones**, que permite aumentar la precisión en la zonificación del área inundable al incorporar información basada en eventos reales. Se recopilan datos a escala regional y local sobre inundaciones históricas: bases de datos existentes, fuentes documentales (hemeroteca, publicaciones, información procedente de las administraciones, etc.) y encuestas a la población, principalmente.

2. Análisis geomorfológico, consistente en:

- 2.1. **Observaciones geomorfológicas en el cauce** dirigidas a definir los límites del DPHP, diferenciando entre distintas unidades teniendo en cuenta el cauce histórico y el actual: DPHPa, DPHPb y DPHPc.

El DPHPa es el canal de estiaje, los terrenos de actividad reciente y aquellos dinámicamente conectados a estos últimos. Abarcan las barras fluviales adyacentes al lecho del canal con escasa o nula cubierta vegetal que están claramente ligadas a la dinámica fluvial más activa, así como las barras dinámicamente conectadas a las anteriores que aparecen colonizadas total o parcialmente por vegetación potencial de ribera.

El DPHPb abarca terrenos del cauce histórico que presentan actualmente una altura más similar o incluso mayor a la de los terrenos de las márgenes o llanura aluvial y terrenos en los que se evidencia que se ha producido una reducción en la intensidad de las inundaciones, mostrando actualmente una cobertura aparentemente más estable, y a su vez que esos cambios no estén inducidos por rellenos artificiales realizados directamente en los terrenos en estudio.

Se define la opción C del DPHP cuando se encuentran terrenos que formaron parte del cauce histórico y que actualmente presentan una alteración artificial que bien ha borrado o enterrado las evidencias (Ej.: rellenos artificiales) o bien ha modificado de forma importante la morfología del cauce (Ej.: canalizaciones), alterando de forma importante su inundabilidad original.

- 2.2. **Observaciones geomorfológicas sobre las márgenes o llanuras aluviales**. Por un lado, se separan unidades inundables ubicadas a diferente altura con respecto al cauce que tiene, en consecuencia, diferente inundabilidad y, por otro lado, se determina la presencia o ausencia de formas erosivas o sedimentarias generadas por inundaciones previas y recientes. Estos aspectos están dirigidos al análisis de la zona de flujo preferente (ZFP) y a la inundabilidad.

- Tal y como plantea el SNCZI, se ha delimitado la **ZFP** en condiciones naturales, que engloba los terrenos que presentan formas erosivas y sedimentarias, y la ZPF en condiciones actuales, que difiere de la natural en los casos en que se han introducido alteraciones antrópicas.
 - La delimitación de unidades con distinta **inundabilidad** se apoya en la existencia de desniveles topográficos significativos, como escarpes y otras formas fluviales, capaces de frenar o redirigir el avance de las aguas. Las categorías de diferencias son: muy alta, asociada a recurrencias de inundación menores a 10 años; alta para recurrencias entre 10 y 50 años; media para recurrencias en torno a 100 años y baja para recurrencias en torno a 500 años.
- 3.** Identificación de **zonas susceptibles de sufrir avenidas rápidas** y zonificación de aquellas con mayor exposición de bienes.

Una vez obtenidas las manchas de inundación correspondientes a las distintas probabilidades mediante los modelos hidráulicos, éstas se contrastan con la información histórica y con la información resultante del análisis geomorfológico. Cabe destacar, la consideración de las unidades definidas como DPHPa y DPHPb junto con los resultados de los modelos hidráulicos para la estimación indicativa del cauce público.

3.3.- Hidrología

Tal y como se establece en el Apartado 2 del Artículo 52 *Caudales máximos de avenida y determinación de zonas inundables* del Capítulo 7 PROTECCIÓN DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO Y DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO TERRESTRE Y CALIDAD DE LAS AGUAS de la Normativa del Plan Hidrológico publicado en el Boletín Oficial del Estado del sábado 8 de junio de 2013

"2. Para la determinación de la cartografía de inundabilidad, en tanto ésta no quede definida por la Administración Hidráulica, podrán emplearse los "Criterios técnicos para la elaboración de estudios hidráulicos" que figuran en el anejo 9. En la elaboración de dichos estudios se realizará una estimación de los caudales de avenida considerados que, en ausencia de otros validados por la Administración Hidráulica, adoptarán como Caudal Máximo de Avenida los establecidos en el Plan Hidrológico Norte III, aprobado por el artículo 1.1 a) del Real Decreto 1664/1998, de conformidad con la disposición transitoria única."

