

RECOMENDACIONES PARA LA **CONSTRUCCIÓN Y REHABILITACIÓN** DE **EDIFICACIONES** EN ZONAS INUNDABLES



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA

RECOMENDACIONES PARA LA **CONSTRUCCIÓN Y REHABILITACIÓN** DE **EDIFICACIONES** EN ZONAS INUNDABLES

Octubre 2019



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA

Madrid, 2019

Dirección y coordinación:

D. Francisco Javier Sánchez Martínez¹

D^a Mónica Aparicio Martín¹

Elaboración y redacción:

D^a. Alba Núñez Collado²

D^a. Ana Salgado Cámara²

D. Daniel Martín Anta²

D. Ignacio Prieto Leache²

D. Javier Montoya Rodríguez²

D. Pablo Ferreiro Gómez²

D^a. Mari Feli Fernández García²

D. Víctor Soler Gómez²

¹ Dirección General del Agua. Subdirección General de Gestión Integrada del Dominio Público Hidráulico.

² TRAGSATEC. Grupo TRAGSA.

Agradecimientos:

Sergio Arza López - Tragsatec. Ingeniero de montes.

Ramón Garitano - Arquitecto.

IMPAR arquitectos.

Nicolas Bauduceau / CEPRI.

Imagen de portada: Desbordamiento del río Ouro el 14 de diciembre de 2012. Fuente: Augas de Galicia.
Xunta de Galicia. Consellería de Infraestruturas e Mobilidade.

Las imágenes han sido realizadas por:

Confederación Hidrográfica del Cantábrico: fig. 1

Confederación Hidrográfica del Júcar: fig. 43

Elaboración propia: figs. 6, 8, 10-17, 20, 22-26, 36-38

Eric Daniel-Lacombe Arquitectos: figs. 32-34

Google maps. Google, Imágenes © 2019 CNES / Airbus, Gobierno de Navarra, Instituto Geográfico Nacional,

Maxar Technologies: fig. 39

Google maps. Google, Imágenes © 2019 Gobierno de Navarra, Instituto Geográfico Nacional,

Maxar Technologies: fig. 41

Guía Para La Reducción de la Vulnerabilidad de los Edificios Frente a las Inundaciones. MITECO y Consorcio
de Compensación de Seguros: fig. 18

Hospital Recoletas Cuenca: figs. 44-46

Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO): fig. 9

Ramón Garitano Arquitectos: figs. 27-31

Tragsatec: figs. 2-5, 7, 19, 21, 35, 40, 42



MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA

Edita:

© Ministerio para la Transición Ecológica

Secretaría General Técnica

Centro de Publicaciones

Diseño y maquetación: Tragsatec. Grupo Tragsa

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:

<http://publicacionesoficiales.boe.es/>

NIPO: 638-18-029-X

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
1. PLANTEAMIENTO DE LA GUÍA	8
1.1. Introducción	6
1.2. Objetivos	9
1.3. Conceptos básicos	9
1.3.1. ¿Qué es una inundación? Tipos y aspectos relacionados	9
1.3.2. Riesgo de inundación	12
1.3.3. Zonificación del espacio fluvial y limitaciones	13
2. PROBLEMÁTICA: DAÑOS Y CONSECUENCIAS	14
2.1. Daños estructurales	15
2.2. Daños constructivos y estéticos	16
2.3. Daños al contenido	16
2.4. Daños funcionales	16
2.5. Daños relacionados con el entorno	17
2.5.1. Daños en el entorno inmediato	17
2.5.2. Daños en la propia edificación desde el entorno	17
2.6. Daños a largo plazo	18
3. CRITERIOS DE DISEÑO EN EDIFICIOS DE NUEVA CONSTRUCCIÓN	19
3.1. Criterios para la situación en la parcela	19
3.2. Criterios generales	23
3.2.1. Elevación de la edificación	24
3.2.2. Materiales	25
3.2.3. Instalaciones	27
3.2.4. Aberturas	28
3.2.5. Organización espacial y distribución	28
3.2.6. Otras consideraciones de diseño	30
3.3. Criterios constructivos	31
3.3.1. Muros	31
3.3.2. Fachadas	32
3.3.3. Suelos	33
3.3.4. Impermeabilización	33
3.3.5. Encuentros constructivos bajo el nivel máximo de inundación	34
3.3.6. Huecos	35
3.3.7. Detalle sobre instalaciones	36

3.4.	Ejemplos prácticos de diseño	40
3.4.1.	Paseo del Arga (Pamplona) – Viviendas de protección oficial.	40
3.4.2.	Nuevo distrito Matra en Romorantin (Francia)	42
3.5.	Decálogo de recomendaciones y checklist para edificios nuevos	43
4.	CRITERIOS DE ACTUACIÓN EN EDIFICIOS EXISTENTES	46
4.1.	Evitar	46
4.1.1.	Taludes y movimientos de tierra	46
4.1.2.	Diques y muros estancos	46
4.1.3.	Barreras temporales	48
4.2.	Resistir	49
4.2.1.	Impermeabilización	49
4.2.2.	Protección de huecos	50
4.3.	Tolerar	51
4.3.1.	Organización espacial y distribución	51
4.3.2.	Accesos y espacios seguros	52
4.3.3.	Instalaciones de fontanería y saneamiento	53
4.4.	Retirar	53
4.4.1.	Elevar el edificio	53
4.4.2.	Traslado o demolición	53
4.5.	Ejemplos prácticos	54
4.5.1.	Actuaciones para evitar inundaciones	54
4.6.	Decálogo de recomendaciones	57
5.	GESTIÓN DE LA INUNDACIÓN	60
6.	FICHAS SINTÉTICAS DE LOS CASOS PRÁCTICOS	61
7.	REFERENCIAS	64
	Bibliografía	64
	Direcciones web de interés	68
	Direcciones web de empresas que suministran sistemas anti-inundación	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Inundación fluvial en zona urbana. Río Sella en Arriondas, Asturias (2010)	8
Figura 2. Inundación pluvial	10
Figura 3. Inundación fluvial	10
Figura 4. Inundación marina	10
Figura 5. Afección inundación fluvial a edificio	11
Figura 6. Descripción de los tres elementos que componen la caracterización del riesgo	12
Figura 7. Alturas alcanzadas en diferentes inundaciones	14
Figura 8. Presión hidrostática	15
Figura 9. Zonas de inundabilidad del río Arga a su paso por San Jorge y Rochapea, sobre cartografía catastral según el SNCZI	18
Figura 10. Alineación con respecto al flujo	20
Figura 11. Criterio de diseño: transparencia hidráulica y protecciones en parcela	20
Figura 12. Criterio de implantación en parcela	21
Figura 13. Posibles modificaciones del entorno	21
Figura 14. Problemas en topografía y posibles soluciones	22
Figura 15. Modificaciones de la topografía	22
Figura 16. Problemas en topografía y posibles soluciones	24
Figura 17. Problemas en topografía y posibles soluciones	25
Figura 18. Medidas preventivas en vivienda unifamiliar (electricidad, gas, saneamiento)	27
Figura 19. Materiales y aberturas resistentes en cota inundable	28
Figura 20. Ejemplo de diseño de huecos de entrada de agua en una edificación	30
Figura 21. Esquema de funcionamiento de una vivienda flotante o anfibia	31
Figura 22. Esquema de impermeabilización en muros (izquierda). Esquema de impermeabilización de muros y fachada (derecha)	32
Figura 23. Esquema de impermeabilización en fachada ventilada (izquierda). Esquema de impermeabilización de suelo (derecha)	33
Figura 24. Encuentros de la fachada o muro con el forjado bajo el nivel máximo de inundación	34
Figura 25. Encuentros del muro de sótano con el solado o losa de cimentación, y sellado de muros	35
Figura 26. Juntas de estanqueidad en carpintería; barreras de protección móvil en ventana y escaparatés	36

Figura 27. Tramo del Parque Fluvial entre Pasarela los Tubos y Puente de San Pedro	40
Figura 28. Viviendas de Protección Oficial en Rochapea, Pamplona	41
Figura 29. Medidas de contención: Zócalo de hormigón armado estructural y barrera metálica hidráulica	41
Figura 30. Protección cimentaciones con bentonita	41
Figura 31. Acceso a garaje con tramo inicial ascendente	42
Figura 32. Sección transversal de viviendas/espacios públicos ilustrando el concepto de "Transparencia Hidráulica"	42
Figura 33. Esquema de "Transparencia Hidráulica" y tipologías de edificación y espacios públicos en el proyecto urbanístico de Matra (Romorantin-Lathenay)	43
Figura 34. Sección constructiva de Tipología de vivienda A junto al río Sauldre (izquierda). Plataforma peatonal transitable, elevada a una cota superior a 1,50 m (derecha)	43
Figura 35. Muro estanco de protección	47
Figura 36. Soluciones de impermeabilización	49
Figura 37. Desplazamiento de hueco por encima de cota de inundación	50
Figura 38. Elevación de usos: sótano inundable o relleno	52
Figura 39. Parque fluvial del río Arga (tramo Rochapea y Runa II)	54
Figura 40. Motas entre el río Arga y la primera línea de edificación	55
Figura 41. Rotondas vegetadas. San Jorge y Rochapea, Pamplona	55
Figura 42. Protección de accesos, aberturas y rejillas de ventilación. Pamplona	55
Figura 43. Proyecto de actuaciones río Jucar	56
Figura 44. Vista en planta de la intervención en el hospital de Cuenca	56
Figura 45. Sección tipo de movilización de mota en margen del hospital	57
Figura 46. Sección general en zona hospitalaria	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clases de materiales resistentes al agua (descripción y ejemplos). Fuente: Guía Estadounidense FEMA: Technical Bulletin 2, (2008)	26
Tabla 2. Resumen de los elementos o conceptos a tener en cuenta a la hora de diseñar nuevos edificios en zona inundable	45
Tabla 3. Tabla resumen de los elementos de contención	48
Tabla 4. Tabla resumen de medidas de elevación	52
Tabla 5. Resumen de los elementos o conceptos a tener en cuenta a la hora de diseñar nuevos edificios en zona inundable.	59

1. PLANTEAMIENTO DE LA GUÍA

1.1. Introducción

En España, el fenómeno natural que ha provocado los daños personales y materiales más graves son las inundaciones. Según el Consorcio de Compensación de Seguros (CCS) y la Dirección General de Protección Civil y Emergencias (DGPCyE), cada año se registran una media de 10 episodios de inundación graves en España. Además, el Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO) estima que alrededor de 3 millones de españoles viven en zonas de alto riesgo de inundación identificadas en los trabajos de implantación de la Directiva de Inundaciones.

Las inundaciones, al ser fenómenos de origen natural, no pueden ser evitadas. Por lo tanto, es importante aprender a convivir con ellas y, también, a realizar un ejercicio de adaptación que permita reducir la vulnerabilidad de los elementos expuestos para disminuir el riesgo asociado.

Este es uno de los principales objetivos de la normativa comunitaria de referencia en este contexto, la Directiva 2007/60/CE relativa a la evaluación y la gestión de los riesgos de inundación. En base a ella, se crean nuevos instrumentos de gestión que permiten reducir las posibles consecuencias de las inundaciones desde la actuación coordinada de todas las administraciones implicadas y la sociedad. Su transposición al ordenamiento jurídico español, el Real Decreto 903/2010, comparte el mismo objetivo.



Figura 1. Inundación fluvial en zona urbana. Río Sella en Arriondas, Asturias (2010).

Para ello, la Directiva de Inundaciones obliga a los Estados miembros a su implantación en tres fases consecutivas de actuación: Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI), elaboración de los Mapas de Peligrosidad y de Riesgo de Inundación (MAPRI) y redacción de los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI). Estas fases tienen carácter cíclico, por lo que los trabajos asociados deben ser revisados cada seis años.

La última fase supone la adopción y ejecución (de acuerdo con las competencias de cada Administración) de una serie de medidas escogidas específicamente para cada una de las zonas con riesgo estudiadas en las anteriores fases, según sus características de peligrosidad y riesgo y las particularidades de la cuenca. Estas medidas se recogen en los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRIs), herramienta clave para lograr los objetivos de gestión del riesgo de las zonas identificadas en la EPRI de cada Demarcación.

Entre otras, los PGRIs establecen, como una de las medidas a ejecutar, la necesidad de adaptar los elementos situados en las zonas inundables para reducir las consecuencias adversas en viviendas, edificios públicos, redes, etc. durante los episodios de avenida.

Es importante mencionar que uno de los instrumentos puestos en marcha para apoyar la gestión del espacio fluvial, la prevención de riesgos, la planificación territorial y la transparencia administrativa, es el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI). Su eje central es el visor cartográfico de zonas inundables, que permite visualizar los estudios de delimitación de Dominio Público Hidráulico y los estudios de cartografía de zonas inundables a toda persona interesada en conocer el riesgo de inundación de una vivienda o terreno urbanizable.