En el apartado 5.3 *Caudales de cálculo* del mencionado Anejo 9 se indica:

5.3 Caudales de cálculo

Para la delimitación cartográfica de la zona inundable, el análisis de las causas que motivan la inundación y las propuestas de mejoras hidráulicas y medioambientales, es necesario conocer los caudales correspondientes a los períodos de retorno de 10, 100 y 500 años.

Por el mismo sistema de difusión que la cartografía, la Administración Hidráulica pondrá a disposición de los usuarios mapas de caudales máximos en la medida que se proceda a completar los trabajos en curso motivados por la Directiva 60/2007/CE.

En los ámbitos donde no se disponga de esta información, se utilizarán los valores expresados en el Plan Hidrológico Norte III aprobado por Real Decreto 1664/1998, Mapa de caudales máximos obtenidos por el CEDEX o Tabla de caudales específicos del Territorio Histórico de Gipuzkoa, cuando sea de aplicación.

Por lo tanto para el cálculo de los caudales necesarios para la delimitación cartográfica de la zona inundable correspondiente a alta, media (periodo de retorno de 100 años) y baja probabilidad se han empleado los valores correspondientes al gráfico G.N.1. *"Caudales específicos de avenidas en función de la cuenca afluyente y del periodo de retorno T"* expresados en el Plan Hidrológico Norte III aprobado por Real Decreto 1664/1998.

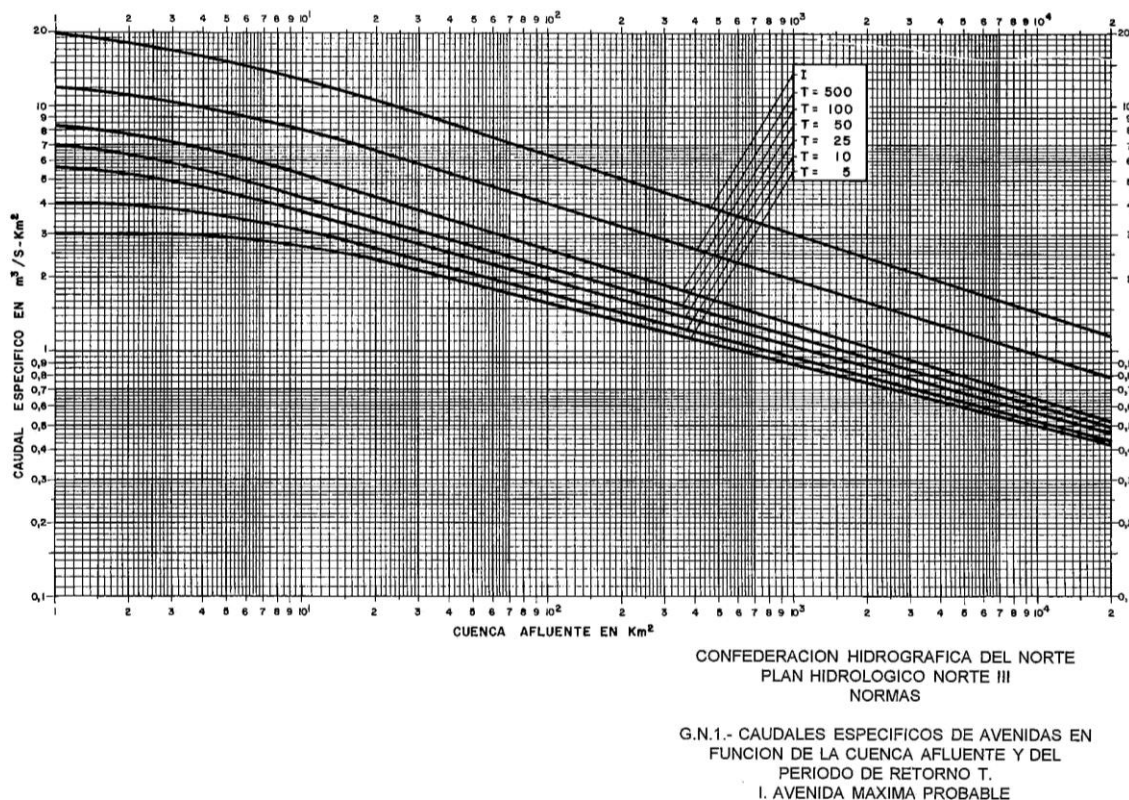


Figura 4. Caudales específicos de avenidas.

3.4.- Hidráulica

La modelización hidráulica tiene como finalidad obtener los valores de calados y velocidades en cualquier punto de la zona a estudiar, para las avenidas de interés.

Para la realización de las modelizaciones hidráulicas se ha partido de la siguiente información:

- Datos de caudales punta resultado del estudio hidrológico;
- Información básica de caracterización física del cauce;
- Información sobre elementos localizados aguas abajo de la zona de estudio que ayude a definir las condiciones de contorno en el modelo hidráulico, como, por ejemplo el nivel del mar, embalses en los que se conozca el nivel, azudes, zonas en las que se produzca calado crítico, etc.

Para la elaboración de los mapas de peligrosidad, se han empleado tanto modelos unidimensionales como bidimensionales.

Los modelos unidimensionales se basan en el cálculo de la cota del nivel del agua en las secciones de cálculo. Estas secciones deben colocarse perpendiculares al flujo, para lo cual se requiere un análisis previo del flujo de la zona a modelizar y de la forma que adoptan las líneas de corriente.

De entre los distintos modelos matemáticos aplicables, se ha decidido utilizar por su contrastada robustez la versión 4.1 del software HEC-RAS desarrollado por el Hydrologic Engineering Center para el U.S. Army Corp of Engineers. Este software permite simular flujos unidimensionales en régimen permanente gradualmente variado a partir de la ecuación de conservación de la energía. Además, es capaz de incorporar diversos tipos de estructuras (puentes, coberturas, vertederos con compuerta, azudes, caños, etc...) resolviendo el flujo a través de ellas con formulaciones particularizadas. Con este modelo se han realizado las simulaciones de todas las ARPSIs comprendidas en el País Vasco.

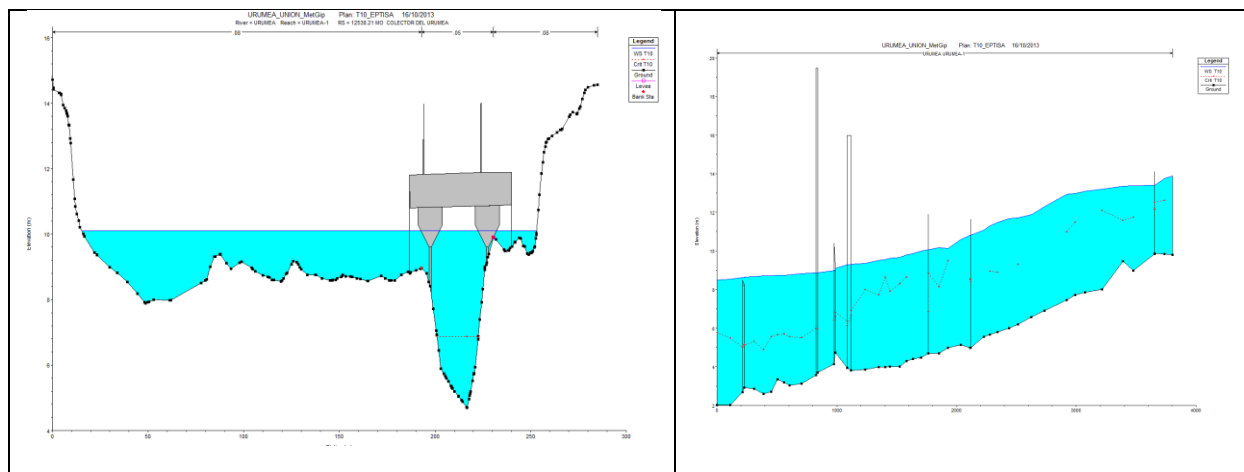


Figura 5. Resultados de cálculo con HEC-RAS del ARPSI ES017-GIP-17-1 Urumea

La elaboración de los modelos hidráulicos unidimensionales comprende los siguientes pasos:

- Definición de la geometría de cauce y llanuras de inundación mediante perfiles transversales dispuestos de manera perpendicular a las líneas de corriente, con una separación típica de 50 m en zona urbana y de 100 m en zona rural. Definición de la geometría de las estructuras como obstrucciones a la sección de flujo;
- Incorporación de elementos especiales: obstrucciones, zonas inefectivas y motas;
- Determinación de los coeficientes de rugosidad de Manning, obtenidos 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;

- Adopción de coeficientes de contracción y expansión entre secciones y de desagüe en estructuras coherentes con las recomendaciones del HEC;
- Elección del método de cálculo de estructuras más indicado para cada caudal de tránsito;
- Incorporación de los caudales de diseño como valores constantes por tramo;
- Elección de la condición de contorno aguas abajo: se ha adoptado la formación del régimen permanente con pendiente de la línea de energía igual a la longitudinal del lecho y a una distancia del final del ARPSI suficiente como para poder despreciar su influencia;
- Calibración.

La modelización del flujo bidimensional requiere un esfuerzo importante en términos de modelización del terreno, de calibración de parámetros, en particular de la rugosidad, y de tiempo de computación, aunque tiene la ventaja de dar resultados más exactos desde el punto de vista de distribución de las velocidades en la zona de estudio. La utilización de modelos bidimensionales es recomendable en zonas en las que el campo de velocidades es tal que tanto la componente en sentido del flujo como en sentido transversal tienen un peso importante, y se da en casos como grandes llanuras aluviales o zonas en las que se producen desbordamientos laterales de importancia.

Para las simulaciones bidimensionales se ha utilizado el modelo GUAD 2D en las ARPSIs de la cuenca del Bidasoa y el modelo InfoWorks RS-ICM en el resto de ARPSIs.

El modelo GUAD-2D (volúmenes finitos) ha sido desarrollado por el Departamento de Mecánica de Fluidos de la Universidad de Zaragoza en colaboración con el Departamento de I+D+i de INCLAM, teniendo siempre en cuenta la influencia de los obstáculos al flujo y los cambios de régimen.

El modelo InfoWorks ICM (Modelo integrado de cuenca) es un modelo matemático con aplicación bidimensional que resuelve las ecuaciones de cálculo hidráulico Saint-Venant por el método de los volúmenes finitos, desarrollado por el Wallingford Software. Permite integrar el sistema de drenaje completo, sobre y bajo el terreno (natural y artificial) en un solo modelo.

La elaboración de los modelos hidráulicos bidimensionales comprende los siguientes pasos:

- Definición de la geometría de cauce y llanuras de inundación mediante la elaboración de un Modelo Digital del Terreno corregido con trabajos batimétricos.

- Generación de la malla de cálculo buscando un equilibrio entre su resolución y el tiempo de cálculo;
- Incorporación de elementos especiales: obstrucciones, zonas inefectivas y motas;
- Determinación de los polígonos de rugosidad de Manning, obtenidos 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;
- Elección del método de cálculo de estructuras más indicado para cada caudal de tránsito;
- Incorporación de los caudales de diseño como hidrogramas por tramo;
- Elección de la condición de contorno aguas abajo (normal o crítico);
- Calibración.

Finalizado el cálculo hidráulico y a partir del Modelo Digital del Terreno disponible, se han trasladado los resultados al espacio, resultando la delimitación de las zonas inundables y las distribuciones de calado y velocidad asociadas. Se ha efectuado además un ajuste de detalle de las zonas inundables obtenidas mediante la interpretación de toda la información cartográfica y fotográfica disponible.

Para una primera estimación indicativa del cauce público, para las ARPSIs del País Vasco y Bidasoa, se ha efectuado una simulación de la Máxima Crecida Ordinaria (MCO), establecida a partir de la información procedente de las series foronómicas obtenidas en las estaciones de aforo como la avenida de 2,33 años de periodo de retorno, y la geometría natural del terreno. En el caso del resto de ARPSIs, se ha considerado la información obtenida en los estudios geomofológicos relativos a la delimitación del DPHa y DPHb.