En definitiva, aparte de disponer de normativa que facilite herramientas para gestionar el riesgo de forma coordinada, el diseño urbano y edificatorio también debe evolucionar hacia planteamientos o ideas que permitan mejorar la resiliencia de los elementos y prepararlos para afrontar los futuros condicionantes climatológicos.

1.2. Objetivos

El objetivo principal de esta guía es exponer los **distintos criterios y recomendaciones constructivas** para las nuevas edificaciones en zona inundable, además de presentar opciones de rehabilitación y mejora de los edificios ya construidos.

Entre otros objetivos, también trata de:

1. **Sensibilizar** a técnicos y sociedad sobre la ineludible convivencia con este tipo de eventos.
2. **Concienciar** a la sociedad y a los técnicos implicados de la importante relación directa existente entre el diseño de un edificio y su posible vulnerabilidad frente a inundaciones.
3. **Exponer** la causa y las consecuencias de las avenidas en un edificio y orientar sobre las distintas medidas a implantar para reducir la vulnerabilidad.
4. **Informar** de las herramientas disponibles para identificar el riesgo de inundación de un edificio.

1.3. Conceptos básicos

A continuación se presentan algunos conceptos fundamentales para la adecuada comprensión y seguimiento de esta guía.

1.3.1. ¿Qué es una inundación? Tipos y aspectos relacionados

La Directiva de Inundaciones define una inundación como “cubrimiento temporal por agua de una tierra que normalmente no se encuentra cubierta”. Es decir, la ocupación por el agua de zonas habitualmente libres como consecuencia de lluvias torrenciales, desbordamiento de cauces, deshielo, subida de mareas, etc. o una combinación de varias.

Las inundaciones naturales son principalmente de dos tipos: continentales (anegamiento por aguas dulces, ya sean fluviales o pluviales) y costeras (afección por aguas marinas). Los principales tipos de inundación estudiadas en el contexto del SNCZI son las siguientes:

Inundaciones fluviales: Causadas por el desbordamiento de ríos o arroyos cuando el caudal circulante supera la capacidad del cauce, como consecuencia de lluvias intensas o deshielos, principalmente.

Inundaciones pluviales: Originadas por precipitación intensa en zonas con dificultades de drenaje superficial. No tienen vinculación directa con la red de cauces, sino que se producen por la incapacidad del terreno para drenar grandes cantidades de lluvia.

Inundaciones marinas: Producidas por el aumento del nivel del mar o la acción del oleaje en momentos de temporal.

- **Zonas inundables**

Cuando se habla de eventos de inundación, ya se trate de fluvial, pluvial o marino, es necesario entender que supone la existencia de unas **zonas inundables** asociadas. Se trata de un concepto introducido por el Texto Refundido de la Ley de Aguas (artículo 11), definido como “los terrenos que pueden resultar inundados durante las crecidas no ordinarias de los lagos, lagunas, embalses, ríos o arroyos”.

A su vez, la modificación del Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RD 638/2016), en su artículo primero modifica el apartado 1 del artículo 14 con la siguiente redacción: “Se considera zona inundable los terrenos que puedan resultar inundados por los niveles teóricos que alcanzarían las aguas en las avenidas cuyo periodo estadístico de retorno sea de 500 años, atendiendo a estudios geomorfológicos, hidrológicos e hidráulicos, así como de series de avenidas históricas y documentos o evidencias históricas de las mismas en los lagos, lagunas, embalses, ríos o arroyos”.

La extensión de la zona inundable depende principalmente del caudal de agua circulante (superior al máximo posible circulante por el cauce) y de la topografía y usos del suelo del terreno, los cuales condicionan los calados y velocidades de la inundación, entre otros factores.

Para un mismo caudal y sección de cauce, la extensión de la zona inundable en la llanura de inundación será mayor pero de menor calado y velocidades en aquellas zonas planas, de vega, sin desnivel y sin obstáculos a la corriente, mientras que en caso de zonas encajadas o montañosas, la extensión será menor pero de mayor calado y velocidad. Esto es de especial interés a la hora de valorar la peligrosidad asociada a una avenida, ya que para una misma tipología de edificación, puede haber mayor riesgo en el segundo caso.



Figura 2. Inundación pluvial.



Figura 3. Inundación fluvial.



Figura 4. Inundación marina.

- **Velocidad y calado. Relación**

El **calado** es uno de los factores clave en el grado de afección de la inundación que debe ser considerado a la hora de diseñar edificios resilientes. Los espacios, objetos y materiales que se puedan ver afectados por la presencia del agua deberán estar por encima del calado o profundidad de la inundación. Los daños aumentan significativamente cuando el agua supera el nivel del solado de la primera planta habitable.

Además, también es importante tener en cuenta como premisa de diseño el calado en el exterior de un edificio, que puede ser incluso diferente al calado interior, generando fuerzas hidrostáticas horizontales sobre los cerramientos.

La **velocidad** de inundación es la velocidad de desplazamiento del agua durante un episodio de avenida. Al igual que los calados, depende de varios factores. Puede provocar diversos daños asociados más allá del incremento de los esfuerzos por sobrepresión en construcciones e infraestructuras, provocados por el arrastre de objetos de grandes dimensiones, la erosión de terrenos y la destrucción de áreas de cultivo.

El arrastre de vehículos, rocas y otro tipo de objetos crea una situación adicional de peligrosidad por efecto ariete contra las edificaciones, paramentos, vehículos o personas. Los materiales arrastrados, a su paso por puentes, pasos subterráneos o edificaciones, pueden llegar a acumularse formando diques eventuales que elevan puntualmente el nivel del agua de forma rápida y violenta, multiplicando los efectos destructivos en el momento de su rotura. Todo ello queda potenciado por la modificación de la permeabilidad en superficies urbanas (asfalto, hormigón o cualquier otro tipo de material que no sea terreno natural drenante, al impedir la reducción del volumen de agua por absorción natural e infiltración).

Pueden encontrarse mayores velocidades en zonas del cauce exteriores a la corriente en ríos de carácter meandriforme, que suelen derivar en fenómenos de erosión. En casos especialmente graves, pueden provocar daños en edificios ubicados próximos a la margen del río al desestabilizar el terreno sobre el que se asientan. También se observan altas velocidades del agua al discurrir por calles de cascos urbanos de elevada pendiente, pudiendo incidir negativamente en edificios que obstaculicen su recorrido.

Las edificaciones no están habitualmente dimensionadas para soportar estos aumentos bruscos y puntuales de acciones tales como grandes cargas horizontales por aumento de cauces o incluso lavado del terreno y el sistema de cimentación.

La suma de estos factores: aumento repentino de la velocidad del agua, aumento del caudal o del producto de ambos, incrementa notablemente la afección de la inundación.



Figura 5. Afección inundación fluvial a edificio.

- **Periodo de retorno**

Es un término utilizado como consecuencia de la aleatoriedad de los eventos de precipitación o avenidas, ya que para estudiarse su evolución y predicción es necesario realizar una aproximación desde conceptos estadísticos.

En este sentido, para una avenida concreta de una magnitud determinada, se puede relacionar el periodo de retorno con la probabilidad de que ese caudal de avenida sea igualado o superado en un año, siendo igual a la inversa de dicha probabilidad. Por ejemplo, para el periodo de retorno de 100 años, esa probabilidad será igual a $1/T = 1/100 = 0,01$. Es decir, existe un 1% de probabilidad de que un año se supere ese valor de caudal y un 99% de probabilidad de que no se supere.

Dicho de otra forma, también podría definirse como la media a largo plazo del tiempo o número de años que separa una crecida de una magnitud concreta de una segunda avenida de magnitud igual o superior. Esto supone decir que el caudal correspondiente a un periodo de retorno de 100 años, se superará, en término medio, una vez cada 100 años, pero no implica que no puedan producirse dos o más avenidas de igual o superior magnitud en un periodo de tiempo inferior, al ser un concepto estadístico.

- **Tiempo de permanencia de la inundación**

Es el tiempo que permanece el agua en un edificio o terreno inundado. Cuanto mayor sea el tiempo de permanencia alrededor del edificio, mayor será el daño y las consecuencias: los elementos constructivos sufrirán un mayor deterioro y la probabilidad de que el agua consiga entrar en los edificios será mayor. Lo mismo sucede con las inundaciones en el interior del edificio, ya que un tiempo de permanencia mayor implica daños constructivos más graves.

- **Transporte o caudal sólido**

La carga sólida transportada durante la inundación representa un peligro importante, tanto para la población como para la estructura y cerramientos de los edificios, ya sea por impacto directo o por acumulación. En consecuencia, el diseño de los edificios debe permitir minimizar y prevenir, en la medida de lo posible, el transporte sólido y ser capaz de resistir los potenciales impactos.

1.3.2. Riesgo de inundación

Para analizar las posibles opciones que permitan reducir el impacto de una avenida sobre un edificio es necesario analizar el riesgo existente.

Tal y como recoge la Directiva de inundaciones, el riesgo de inundación se define como la "combinación de la probabilidad de que se produzca una inundación y de las posibles consecuencias negativas para la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio cultural y la actividad económica, asociadas a una inundación". Depende de tres variables: la peligrosidad, la exposición y la vulnerabilidad.

PELIGROSIDAD X	Probabilidad de que ocurra una inundación en un intervalo de tiempo determinado. Se evalúa la frecuencia, la intensidad y la magnitud de la inundación.
EXPOSICIÓN X	Conjunto de personas o elementos expuestos a una posible inundación en una zona y período de tiempo determinado.
VULNERABILIDAD =	Condiciones y características de las personas y edificios expuestos a la inundación. Depende de las condiciones ambientales, sociales, económicas y administrativas de las personas y elementos expuestos.
RIESGO	Posibilidad de daños potenciales que pueden sufrir las personas, los bienes, los edificios, los equipamientos y servicios, etc. debido a una inundación.

Figura 6. Descripción de los tres elementos que componen la caracterización del riesgo.

Es necesario tener en cuenta que no siempre una alta peligrosidad implica un elevado nivel de riesgo. Este sería el caso de una avenida de periodo de retorno de 500 años que afectase una gran extensión de terreno con un calado superior a 1,5 metros en una zona de pastos o forestal de bajo valor económico o ambiental. En este caso, el riesgo sería bajo o nulo. Por el contrario, también podría darse el caso de una inundación de bajo periodo de retorno que afectase de forma recurrente un hospital o una residencia de ancianos. En este caso, el riesgo se consideraría alto.

Para poder evaluar el riesgo de inundación de un edificio es necesario conocer todos los datos anteriormente citados. Existen diversas fuentes para consultar esta información, como son: el propio SNCZI, el Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas (CNIH), hemerotecas, archivos históricos, bibliotecas, estadísticas elaboradas por distintos organismos, encuestas a la población, fuentes documentales, etc.

1.3.3. Zonificación del espacio fluvial y limitaciones

El texto refundido de la Ley de Aguas y el RDPH definen y regulan las zonas asociadas al cauce de los ríos y las limitaciones a los usos del suelo en dichas zonas, siendo el RDPH el que establece ciertos criterios constructivos en los casos en los que se permita la realización de nuevas edificaciones de carácter residencial.

Entre otros criterios, los usos residenciales de las edificaciones se dispondrán a una cota tal que no se vean afectadas por las avenidas y podrán disponer de garajes subterráneos y sótanos, siempre que se garantice la estanqueidad del recinto en situación de avenidas.

Todo ello queda reflejado en la [Guía Técnica de apoyo a la aplicación del RDPH](#) en las limitaciones a los usos del suelo en las zonas inundables de origen fluvial, aprobada por Instrucción de la Directora General del Agua, y en la página web del Ministerio para la Transición Ecológica ([Usos de suelos en zonas inundables](#)).

2. PROBLEMÁTICA: DAÑOS Y CONSECUENCIAS

Los principales elementos de peligrosidad de crecidas e inundaciones, ya definidos por Dunne, T. and Leopold, L. B. en 1978 (Water in environmental planning. San Francisco: W. H. Freeman), son:

- El origen de la crecida (precipitación intensa y fusión nival como causas naturales).
- El tipo de curso fluvial en que nos encontremos (gran río, curso de montaña, rambla, curso de recorrido corto...) y el tramo del mismo (curso alto, medio o bajo, tramo encajado, etc.).
- El volumen de la crecida y especialmente la altura máxima que alcanza el agua.
- La velocidad de propagación, la rapidez de subida de las aguas.
- La duración de la inundación.
- La época del año en que se produzca el evento.
- El área inundada o magnitud de la inundación.

Aunque destacan entre ellos la velocidad y el volumen de agua como principales causas de daños, es necesario tener en cuenta las posibles sinergias entre varios factores, multiplicando los efectos destructivos.

Las **consecuencias de la inundación de un edificio** pueden ser:

- Daños a **personas** o **animales**.
- Daños **estructurales** en el edificio que afectan a la estabilidad, deterioros de los elementos **constructivos** o **instalaciones** (pudiendo condicionar su **funcionalidad** y de los servicios que ofrece, especialmente relevante en servicios sanitarios y de emergencias), desperfectos **estéticos** (daños en revestimientos, elementos decorativos, etc.) o daños en el **entorno** (parcela o accesos).
- Daños al **contenido** del edificio: mobiliario, aparatos electrónicos, vehículos, etc. (especialmente relevante en museos, bibliotecas y archivos).
- Daños **medioambientales** y problemas **fitosanitarios**.



Figura 7. Alturas alcanzadas en diferentes inundaciones.



2.1. Daños estructurales

La estabilidad estructural de un edificio puede sufrir afectaciones por el nivel alcanzado por el agua, su salinidad o la saturación del suelo, entre otros factores.

- **Presión hidrostática:** La acumulación de agua genera presión horizontal sobre los muros y paramentos verticales. Cuanto mayor es el calado de la inundación, mayor es la carga que debe soportar el muro.

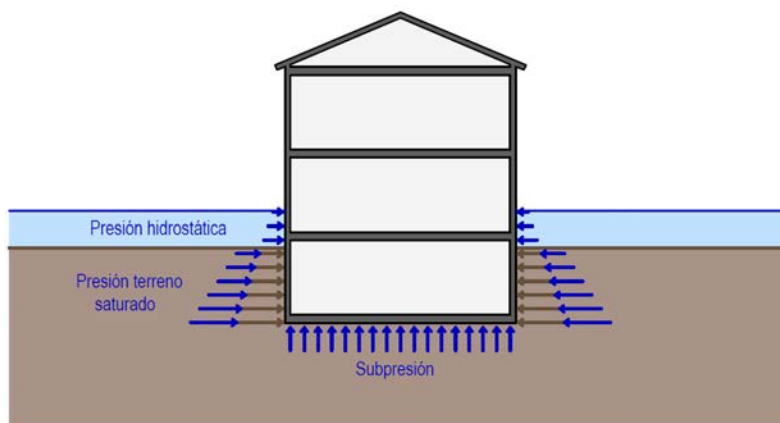


Figura 8. Presión hidrostática.

Además, la presión hidrostática vertical del suelo puede levantar el solado o la cimentación del edificio, aunque este fenómeno únicamente se produce cuando solo existe agua en un lado de la edificación. Cuando el agua entra en el edificio las consecuencias estructurales son distintas: la presión hidrostática horizontal se anula, pero se introduce una carga gravitatoria adicional que afecta a los elementos horizontales de la estructura (forjados y soleras), lo que puede provocar el colapso de la estructura.

- **Presión hidrodinámica:** El desbordamiento de un río genera corrientes de agua que circulan a gran velocidad. La estructura debe ser capaz de resistir los impactos dinámicos del agua.
- **Impactos:** El agua puede arrastrar mobiliario urbano, escombros e incluso vehículos, que pueden impactar contra la estructura y dañarla considerablemente.
- **Durabilidad:** Los minerales y las sales disueltas en el agua pueden afectar químicamente al material estructural. El contacto de elementos de hormigón armado con el agua puede provocar la corrosión del acero de armar y la consiguiente pérdida de capacidad resistente. Lo mismo sucede con los elementos metálicos desprotegidos. En estructuras de madera el aumento de la humedad provoca también la pérdida de resistencia del material. Cuando el elemento estructural está enterrado, inaccesible o revestido, estos daños quedan ocultos y las consecuencias a largo plazo pueden provocar la ruina del edificio.
- **Erosión:** La duración prolongada de la inundación, especialmente si hay movimientos dinámicos constantes, puede provocar la erosión del material estructural. Esto afecta principalmente a los muros de ladrillo y de bloque, donde la erosión puede eliminar una parte considerable del mortero de agarre.
- **Modificación de las características resistentes del terreno:** La variación del nivel de agua y humedad en el terreno puede alterar la capacidad resistente del terreno, especialmente en los terrenos cohesivos (arcillas y limos). La saturación de un terreno arcilloso puede provocar asientos diferenciales importantes que afecten a la estabilidad de la estructura.

La velocidad del agua puede provocar también la erosión y lavado del terreno, agravando los problemas estructurales, especialmente en la cimentación del edificio.

2.2. Daños constructivos y estéticos



Las inundaciones pueden provocar desperfectos constructivos y funcionales en elementos no estructurales, tales como paramentos verticales, revestimientos e instalaciones. Generalmente estos daños no afectan a la seguridad de las personas, pero implican una pérdida económica y una disminución de la funcionalidad. Encontramos:

- **Daños internos en fachadas y tabiques:** daños estéticos y resistentes en los cerramientos y particiones. Los elementos metálicos, tales como paneles sándwich o anclajes no protegidos, pueden corroerse y disminuir su capacidad portante.
- **Daños sobre revestimientos en fachadas y tabiquería:** desprendimiento de aplacados, desconchados, deterioros de material y manchas en enlucidos y enfoscados.
- **Afecciones a la estabilidad y funcionalidad del paramento vertical:** Colapso de fachadas y tabiques provocado por el impacto de elementos arrastrados, o por la merma de las características resistentes. El contacto prolongado con el agua afecta especialmente a la estabilidad de cerramientos de adobe o de madera, así como a los aislamientos térmicos.
- **Levantado de pavimentos:** Especialmente en suelos discontinuos y suelos continuos pegados, por afección al material de agarre. La presencia prolongada del agua provoca abombamientos y deformaciones, con elevada incidencia en pavimentos de madera. También se pueden producir humedades en las capas internas del pavimento (bases y sub-bases) que afloren una vez restaurada la capa superficial del pavimento.
- **Daños estéticos:** manchas permanentes de humedad, decoloración, desprendimiento y rotura de elementos ornamentales por disgregación o impacto.
- **Disfunción de instalaciones:** pueden producirse afecciones en instalaciones eléctricas (bombas, contadores, generadores, maquinaria de climatización y ventilación, etc.), colapso de la red de saneamiento por saturación u obstrucción, inutilización de la red de abastecimiento de agua o anulación de ascensores y montacargas, entre otros.

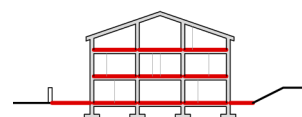
2.3. Daños al contenido



Una inundación que alcanza el interior del edificio ocasiona necesariamente daños en el contenido. En ocasiones, estos daños pueden ser más graves que los padecidos por el propio edificio, e incluso irreparables.

- **Daños a las personas.**
- **Daños materiales:** aparatos electrónicos, mobiliario, documentos, vehículos, etc.
- **Daños económicos:** En edificios comerciales, industriales o ganaderos, la pérdida del contenido representa una elevada pérdida económica.
- **Daños material sensible:** Bibliotecas, museos, juzgados, archivos, edificios sanitarios, instalaciones energéticas, ..., tienen contenido sensible que debe ser protegido ante las inundaciones.

2.4. Daños funcionales



Una inundación puede desencadenar la pérdida de funcionalidad del edificio durante y después del episodio.

- En **edificios de emergencias** como hospitales, policía, bomberos, etc. la pérdida de funcionalidad supone la interrupción de un servicio básico, especialmente necesario en la emergencia.

- La reubicación de los usuarios en edificios residenciales implica un **gasto económico adicional**.
- En edificios comerciales, industriales o de oficinas, la **inactividad prolongada** del negocio acarrea pérdidas económicas.
- La inundación puede además dejar **intransitables las vías de acceso** y evacuación de los edificios, anulando la posibilidad de respuesta en caso de emergencia.



2.5. Daños relacionados con el entorno

Entre las consecuencias de la inundación relacionadas con el entorno se distinguen dos tipos: los daños ocasionados en el propio entorno (parcela), y los daños a la edificación producidos por el propio entorno.

2.5.1. Daños en el entorno inmediato

Las zonas de la parcela donde no hay edificación suelen destinarse a jardines, urbanización, aparcamientos o zonas comunes. Los posibles daños pueden ser:

- Erosión y desgaste de terreno, pavimentos y zonas verdes de la parcela.
- Afección al mobiliario urbano, arbolado y vegetación.
- Contaminación y acumulación de escombros y sedimentos arrastrados por la inundación.
- Daños a vehículos.
- Modificación del nivel freático, que puede afectar a la estabilidad del terreno y a la salubridad.
- Daños en acometidas e instalaciones

2.5.2. Daños en la propia edificación desde el entorno

Los edificios situados en parcelas inundables pueden sufrir daños por:

- Impacto de los vehículos arrastrados desde aparcamientos en superficie, del mobiliario urbano, vegetación o terreno disgregado.
- Asientos diferenciales por derrumbamientos, desplazamientos de tierras y taludes o modificaciones de las características del terreno.
- Daños en los accesos a los edificios.

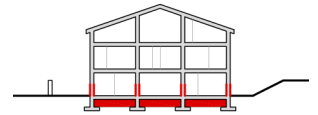
Como ejemplo para evitar estas situaciones, las edificaciones que se encuentran en zona inundable junto al río Arga, en Pamplona, han sido diseñadas atendiendo al plan urbanístico específico del paseo fluvial, que considera usos compatibles con la inundación, zonas de inundación que laminan la avenida o estudia la localización de aparcamiento, entre otros.



Figura 9. Zonas de inundabilidad del río Arga a su paso por San Jorge y Rochapea, sobre cartografía catastral según el SNCZI.

Por otro lado, también es necesario tener en cuenta que el propio edificio puede provocar daños ambientales en el entorno y que deben ser considerados en su diseño, como los posibles vertidos y contaminantes arrastrados desde edificios industriales, granjas, depuradoras, vertederos, almacenamiento de residuos, etc.

2.6. Daños a largo plazo



Además de los deterioros que se pueden identificar inmediatamente después de la inundación, se pueden producir daños cuyas consecuencias se perciban a largo plazo.

- **Corrosión** de las armaduras de los elementos estructurales de hormigón armado y de los elementos metálicos en general, que pueden producir la ruina o incluso el colapso.
- **Humedades** en el interior de los elementos constructivos, que afloran después de reparar el revestimiento.
- **Problemas fitosanitarios** y de humedades por retención de agua estancada en zonas no accesibles, como por ejemplo el espacio debajo de un forjado sanitario.
- **Pudrición** y hongos en elementos estructurales de madera, ocultos.

3. CRITERIOS DE DISEÑO EN EDIFICIOS DE NUEVA CONSTRUCCIÓN

Las edificaciones autorizadas para ser construidas en zona inundable deben estar adaptadas a posibles episodios de inundación. La estrategia a seguir en el diseño de una edificación situada en zona inundable consiste en:

- **Evitar** que el agua entre en contacto con el edificio.
- **Resistir** la entrada de agua en el interior del edificio en caso de que se produzca la inundación exterior.
- **Tolerar** la entrada de agua de manera controlada en ciertas zonas del edificio cuando no sea posible *evitar y resistir*.

Un aspecto importante a la hora de diseñar nuevas edificaciones para zonas de riesgo es considerar la posibilidad de construir edificios que permitan albergar diversos usos compatibles, ya que contribuyen al desarrollo de una cultura del riesgo.

Según este principio, el edificio podría adoptar un uso diferente o complementario al habitual durante avenidas o durante el tiempo de vuelta a la normalidad, ya sea alojando los equipos de emergencia, limpieza y reparación o como lugares de alojamiento temporal de la población afectada, por ejemplo. En cualquier caso, estas construcciones no pueden representar un aumento de la vulnerabilidad de la población ni incrementar de manera significativa la inundabilidad.

El proyectista deberá contar con los mapas de peligrosidad disponibles (calados y velocidades), ya se trate de estudios elaborados en el contexto de la Directiva de Inundaciones o por el propio municipio, para conocer la altura máxima prevista que alcanzará el agua en una avenida de periodo de retorno determinado.

Se incluyen a continuación distintas recomendaciones generales para abordar el diseño de un edificio en zona inundable, relacionadas con la elevación del edificio, la protección mediante rellenos o muros, la elección de materiales, la organización espacial y las aberturas al exterior, entre otras:

3.1. Criterios para la situación en la parcela

- **Ubicación**

Dentro de la parcela se buscará la ubicación más **elevada** posible, pudiendo incluso recurrir a la generación de montículos resistentes al agua mediante material de relleno debidamente compactado, siempre con la preceptiva aprobación, si se demuestra que no afecta a terceros. En cualquier caso, se evitará construir en zonas con riesgo de deslizamiento de terreno que pueda afectar a la edificación.

El acceso a la parcela y/o a la vivienda se ubicará en la zona más alejada o con menor probabilidad de ser inundada.

Se alejarán de la edificación los elementos susceptibles de ser arrastrados por la inundación y que podrían impactar. En la parcela no se colocarán aparcamientos en superficie o mobiliario en la dirección predominante de la avenida.

Las zonas inundables se destinarán sobre todo y cuando sea posible, a espacios o actividades recreativas. Las actividades e infraestructuras se ubicarán de acuerdo a su vulnerabilidad, de tal forma que cuanto mayor sea la vulnerabilidad, más alejadas se encontrarán del cauce.