Finalmente, se ha estimado la Zona de Flujo Preferente como la envolvente de la Zona de Graves Daños (ZGD) y la Vía de Intenso Desagüe (VID) para T=100 años según la definición recogida en el Real Decreto 9/2008. En el caso de la ZGD se ha asociado el daño grave a la zona con calado superior a 1 m, velocidad superior a 1 m/s o al producto de calado por velocidad superior a 0,5 m²/s. En el caso de la VID se ha impuesto como condición la no ocurrencia de una sobreelevación superior a 30 cm por obstrucción de las llanuras de inundación, considerando una merma de la capacidad de transporte igual en cada margen.

3.5.- Información gráfica

Como resultado de los trabajos anteriores, se han confeccionado para cada ARPSI una ficha resumen que contiene las principales características de la zona delimitada en la EPRI así como los siguientes planos:

- Mapas de calados para alta, media (periodo de retorno 100 años) y baja probabilidad.
- Zonas inundables para alta, media (periodo de retorno 100 años) y baja probabilidad.
- Zona de Flujo Preferente según la definición recogida en el Real Decreto 9/2008 y obtenida como envolvente de la Zona de Graves Daños y la Vía de Intenso Desagüe para T=100 años.
- Estimación indicativa de los cauces públicos junto con sus Zonas de Servidumbre y Policía.

4.- MAPAS DE RIESGO

4.1.- Objetivos

El principal objetivo de los mapas de riesgo es aportar la información fundamental para la elaboración de los futuros planes de gestión del riesgo. Por tanto, el alcance y contenido de esta cartografía está condicionado por el de los planes de gestión dentro del marco establecido por la Directiva 2007/60/CE relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación y su trasposición a la normativa estatal mediante el Real Decreto 903/2010, de *"Evaluación y Gestión de los Riesgos de Inundación"*.

Los mapas de riesgo servirán, además, para poder estimar los daños asociados a inundaciones, tanto en lo concerniente a salud humana como en lo relativo a medio ambiente, patrimonio cultural y actividad económica, de tal forma que proporcionen *"una base adecuada para el establecimiento de prioridades y toma de decisiones adicionales de índole técnica, económica y política, relativas a la gestión del riesgo (...)"* tal y como se indica en las Consideraciones Iniciales de la Directiva de Inundaciones en su número 12. De esta forma, se podría valorar y priorizar medidas dentro de un ARPSI, así como realizar una comparativa entre diferentes ARPSIs.

Estos mapas son la base para que las autoridades de Protección Civil, en su caso, indiquen a nivel local las medidas de autoprotección, evacuación, etc. siempre desarrollados en los planes específicos de Protección Civil.

La cartografía asociada se presentará en visores cartográficos a través de Internet (Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables).

Por consiguiente, cabe indicar que la metodología seguida cumple lo establecido por la Directiva y su transposición, y se entiende, que como primer paso a la hora de avanzar hacia los Planes de Gestión se podría hacer una estimación global del riesgo de cada ARPSI para:

- Informar del riesgo de inundación existente, especialmente en cantidades monetarias, de tal forma que se facilite la implantación posterior de las medidas necesarias para su minimización.
- Poder priorizar y analizar la rentabilidad de las medidas a implantar favoreciendo la elección de aquellas "mejores prácticas" y "mejores tecnologías disponibles" que no entrañen costes excesivos en el ámbito de la gestión futura del riesgo de inundación, tal y como se indica en la Consideración Inicial número 18 de la Directiva de Inundaciones. (Dentro de estas medidas, se incluye la facilitación a la población de información acerca de la existencia de zonas de riesgo así como de sus características específicas).

4.2.- Contexto normativo

El riesgo frente a inundaciones se establece en función de la vulnerabilidad del mismo y la peligrosidad a la que está expuesto. De esta forma, el riesgo en un área determinada se calcula valorando la relación existente entre vulnerabilidad y peligrosidad para la superficie de la zona inundable. En definitiva, ha sido preciso analizar la peligrosidad de la inundación y el uso del suelo existente en el terreno afectado, el cual llevará intrínseco una vulnerabilidad determinada puesto que la cobertura (atendiendo a su actividad, población, patrimonio cultural y zonas protegidas con especial relevancia ambiental), y su valoración económica, condicionarán el total del riesgo.