Con respecto a la vegetación, una estrategia consiste en plantar especies arbustivas de pequeño porte entre el origen de la avenida y la edificación formando una barrera que ralentice la velocidad del agua. Para controlar la posible erosión y estabilizar el terreno, pueden colocarse árboles en taludes y zonas elevadas. En cualquier caso, el ecosistema fluvial no debe verse afectado.

Por último, siempre que lo permita la normativa urbanística correspondiente, conviene disponer de una cubierta transitable y accesible que servirá como lugar seguro y de rescate en caso de inundación, o una zona elevada destinada a tal fin.

- **Alineación**

Se facilitará al máximo posible el principio de la **transparencia hidráulica**, que consiste en permitir de forma controlada el paso libre del agua a través de las edificaciones, sin obstruir su movimiento natural y presentando la menor superficie posible de oposición frente a la avenida, de modo que la dirección longitudinal del edificio coincida con la dirección principal de la corriente y se minimice la presión hidrostática sobre muros y cerramientos.

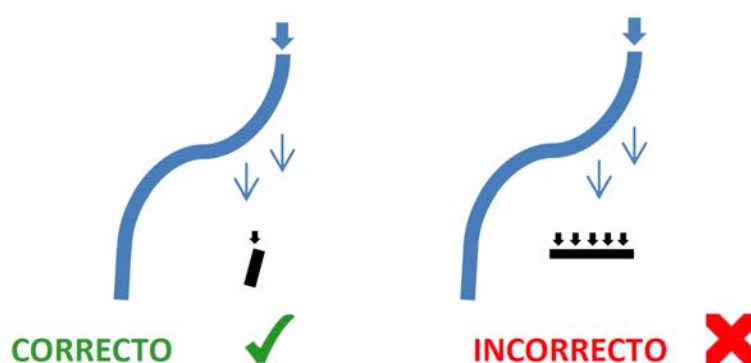


Figura 10. Alineación con respecto al flujo.

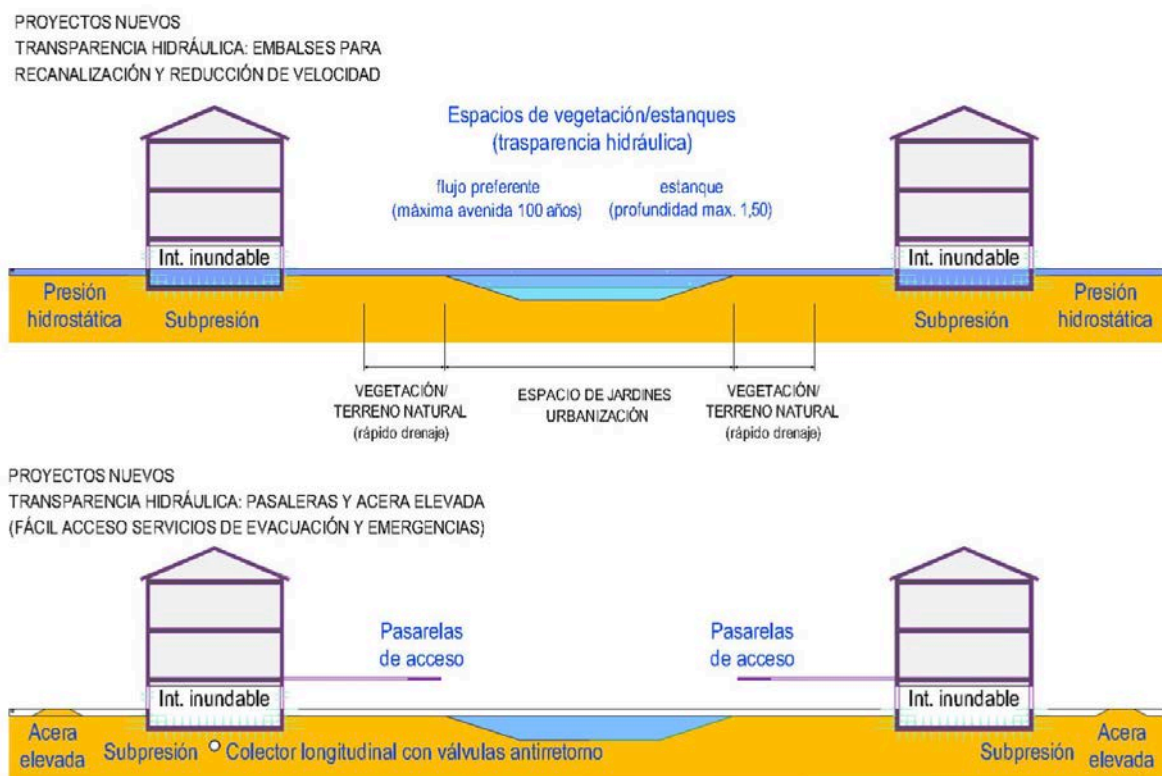


Figura 11. Criterio de diseño: transparencia hidráulica y protecciones en parcela.

La forma del edificio influye en su comportamiento frente a la inundación. Conviene adoptar soluciones en las que las líneas de corriente no pasen a régimen turbulento y que faciliten la circulación natural del agua. Formas circulares en planta, y esquinas y pilares redondeados ayudan a conseguir una forma hidrodinámica en la dirección de la corriente que evita el efecto de parada del agua.

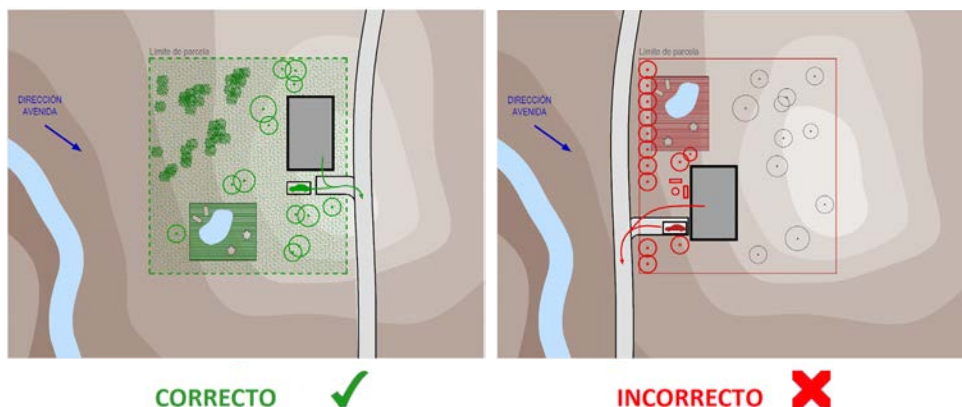


Figura 12. Criterio de implantación en parcela.

• Posibles modificaciones del entorno

Para realizar cualquier modificación del entorno en zona inundable es indispensable obtener **autorización del organismo competente, y no incrementar el riesgo de inundación de la zona, tanto aguas arriba como aguas abajo**. En cualquier caso, el RDPH indica que en la ZFP no se permitirán las alteraciones en el entorno que modifiquen la rasante del terreno y supongan una reducción significativa de la capacidad de desagüe. Cualquier excepción se desarrolla en el Artículo 126 ter. de dicho reglamento.

A continuación, se describen algunas medidas preventivas que se pueden desarrollar para mitigar los efectos de la inundación en la edificación, modificando el entorno inmediato:

- Pueden utilizarse rellenos de tierras para las construcciones que se encuentren en zonas bajas de la parcela y aumentar así la cota y disminuir la vulnerabilidad del edificio. Los rellenos deben ser de material granular y estar compactados adecuadamente. El material cohesivo no es adecuado en estos casos, ya que en contacto con el agua pueden variar sus características resistentes.
- La construcción de un talud en dirección oblicua a la avenida forma un dique de tierra que desvía el agua y la mantiene en el exterior de la parcela. En caso de querer adoptar esta medida es fundamental considerar las afecciones provocadas aguas abajo, especialmente en otras construcciones.
- Mediante muros de hormigón armado se puede crear una barrera que impida el paso de la inundación. Debe estar calculado y diseñado para soportar tanto la presión del agua como los posibles impactos de elementos arrastrados por la inundación, también impermeabilizado. Al igual que en el caso de taludes, se deberán tener en cuenta las edificaciones situadas aguas abajo.
- Otra opción sería la excavación de un foso que permita la retención del agua y así reducir el calado de la inundación en otros puntos. Normalmente se combina con otros sistemas, como los taludes de tierra, para así aprovechar el material de extracción.



Figura 13. Posibles modificaciones del entorno.

Ocasionalmente, por motivos de proyecto y tras recabar la autorización pertinente, puede ser necesario realizar alteraciones en la topografía (desmontes y terraplenes) con el objetivo de disponer de un suelo horizontal en zonas de pendiente.

En zona inundable se puede producir el derrumbamiento del terraplén por escorrentía o el fallo por estabilidad global del elemento de contención. Para evitar estos problemas se debe atender a las siguientes recomendaciones:

- Evitar los taludes naturales, y utilizar muros de contención, gaviones o muros de piedras.
- Instalar tubos drenantes junto a los muros para evacuar el agua y evitar el deslizamiento generalizado o incluso el derrumbe del elemento de contención.
- Implementar sistemas de drenaje sostenible (SUDS) integrados con el edificio y el medio. Ayudará a controlar y gestionar la escorrentía generada por la inundación.
- El encuentro del edificio con el terreno debe ser mediante una configuración que desvíe el agua y por lo tanto la presión hidrostática sea la menor posible.

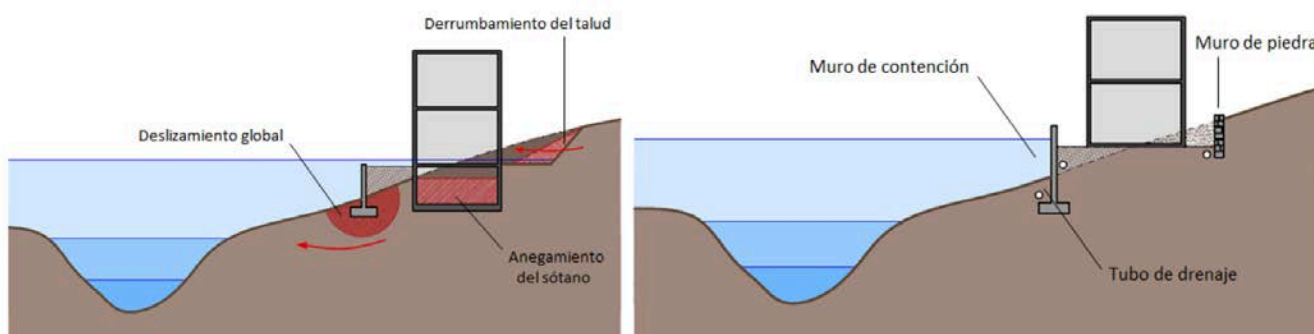


Figura 14. Problemas en topografía y posibles soluciones.

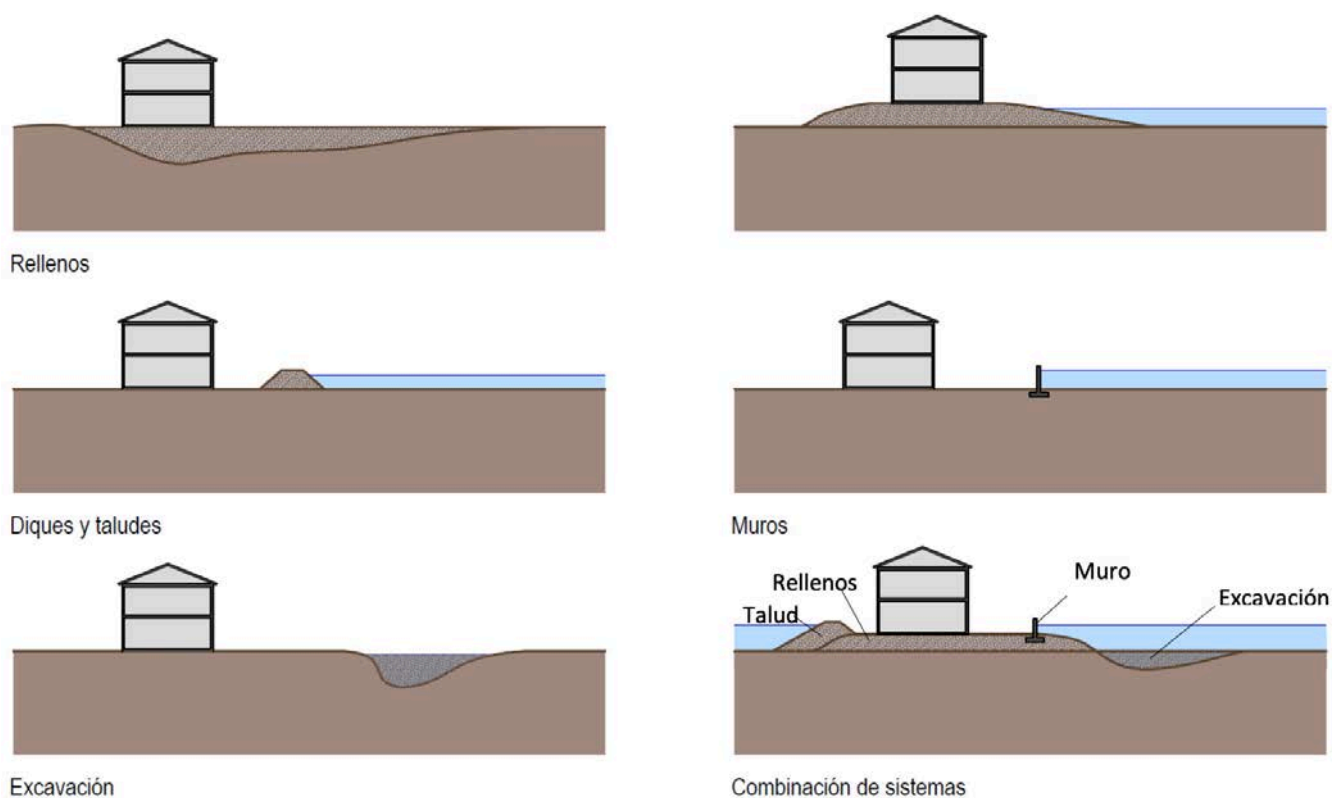


Figura 15. Modificaciones de la topografía.

3.2. Criterios generales

La estructura portante del edificio debe resistir ante inundaciones y ante los impactos provocados por las mismas. Su diseño y cálculo debe considerar no solo las cargas propias o de uso y mantenimiento, sino también las ejercidas por el agua y los elementos arrastrados, la diferencia de presiones interior-exterior y la variación del empuje del agua desde el terreno o las modificaciones en las características resistentes del terreno.

Los condicionantes de cálculo considerarán:

- La **profundidad** y la **velocidad** que puede llegar a tener el agua durante la inundación, así como la altura interior que puede alcanzar. También el posible efecto asimétrico de cargas sobre el edificio aguas arriba y aguas abajo. En este sentido, es conveniente que los ejes de gravedad del edificio estén alineados de forma que equilibren o compensen el peso propio del edificio, el peso del agua y los empujes.
- Para obtener la **estabilidad** precisa del edificio se deben incorporar en el cálculo la posibilidad de agua en el interior del edificio, así como los depósitos que va a dejar el agua de inundación una vez esta se haya evacuado, incluyendo tierras, lodos, sedimentos, escombros, etc. El periodo o el tiempo de inundación al que estará sometida la construcción es también factor de cálculo.
- Uso de cargas muertas al 100% para los cálculos de **estados límite**: Las cargas vivas no se utilizarán o se reducirán cuando de ello resulte una condición más desfavorable. En estanques de almacenamiento, piscinas y otras estructuras similares, diseñadas para contener y almacenar materiales, y que pueden estar llenas o vacías en caso de inundación, ambas condiciones deben ser analizadas en combinación con las cargas de inundación de la estructura considerada llena o vacía.
- Calcular para estados límites que el edificio está sometido a **empujes negativos o empujes invertidos** derivados de la inundación interior al desaparecer la inundación exterior. Establecer factores de seguridad íntegros frente a la posible flotabilidad del edificio y factores de seguridad a todas las consideraciones que disminuyan la presión efectiva del suelo.
- Considerar las cargas por la **acción de las olas** que contribuyen a la erosión y socavación, y que además contribuyen significativamente a diseñar las cargas en edificios. La magnitud de las fuerzas puede llegar a ser de 10 a 100 veces mayor que el viento u otras cargas consideradas en el cálculo estructural.
- Estudiar la viabilidad de incorporar en el cálculo el posible **efecto dominó** por afección del derrumbe o arrastre de edificios vecinos colindantes, así como el **potencial de socavación** alrededor de pilares y las medidas de protección necesarias.
- Diseñar **estructuras** preferentemente **estancas**, con paredes impermeables al paso del agua y con componentes estructurales que tengan la capacidad de resistir cargas hidrostáticas e hidrodinámicas. La estructura principal del edificio debe estar debidamente anclada y arriostrada para resistir todas las fuerzas laterales, verticales positivas o negativas.
- Para edificaciones elevadas sobre estructuras, los **pilares** tienen que ser **compactos y libres** de apéndices innecesarios que pudieran actuar como trampa o restringir el libre paso de los escombros durante la inundación. Los arriostramientos utilizados para proporcionar estabilidad lateral deben causar la menor obstrucción al flujo de inundación y reducir la posibilidad de atrapar los escombros que floten.
- Los **elementos estructurales** que puedan ser **impactados** por objetos arrastrados deben calcularse considerando como carga concentrada horizontalmente al nivel de la cota de inundación o en cualquier punto por debajo de ella el objeto, y es equivalente a la fuerza del impacto producido por 500 kg de escombros que viajan a la velocidad del agua de la inundación y actúa sobre una superficie de 0,1 m² de la cara impactada. La fuerza de choque se aplicará al material estructural en el lugar más crítico.
- La **duración de impacto**, que está influenciada por la frecuencia natural del edificio, función de la rigidez de la construcción. Ésta se determina por las propiedades del material, el número de miembros

de soporte (muros o pilares), la altura del edificio por encima del suelo, y la altura a la que se golpea el elemento (se puede estimar un valor orientativo de 1 seg.).

- Las **edificaciones** estarán convenientemente **ancladas** al terreno para evitar la flotación, colapso o movimiento lateral resultante de cargas hidrodinámicas e hidrostáticas, incluidos los efectos de la flotabilidad. La resistencia frente a las fuerzas de flotación se calculará únicamente considerando el peso propio del edificio, y si éste no resultase suficiente para contrarrestar la fuerza boyante del agua se deberán adoptar soluciones adicionales de estabilización.
- Conviene utilizar **estructuras aisladas** para dar apoyo lateral y amarre en columnas afectadas por la inundación (duques de alba). Habitualmente con base de pilotes y con una losa en cabeza. Puede resultar conveniente realizar estructuras de doble piel, compuestas de una pared exterior tipo muro pantalla y una construcción interior con un núcleo más resistente al agua.

3.2.1. Elevación de la edificación

Una posible alternativa es valorar la opción de **elevar** el edificio o de las partes residenciales del mismo por encima de la cota de inundación. Los requisitos concretos difieren en función de las distintas normas y ordenanzas locales, pero sí que existe cierto consenso al indicar que el piso más bajo debe encontrarse al menos por encima del nivel de una avenida de 100 años de periodo de retorno.

En concreto, se considera que pueden producirse graves daños sobre las personas y los bienes cuando el calado es superior a 1 m, la velocidad es superior a 1 m/s, o el producto de ambas variables es superior a 0,5 m²/s.

Existen distintas alternativas para elevar el edificio por encima de la cota de inundación:

- **Colina o rellenos:** Es el método de elevación más seguro siempre que se proteja frente a la erosión mediante vegetación tapizante o arbustiva y se cuente con la preceptiva autorización. Es preferible que el material de acabado sea impermeable. Se deben utilizar terrenos granulares, ya que los cohesivos ven alteradas sus características mecánicas al entrar en contacto con el agua.
- **Edificio sobre muro perimetral de cimentación, generalmente de hormigón armado:** Al respecto, conviene rellenar el espacio bajo el primer forjado o solera con tierra compactada, evitando la entrada de agua y minimizando la presión hidrostática sobre el muro. El recubrimiento de las armaduras será como mínimo de 4 cm y el cemento utilizado CEM III/A, CEM III/B, o CEM IV (según la normativa CTE-EHE-08 Instrucción de Hormigón Estructural).

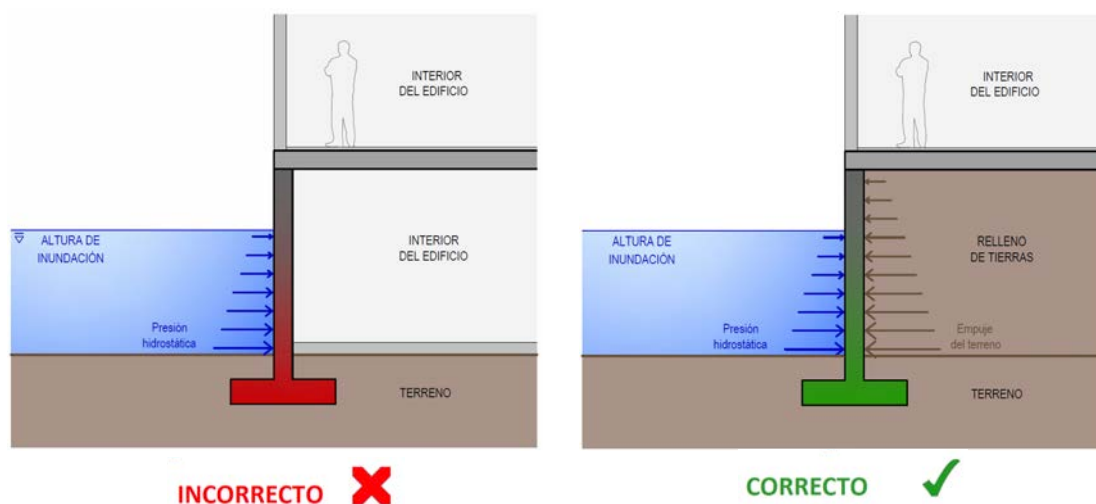


Figura 16. Problemas en topografía y posibles soluciones.

- **Edificio sobre muro perimetral no estanco:** El material utilizado puede ser muro de fábrica u hormigón armado. En este caso, el espacio interior no se rellena. Para evitar la presión hidrostática sobre el muro se incluyen aperturas en la parte inferior que permiten el paso libre del agua. Una alternativa es construir muros palomeros, cuyo aparejo deja huecos por los que pasa el agua.

Es importante prever un sistema de evacuación del agua mediante bombas de achique para evitar problemas fitosanitarios y humedades, especialmente cuando el espacio inundado no sea accesible. Los muros y demás elementos que estén en contacto con la inundación deben ser resistentes al agua.

En el caso de elementos de hormigón armado, el recubrimiento de las armaduras será como mínimo de 4 cm y el cemento utilizado CEM III/A, CEM III/B, o CEM IV (según la normativa EHE-08 Instrucción de Hormigón Estructural). Los muros de fábrica deberán revestirse con mortero hidrófugo para evitar la degradación de las juntas entre ladrillos.

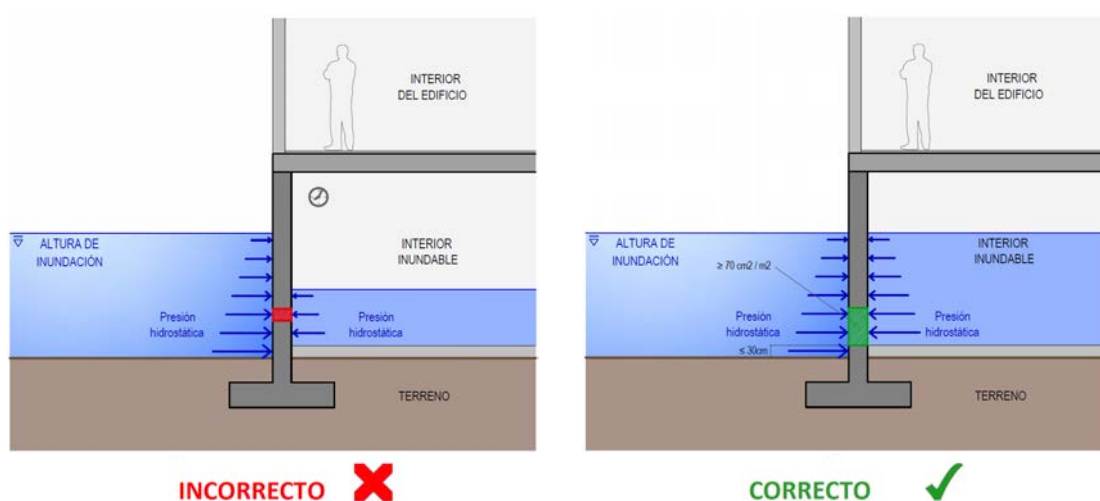


Figura 17. Problemas en topografía y posibles soluciones.

- **Elevación sobre pilares o pilotes que forman parte de la estructura principal del edificio:** Se genera un espacio cubierto que puede ser aprovechado para distintos usos. El principal aspecto a tener en cuenta en este sistema es la resistencia de la estructura frente a impactos.

Se desaconseja el uso del espacio entre pilares como aparcamiento, ya que la inundación podría arrastrarlos. En caso de soportes de hormigón, el recubrimiento de las armaduras será como mínimo de 4 cm y el cemento utilizado CEM III/A, CEM III/B, o CEM IV. Si los soportes son de acero o de madera deberán estar debidamente protegidos del agua como mínimo hasta 60 cm por encima de la altura máxima de inundación.