Atendiendo a lo que se recoge en la Directiva de Inundaciones, los mapas de riesgo de inundación *"mostrarán las consecuencias adversas potenciales asociadas a la inundación en los escenarios indicados en el apartado 3, expresadas mediante los parámetros siguientes:*

- a) Número indicativo de habitantes que pueden verse afectados;*
- b) Tipo de actividad económica de la zona que puede verse afectada;*
- c) Instalaciones a que se refiere el anexo I de la Directiva 96/61/CE del Consejo relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación que puedan ocasionar contaminación accidental en caso de inundación y zonas protegidas que puedan verse afectadas indicadas en el anexo IV, punto 1, incisos i), iii) y v) de la Directiva 2000/60/CE."*

Estos "*escenarios indicados en el apartado 3*" de la Directiva, son los periodos de retorno asociados a diferentes probabilidades de ocurrencia de inundaciones (alta, media y baja).

En relación con la población, se incluirán los habitantes en el término municipal y una estimación de los residentes en la zona inundable.

El tipo de actividad económica quedaría consignado por los usos del suelo, clasificados en distintas categorías, a cada una de las cuales se otorgará un valor del riesgo por m².

Las "*Instalaciones a que se refiere el anexo I de la Directiva 96/61/CE del Consejo relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación*" pertenecerán a un mismo conjunto de información y son las siguientes:

- i. Instalaciones de combustión;*
- ii. Producción y transformación de metales;*
- iii. Industrias minerales;*
- iv. Industria química;*
- v. Gestión de residuos;*
- vi. Otras actividades (determinados volúmenes o casos de: fabricación de pasta de papel o cartón y/o su tratamiento previo, tintado de textiles, curtido de cuero, mataderos, fabricación de productos alimenticios, tratamiento y transformación de leche, tratamiento de desechos animales, cría intensiva e instalaciones para el tratamiento de superficie de materiales, de objetos o productos con utilización de disolventes orgánicos).*

En relación con las áreas de especial influencia ambiental, es decir, las "*zonas protegidas que puedan verse afectadas indicadas en el anexo IV, punto 1, incisos i), iii) y v) de la Directiva 2000/60/CE*", el anexo IV de la Directiva Marco del Agua, en su punto 1, concreta estas áreas en:

- i. Zonas designadas para la captación de agua destinada al consumo humano, según el artículo 7.*

Se trata de captaciones de más de 10 m³/día o que abastezcan a más de 50 personas y masas de agua destinadas a ello en el futuro.

- ii. *Masas de agua de uso recreativo, incluidas zonas declaradas como "aguas de baño" en la Directiva 76/160/CEE.*
- iii. *Zonas designadas para la protección de hábitats o especies cuando el mantenimiento o la mejora del estado de las aguas constituya un factor importante de su población, incluidos los puntos Natura 2000 pertinentes designados en el marco de la Directiva 97/62/CE y la Directiva 79/409/CEE.*

En España, la transposición de esta Directiva, dio lugar a la incorporación al marco legislativo español del Real Decreto 903/2010, de "Evaluación y Gestión de los Riesgos de Inundación". Inspirado en este proceso, también cabe destacar la modificación del Real Decreto 849/1986, del 11 de abril, del Reglamento del Dominio Público Hidráulico mediante el Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, que establecía cambios en la definición del cauce y la regulación de las zonas de servidumbre, policía y zonas inundables y la creación del Sistema Nacional de cartografía de Zonas Inundables (SNCZI).

En el Real Decreto 903/2010 se incluyen íntegros los apartados a) y b) de la Directiva, se detalla el apartado c) y se añaden dos nuevos, tal y como se muestra a continuación:

- a) *Número indicativo de habitantes que pueden verse afectados;*
- b) *Tipo de actividad económica de la zona que puede verse afectada;*
- c) *Instalaciones a que se refiere el anexo I de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de Prevención y Control Integrado de la Contaminación que puedan ocasionar contaminación accidental en caso de inundación así como las estaciones depuradoras de aguas residuales;*
- d) *Zonas protegidas para la captación de aguas destinadas al consumo humano, masas de agua de uso recreativo y zonas para la protección de hábitats o especies que pueden resultar afectadas;*
- e) *Cualquier otra información que se considere útil, como la indicación de zonas en las que puedan producirse inundaciones con alto contenido de sedimentos transportados y flujos de derrubios e información sobre otras fuentes importantes de contaminación, pudiendo también analizarse la infraestructura viaria o de otro tipo que pueda verse afectada por la inundación.*

4.3.- Estimación de la población afectada

En el artículo 6 de la Directiva 2007/60/CE, en su punto 5, se indica que deberá incluirse el “número indicativo de habitantes que pueden verse afectados”.