También es recomendable adaptar y reforzar el sistema de infraestructuras urbanas desde la fase inicial de su diseño, principalmente mediante su elevación: accesos, paseos y pasarelas que permitan el movimiento de personas en caso de inundación.

3.2.2. Materiales

Todos los elementos situados en zonas que previsiblemente vayan a verse afectadas por la inundación deberán incorporar **materiales resistentes al agua y a la corrosión**. Concretamente, deberán resistir al menos el contacto prolongado (72 horas) y directo de las aguas sin sufrir daños significativos.

En el caso de elementos de hormigón armado, el recubrimiento de la armadura será como mínimo de 4 cm (EHE-08 Instrucción de Hormigón Estructural. Durabilidad) y será necesario utilizar hormigones con resistencias especiales a las posibles sustancias que el agua lleve disueltas si el tiempo de inundación va a ser prolongado (>72 horas) y con recubrimientos mayores, atendiendo al Código Técnico de Edificación Español.

Para cerramientos de albañilería se deberán revestir con mortero hidrófugo, evitando los acabados con junta vista.

Se evitará el uso de pavimentos impermeables y se priorizarán superficies vegetadas que permitan la infiltración.

Algunas recomendaciones para la elección de materiales son:

- Considerar para los casos de inundación las mismas tensiones admisibles (o factores de carga en el caso de diseño por resistencia) que las normas de diseño estructural establecen para viento o sismo, combinadas con las cargas gravitacionales; es decir, tratar las cargas y tensiones producto de inundaciones de la misma forma que las cargas de sismo.
- Dependiendo de la composición del metal, las inundaciones periódicas pueden contribuir a la corrosión a largo plazo, sobre todo en caso de las aguas costeras salinas. Los conectores y los elementos de fijación son parte integral de la estabilidad estructural de los edificios, por lo que su deterioro puede representar un peligro para el edificio.

Para los elementos metálicos que puedan estar expuestos, es recomendable utilizar acero inoxidable o galvanizado por inmersión en caliente, tanto en zonas de interior como en las zonas costeras.

- En cualquier caso, los materiales resistentes a la inundación no deben degradar los materiales adyacentes o los sistemas de los cuales forman parte.
- No utilizar materiales adhesivos que sean solubles en agua o que no puedan resistir la acción alcalina o ácida del agua.
- No se recomienda el uso de madera, ya que al entrar en contacto con el agua de inundación (aunque sea un contacto esporádico) suelen deformarse significativamente y es susceptible de ataques por hongos o xilófagos.
- Para el aislamiento de las cavidades de bloques o ladrillos se deben incorporar preferiblemente materiales de celdas cerradas rígidas, ya que estos conservan la integridad y tienen baja porosidad.
- Se deben evitar las placas, revestimientos y listones de yeso, ya que se degradan cuando se sumergen en agua.
- Los sellos *waterproof* y *water-resistant* en materiales de construcción garantizan la idoneidad de los mismos. Conviene incorporar en la ficha técnica todas las patentes y sus propiedades mecánicas.

CLASES DE MATERIALES RESISTENTES AL AGUA			
ACEPTABLE EN ZONAS INUNDABLES	CLASE	DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS
	4	Resistentes al agua y a las impurezas que puedan transportar (sales, minerales, ácidos etc.) Pueden estar en contacto permanente con el agua.	Plásticos, materiales bituminosos, láminas asfálticas.
	3	Resistentes al agua. Pueden ser sumergidos puntualmente sin protección adicional.	Hormigón en masa y hormigón armado (con el recubrimiento necesario). Mortero hidrófugo. Ladrillos. Acero galvanizado e inoxidable.
NO ACEPTABLE EN ZONAS INUNDABLES	2	No resistentes al agua pero sí al vapor de agua. Admisibles en ambientes húmedos.	Materiales cerámicos. Muros de mampostería con junta vista. Pinturas convencionales.
	1	No resistentes al agua. Necesitan ambientes secos.	Madera, acero, caucho, tapial y adobe.

Tabla 1. Clases de materiales resistentes al agua (descripción y ejemplos). Fuente: Guía Estadounidense FEMA: Technical Bulletin 2, (2008).

3.2.3. Instalaciones

Las instalaciones en edificios y urbanizaciones (alumbrado, suministros eléctricos, gas, saneamiento, etc.) son elementos que conllevan un riesgo elevado al entrar en contacto con el agua de inundación. Pueden ocasionar severos daños personales e importantes daños materiales, tanto por acción directa como por falta de suministro. Aplican las recomendaciones generales de:

- **Elevar** las instalaciones por encima de la cota máxima de inundación.
- **Reubicar** las instalaciones sensibles trasladándolas a plantas superiores o cubierta.
- **Proteger**, estableciendo medidas de seguridad adicionales para aquellas instalaciones que irremediablemente queden por debajo de la cota de inundación (conexiones equipotenciales, cuadros eléctricos estancos, válvulas anti retorno, cableado eléctrico resistente a inundación, pozos drenantes y bombas de achique, etc.).

Como regla general, se recomienda ubicar las instalaciones por encima de la planta baja. La acometida y las arquetas se situarán en las zonas menos vulnerables de la parcela, y se evitará colocar baños o instalaciones especialmente sensibles en sótanos o zonas enterradas. En todo caso, se deberían disponer válvulas anti-retorno en todas las tuberías de abastecimiento y saneamiento situadas por debajo de la altura de inundación previsible para una avenida de periodo de retorno de 500 años, y la conexión a las mismas se realizará en zonas no inundables.

Como medida complementaria para reducir la altura del agua, se sugiere incorporar pozos drenantes conectados a bombas de achique. Esta instalación, ubicada bajo el forjado de planta baja/sótano e integrada en el terreno, permite una evacuación constante del agua y reducir la altura de inundación o el tiempo de presencia de agua en las plantas afectadas (evita riesgos en instalaciones eléctricas y de saneamiento) y en todo caso garantizar la estanqueidad del sótano para T: 500 años, atendiendo al artículo 9 ter 1.f del RDPH.

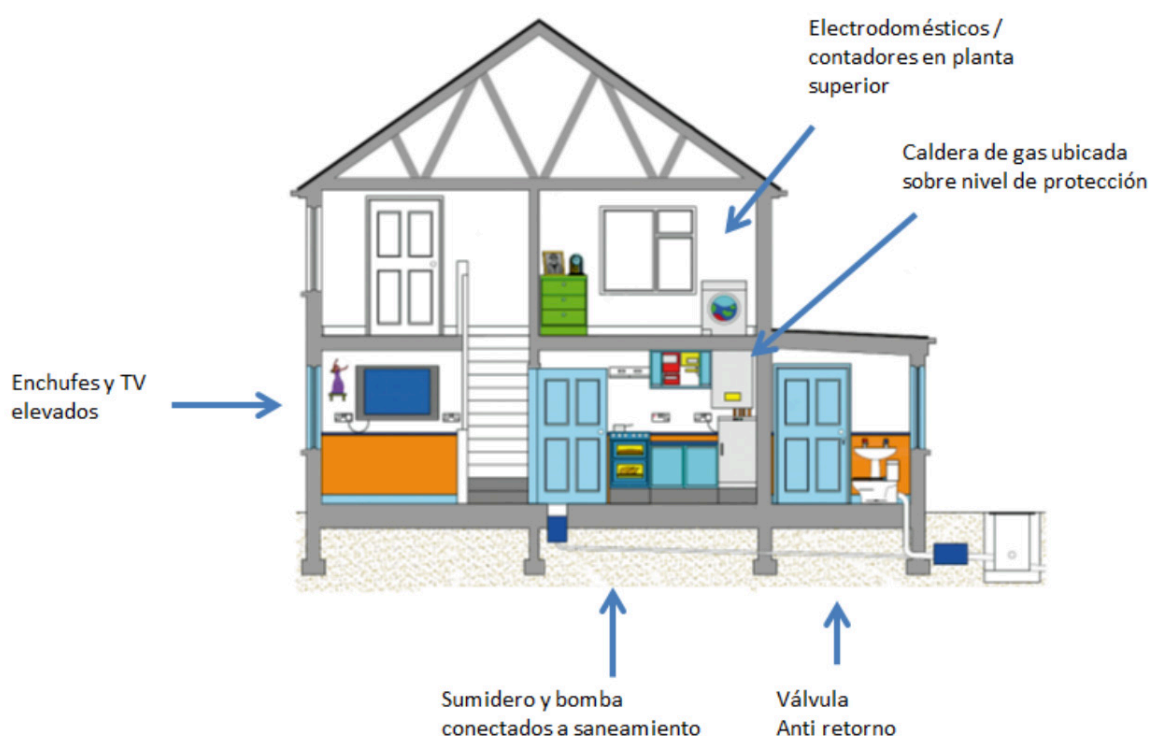


Figura 18. Medidas preventivas en vivienda unifamiliar (electricidad, gas, saneamiento).

3.2.4. Aberturas

El diseño de edificios situados en zonas inundables debe ser especialmente cuidadoso en las aperturas al exterior. Se debería evitar la colocación de ventanas, puertas y huecos por debajo del nivel de inundación previsto para una avenida de 100 años. En caso de que esto no sea posible por motivos de iluminación, ventilación o accesibilidad, se utilizarán materiales resistentes a las acciones producidas por la inundación (presión hidrostática, impactos etc.), y se sellarán las uniones con juntas que garanticen la estanqueidad, por ejemplo de neopreno.



Figura 19. Materiales y aberturas resistentes en cota inundable.

Las ventanas incluirán un doble acristalamiento para resistir con mayor garantía la presión del agua. Los cierres mediante rejas en plantas inundables no son recomendables, puesto que representan un problema para la evacuación. No obstante, cualquier elemento de seguridad instalado deberá permitir su apertura interior-exterior ante posibles evacuaciones. Adicionalmente conviene proteger los huecos con sistemas “escudo” provisionales.

En caso de que sea necesario colocar huecos exclusivamente para iluminación natural, se recomienda realizar varios huecos pequeños no practicables resueltos mediante bloques de vidrio.

3.2.5. Organización espacial y distribución

La **distribución de los espacios** se debería diseñar de tal modo que los usos más vulnerables se sitúen en zonas elevadas o con menor riesgo de inundación. Como criterios generales se incluyen los siguientes:

- Realizar un diseño que permita flexibilidad en los usos, de modo que el espacio pueda ser modificado según evolucionen las necesidades o atendiendo a episodios esporádicos. Puede considerarse construir espacios específicos para la gestión durante el evento (por ejemplo, edificios refugio que garanticen el mantenimiento y funcionamiento de las redes técnicas).

- Elevar las áreas principales de la vivienda a una planta superior. La planta a nivel del suelo es la mejor opción para el estacionamiento o como vivienda secundaria. Los dormitorios se situarán en las plantas superiores.
- En edificios o viviendas con garaje en zona inundable, conviene que éste sea estanco y no permita la entrada de agua, y debería incluir además una zona que quede por encima de la cota de inundación y permita respirar y evacuar en caso de inundación.
- Conviene disponer de vías de escape seguras y áreas de refugio seguro sobre el nivel de la inundación. También se debería contemplar una estrategia de planificación para el peor de los supuestos, en el que se necesite un acceso de emergencia para los servicios de rescate por barcos o helicóptero, y para ello conviene incluir terrazas o balcones en pisos altos, cubiertas transitables y/o ajardinadas u otros puntos adecuados.
- Las instalaciones de fontanería y saneamiento principales (acometidas y arquetas) se deberían ubicar fuera de la zona inundable y en cualquier caso, las tuberías contar con válvulas anti retorno.

Hay que tener en cuenta también la posible existencia de edificios especiales (hospitales, seguridad, centros educativos, etc.), aunque según el RDPH no deberían construirse en zona inundable. Si no existiera ubicación alternativa, y una vez conseguidas todas las autorizaciones pertinentes, se aconseja atender a las siguientes recomendaciones, complemento a todo lo descrito anteriormente:

- **Edificios con equipamiento sanitario**

Las zonas con maquinaria especializada (quirófanos, radiografías, etc.) y zona de urgencias deberán situarse en las plantas elevadas, por encima de la cota máxima de la inundación, dejando las plantas bajas para la recepción, cafetería, salas de espera, etc. En el caso de la zona de urgencias, debe garantizarse el acceso rodado y directo desde el exterior.

Conviene prever un depósito de agua potable en una zona elevada para abastecimiento de los usuarios en caso de imposibilidad de evacuación.

Es recomendable evitar cerramientos acristalados en la planta baja, y situar los aparcamientos en superficie estratégicamente para evitar que los vehículos puedan ser arrastrados e impacten contra el edificio.

- **Edificios de emergencias y seguridad**

Los servicios de policía, bomberos, protección civil, etc., deben estar operativos durante y después de la inundación, ya que ofrecen un servicio de asistencia y protección civil esencial.

Es conveniente elevar el edificio mediante pilares o muros por encima de la cota máxima de inundación y ubicar al menos una de las salidas de vehículos de emergencia en la zona más elevada, con acceso exterior garantizado.

Los calabozos de edificios policiales o dependencias con presencia permanente de personas se situarán en plantas elevadas. Es conveniente también plantear zonas resguardadas para los vehículos de emergencias, en zonas elevadas y junto al acceso.

Se recomienda que la acometida eléctrica sea aérea, y disponer de un grupo electrógeno para emergencias resguardado, en un lugar elevado, accesible y seguro. También se aconseja prever un depósito de agua potable en una zona elevada para abastecimiento de los usuarios en caso de imposibilidad de evacuación.

- **Colegios y centros educativos**

En edificios con presencia elevada de personas, y especialmente niños, es prioritaria la rápida evacuación, por lo que se debe prestar especial atención al diseño de los accesos y zonas de seguridad, ubicándolos siempre en zonas por encima de la cota máxima de inundación.

Se recomienda elevar el edificio mediante pilares o muros, pudiendo utilizar el espacio inferior como zona de recreo, y se evitará colocar aulas en la planta baja. Estos espacios se destinarán a administración, zona de recreo, cafetería, etc.

Aunque habitualmente no se utilice, conviene que la cubierta sea transitable, ya que servirá como lugar elevado seguro en caso de imposibilidad de evacuación. En consecuencia, la cubierta se calculará para una carga de 5 kN/m² y considerará la posibilidad de rescate aéreo en ella.

Se aconseja prever un depósito de agua potable en una zona elevada para abastecimiento de los usuarios en caso de imposibilidad de evacuación.

- **Otros edificios especiales**

En museos, juzgados, bibliotecas, centrales eléctricas y nucleares, almacenamiento de residuos y otros edificios con contenido vulnerable o peligroso es indispensable evitar que el agua entre en contacto con el mismo.

Aunque todas las medidas preventivas recogidas en este manual son de aplicación para estos edificios, especialmente en aquellos con contenido sensible o peligroso, se deberá disponer de todo el material sensible en plantas elevadas, por encima de la cota máxima de inundación, y nunca en sótanos.

3.2.6. Otras consideraciones de diseño

En función de las características específicas de cada edificación, puede ser recomendable permitir la entrada de agua. Es decir, asumir la entrada del agua en el interior del edificio de manera controlada para evitar la presión hidrostática sobre los muros y cerramientos, ya que equilibra la altura de la inundación entre el exterior y el interior. Para ello, se deben diseñar correctamente los huecos de entrada de agua atendiendo a:

- Disponer al menos dos huecos por cada espacio inundado y en paredes distintas.
- La superficie total de huecos en cada espacio será como mínimo de 70 cm² cada m² en planta (para un espacio de 100 m², 6 aperturas de 40 x 30 cm).
- Los huecos deberán situarse a una altura máxima de 30 cm del nivel del suelo exterior, y siempre por debajo del nivel de inundación.
- Los huecos deberán mantenerse limpios y libres de cualquier material que pueda obstruir la entrada o salida de agua.

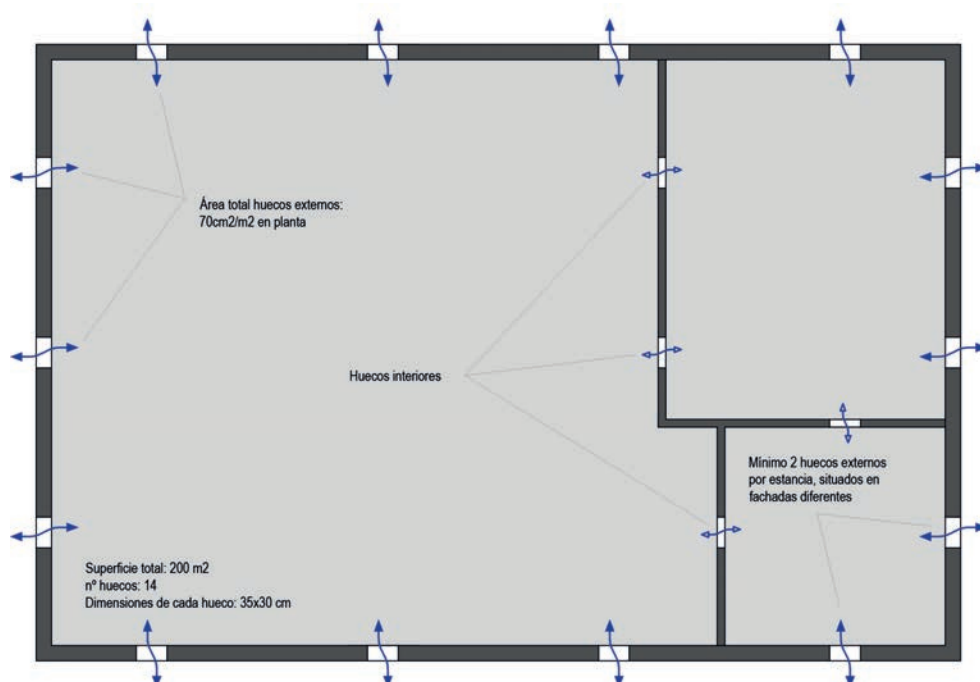


Figura 20. Ejemplo de diseño de huecos de entrada de agua en una edificación.

- Barreras temporales: Adicionalmente a los criterios de diseño del edificio y su entorno, se pueden utilizar elementos externos como las barreras temporales que protejan al edificio frente al agua. Estas pueden ser de dos tipos: los sistemas inflables y sistemas modulares.
- Otra opción en zonas de riesgo puede ser la construcción de viviendas flotantes o anfibias, adaptables a las crecidas de agua. Se diseñan con un cajón de cimentación inundable y una estructura móvil en el sentido vertical (en caso de inundación la presión del agua ejerce un empuje vertical que eleva la vivienda. Una vez finalizada, la vivienda desciende a baja velocidad controlada). El sótano ha de ser completamente estanco, y queda siempre bajo el nivel del agua.

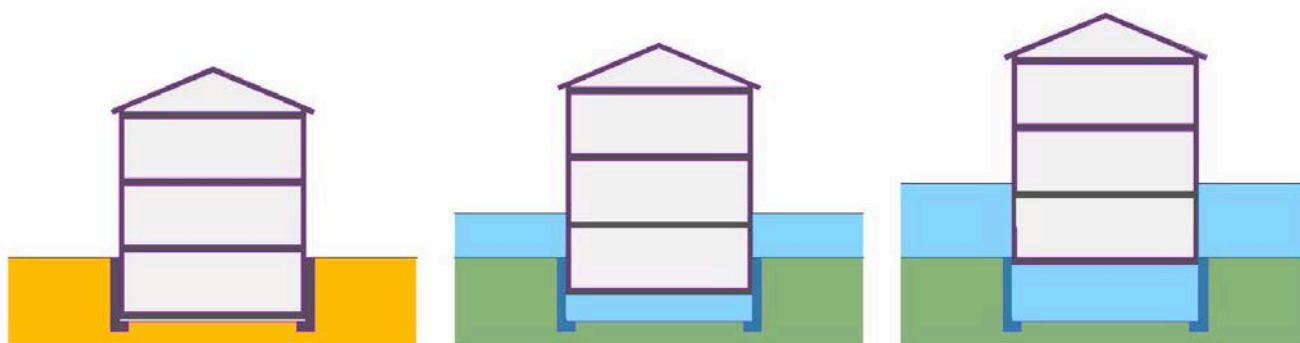


Figura 21. Esquema de funcionamiento de una vivienda flotante o anfibia.

3.3. Criterios constructivos

Los elementos constructivos de edificios situados en zona inundable deben prestar especial cuidado a todos sus detalles constructivos, secciones, impermeabilizaciones, encuentros entre elementos y ejecución de huecos, considerando en todo caso la inundación como un factor determinante del diseño.

3.3.1. Muros

El Código Técnico de la Edificación CTE define en su sección HS1 las condiciones para garantizar la protección frente a la humedad (DB-HS) para los casos de presencia máxima de agua, en donde exige un grado de impermeabilidad 5, y para ello:

- La **impermeabilización** exterior del muro se realizará mediante una lámina impermeabilizante o la aplicación directa in situ de productos líquidos, tales como polímeros acrílicos, caucho acrílico, resinas sintéticas o poliéster.
- Cuando el muro sea de fábrica deberá recubrirse también por su cara interior con un **revestimiento hidrófugo** de cemento.
- Cuando exista un tramo de muro enterrado deberá disponerse una **capa drenante** entre la impermeabilización y el terreno. El remate superior de la lámina drenante debe protegerse de la entrada del agua.
- En el arranque del muro se colocará un **tubo drenante**.
- En el caso de que el muro sea ventilado, deberán disponerse **canaletas de recogida de agua** en la cámara de aire. Los huecos de ventilación se situarán por encima del nivel máximo de inundación previsto.

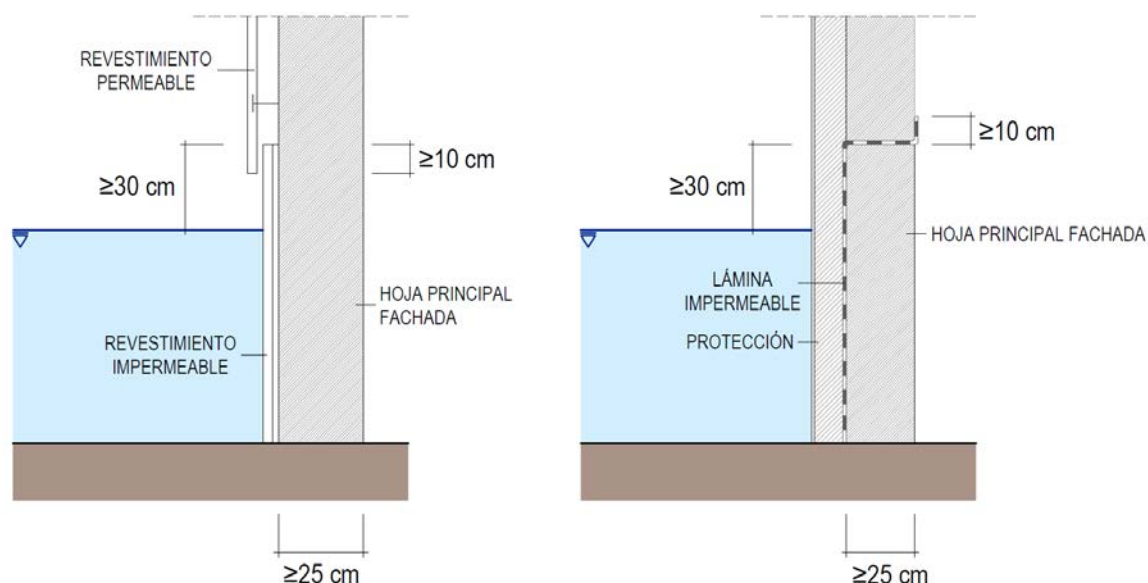


Figura 22. Esquema de impermeabilización en muros (izquierda). Esquema de impermeabilización de muros y fachada (derecha).

3.3.2. Fachadas

Es conveniente adoptar el grado máximo de impermeabilización definido por el CTE, grado 5, en el diseño de fachadas que puedan quedar inundadas:

- La **hoja principal** será de gran espesor. Como mínimo fábrica de ladrillo de 1 pie, o 25 cm en el caso de muros de hormigón armado, bloques cerámicos o de hormigón, o piedra natural.
- Será necesaria la **impermeabilización exterior** mediante una lámina impermeabilizante y protegida mediante un material de revestimiento. Deberá colocarse en la capa más externa posible de la fachada. Si el aislamiento se sitúa por el exterior de la impermeabilización, deberá ser de un material resistente al agua (clase 3 o 4), como por ejemplo planchas de *poliestireno expandido o extruido*, y evitar el uso de rollos de lana de fibra de vidrio o de lana mineral.

Como alternativa a la lámina impermeabilizante exterior se podrá utilizar un revestimiento de muy alta resistencia a la filtración, y siempre que cumpla:

- Garantía de estanqueidad para que el agua de filtración no entre en contacto con la hoja de cerramiento dispuesta inmediatamente por el interior.
- La adherencia al soporte sea suficiente para garantizar su estabilidad.
- Tenga permeabilidad al vapor suficiente para evitar su deterioro como consecuencia de una acumulación de vapor entre él y la hoja principal
- Adaptación a los movimientos del soporte y buen comportamiento frente a la figuración
- Resistencia a los impactos y a los ataques químicos y biológicos

Los materiales de revestimiento no impermeabilizantes deben ser resistentes al agua y a la humedad (clase 3 o 4). Si se utilizan anclajes metálicos, estos deberán ser inoxidable o galvanizados. Los morteros de agarre deberán ser hidrófugos y mantener sus características mecánicas al entrar en contacto con el agua.