Por tanto, se ha realizado el cálculo de la población afectada por la inundación para cada probabilidad estudiada, mediante la información de densidad poblacional proporcionada por la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA). Los resultados para cada ARPSI se presentan en las Fichas Resumen.

4.4.- Estimación de las actividades económicas afectadas

También se indica, en el artículo 6 de la Directiva de Inundaciones, en su punto 5, que será preciso incluir el “tipo de actividad económica de la zona que puede verse afectada”.

La información relativa a la actividad económica se ha clasificado en las siguientes categorías generales, marcadas por la Comisión Europea.

Categoría en Mapa de riesgo nacional
Urbano concentrado
Urbano disperso
Asociado a urbano
Infraestructura social
Terciario
Industrial concentrado
Industrial disperso
Agrícola-Secano
Agrícola-Regadío
Otros usos rurales
Forestal
Infraestructuras: carreteras
Infraestructuras: ferrocarriles
Infraestructuras aeroportuarias
Infraestructuras: energía
Infraestructuras: Comunicaciones
Infraestructuras hidráulico-sanitarias
Infraestructuras: Residuos
Masas de agua
Otras áreas sin riesgo

Tabla 3. Categorías de los mapas de riesgo

Para clasificar los usos del suelo se ha partido de la información suministrada por SIOSE, atendiendo a los porcentajes mayoritarios de usos correspondientes a cada polígono, y comprobando la idoneidad

de la categoría asignada mediante visualización con las ortofotografías del PNOA. Sin embargo, no toda la información puede obtenerse de SIOSE y PNOA, por lo que ha sido necesario utilizar la capa de la Base topográfica Nacional 1:25.000 (BTN-25) para complementar alguno de los usos económicos, en especial las edificaciones.

Finalmente, como resultado de integrar la información de todas estas fuentes, se ha obtenido una capa de información para cada una de las probabilidades estudiadas, constituida por todos los polígonos de usos del suelo que conforman la zona inundable, caracterizados por la categoría de uso de suelo que marca la Comisión Europea.

4.5.- Puntos de especial importancia y áreas protegidas ambientalmente

En este apartado se han incluido aquellas zonas susceptibles de ser inundadas que o bien implican un riesgo añadido por el desarrollo de su actividad o bien suponen un daño al patrimonio cultural o a ciertas áreas de especial relevancia ambiental y/o importantes para las labores de protección civil.

Para incluir estos aspectos en los mapas de riesgo, se han elaborado dos capas de información, una de puntos (instalaciones) y otra de polígonos (áreas protegidas), como consecuencia de los diferentes datos de partida disponibles. En la tabla a continuación se detalla qué información se ha incluido en cada una de estas capas.

Puntos de especial importancia	Áreas de importancia medioambiental
Instalaciones industriales a que se refiere el Anejo I de la ley 16/2002, de IPPC	Zonas protegidas para la captación de aguas destinadas al consumo humano
Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR)	Masas de agua de uso recreativo
Patrimonio Cultural	Zonas para la protección de hábitats o especies
Vías de comunicación afectadas	Masa de aguas de la Directiva Marco del Agua

Tabla 4. Capas indicativas de las zonas de especial relevancia

Esta información ha sido incluida tanto en los mapas de riesgo como en las fichas resumen de cada una de las ARPSI.

4.6.- Información gráfica

Como resultado de los trabajos anteriores, se han confeccionado para cada ARPSI una ficha resumen que contiene las principales características de la zona delimitada en la EPRI así como los siguientes planos:

- Mapa de riesgo de actividades económicas afectadas y puntos de importancia ambiental para alta, media (periodo de retorno 100 años) y baja probabilidad de inundación.