Se aconseja evitar el uso de fachadas con cámara de aire ventilada en el tramo inundable. En caso de ejecutar este tipo de fachadas, la cámara de aire empezará como mínimo 30 cm después de la cota máxima de inun-

dación y se dispondrán canaletas de recogida dentro de la cámara de aire. Se recomienda que el relleno de la zona inferior de la cámara se realice con mortero hidrófugo, y que la lámina impermeable supere en al menos 30 cm la cota máxima de crecida.

3.3.3. Suelos

Se incluyen en este apartado los solados, losas en contacto con el terreno y los forjados sanitarios contruidos en zona inundable. Tomando como referencia lo establecido en la sección HS1 Protección frente a la humedad del Documento Básico de Salubridad (DB-SH) para los casos de presencia máxima de agua, se considerará de nuevo el grado de impermeabilidad 5 según el cual:

- Debe disponerse una **capa drenante** (sub base de arena o gravas) y filtrante sobre el terreno.
- El solado o losa se **impermeabilizará** por su **cara externa** mediante la disposición de una lámina sobre la capa drenante. La lámina impermeabilizante deberá protegerse con una capa anti punzonamiento y deberá utilizarse un hormigón hidrófugo.
- Se sellarán todas las **juntas** suelo-suelo y suelo-muros mediante bandas de PVC, perfiles de caucho expansivo o bentonita de sodio. Además, todos los **huecos** en el forjado sanitario para paso de instalaciones deberán sellarse completamente mediante juntas expansivas.
- En los forjados sanitarios deberá preverse un sistema de extracción de agua.

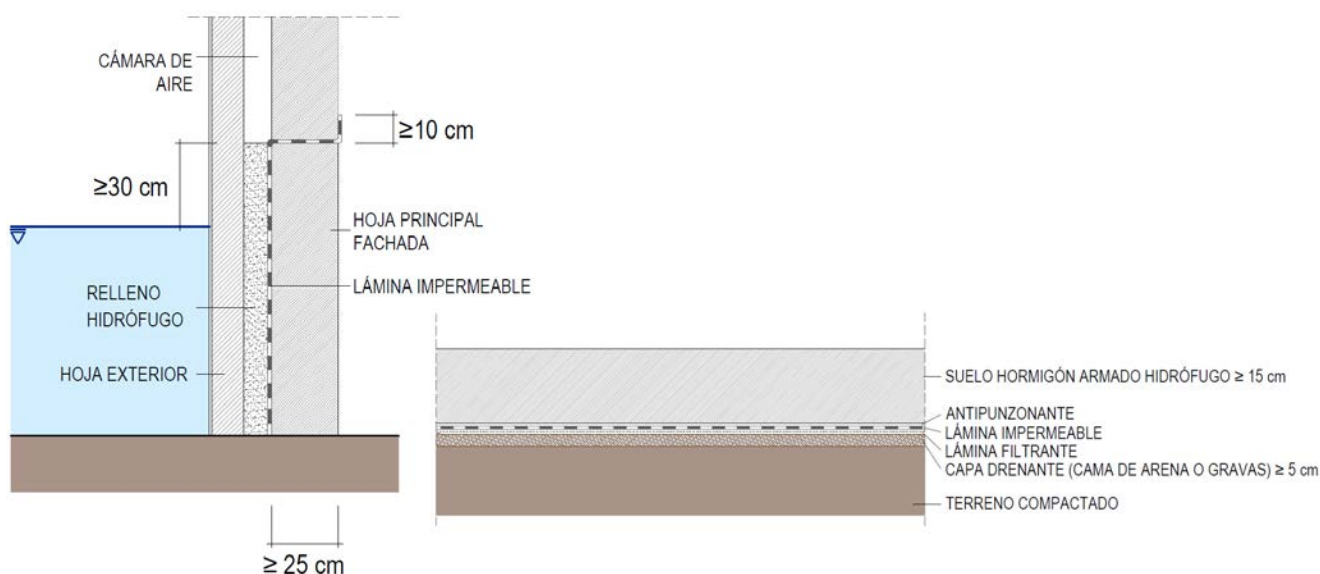


Figura 23. Esquema de impermeabilización en fachada ventilada (izquierda). Esquema de impermeabilización de suelo (derecha).

3.3.4. Impermeabilización

Los sistemas de impermeabilización de edificios son un complemento adecuado al resto de medidas aplicadas, ya que incrementan la protección ante la inundación.

En edificios existentes y en construcciones nuevas de importancia moderada o normal en las que no se pueda elevar el edificio por motivos de proyecto (existencia de sótanos, ordenanzas urbanísticas, entrada de vehículos a la cota de la calle, etc.) se pueden utilizar sistemas de impermeabilización como medida de protección.

En todos los elementos en contacto con el terreno (muros de sótano, losas de cimentación, solado, etc.) es conveniente disponer láminas impermeables. En las fachadas la impermeabilización se situará por el exterior del elemento constructivo, y llegará como mínimo hasta una altura de 60 cm por encima de la cota de inundación prevista. Conviene además incluir membranas a prueba de humedad (polietileno con espesor suficiente para evitar rasgaduras) en todas las plantas en contacto con el terreno de tierra.

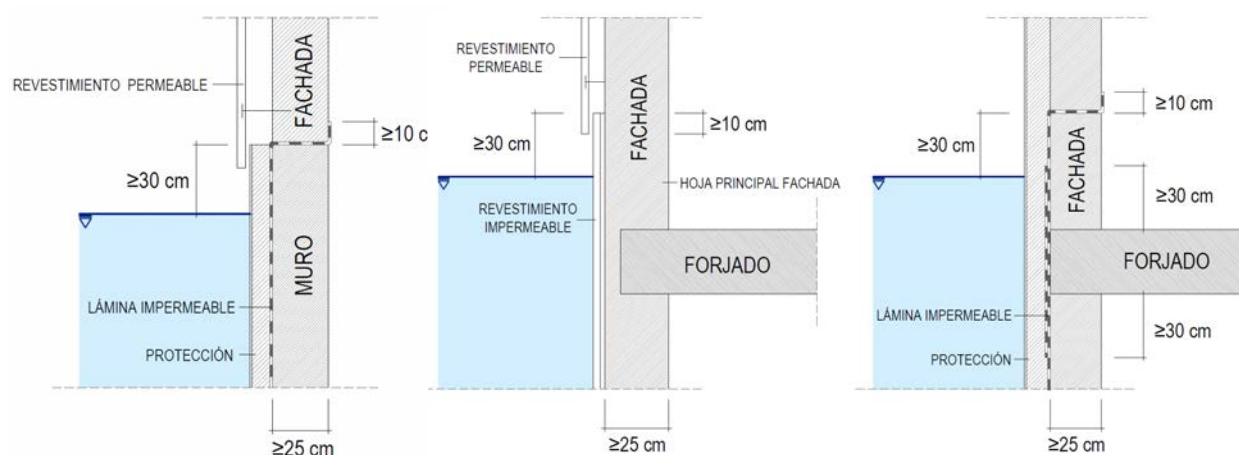


Figura 24. Encuentros de la fachada o muro con el forjado bajo el nivel máximo de inundación.

3.3.5. Encuentros constructivos bajo el nivel máximo de inundación

Es deseable que el encuentro entre el muro de sótano y la fachada se realice siempre por encima del nivel máximo de inundación. Si esto no es posible, todos los encuentros y uniones de diferentes elementos constructivos bajo la cota de inundación deberán garantizar la estanqueidad en las juntas.

En los elementos constructivos es recomendable utilizar selladores de muros como medida adicional para reducir la penetración del agua. También en estos casos conviene sellar el enmarcado de las puertas y ventanas, por ejemplo con PVC o neopreno.

Los solados de baldosas utilizarán en su aplicación compuestos adhesivos junto con una base de cemento y una lechada impermeable para su colocación, de tal forma que garanticen su estabilidad en caso de inundación.

Los encuentros entre el solado, los muros verticales y la losa de cimentación son especialmente delicados. Cuando la junta sea estructural, deberá reforzarse mediante:

- Cordón de relleno compresible y compatible químicamente con la impermeabilización.
- Sellado de la junta con una masilla elástica.
- Pintura de imprimación en la superficie del muro extendida en una anchura de 25 cm como mínimo centrada en la junta.
- Una banda de refuerzo del mismo material que el impermeabilizante con una armadura de fibra de poliéster y de una anchura de 30 cm como mínimo centrada en la junta.
- El impermeabilizante del muro hasta el borde de la junta.
- Una banda de terminación de 45 cm de anchura como mínimo centrada en la junta, del mismo material que la de refuerzo y adherida a la lámina.

En los encuentros entre dos planos impermeabilizados resulta adecuado colocar una banda o capa de refuerzo de material impermeabilizante, con una anchura mínima de 15 cm a cada lado del encuentro y centrada en la arista.

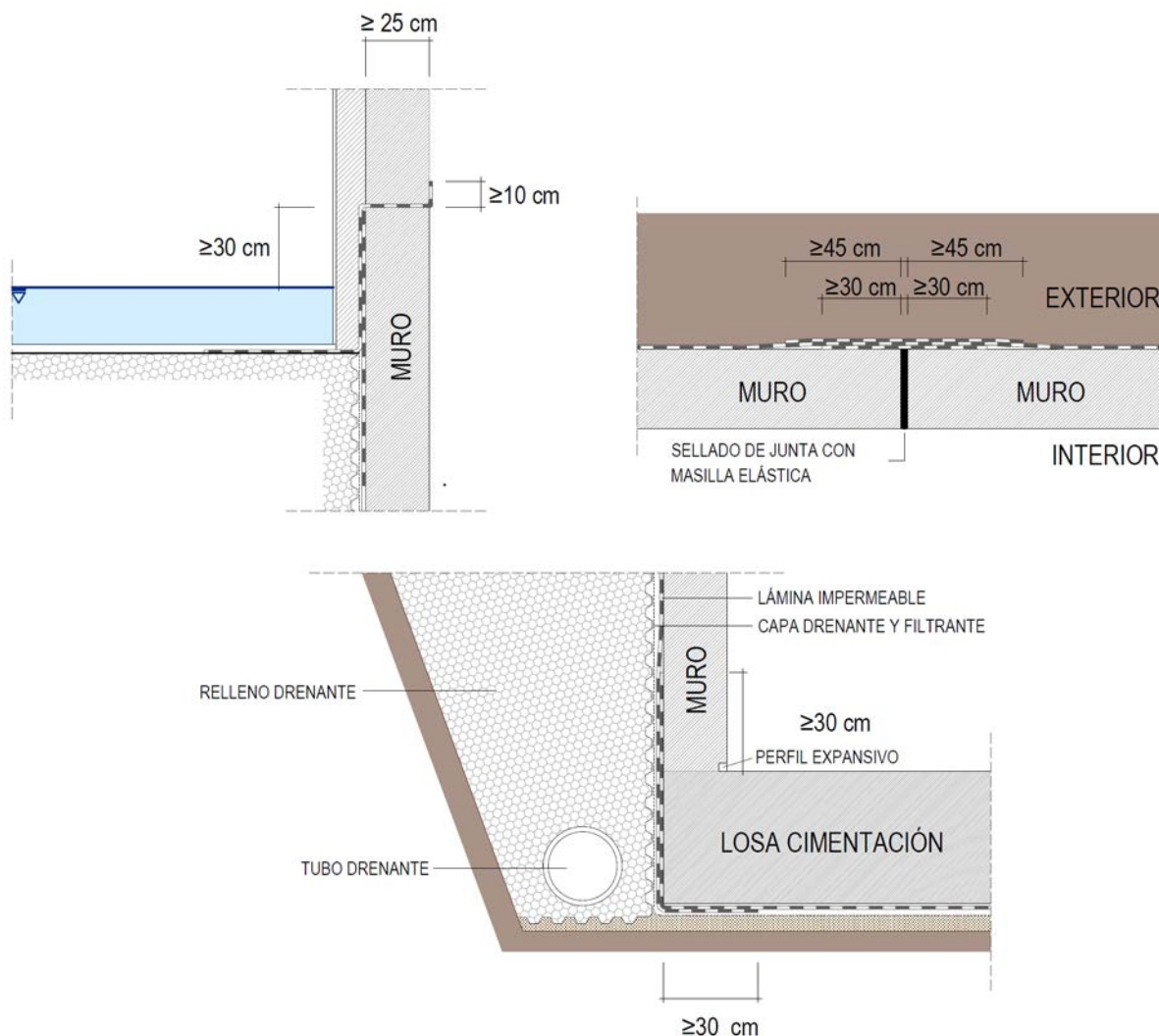


Figura 25. Encuentros del muro de sótano con el solado o losa de cimentación, y sellado de muros.

3.3.6. Huecos

En caso de no poder evitar la colocación de huecos bajo del nivel de inundación por motivos de ventilación, iluminación o accesibilidad, se deberán seguir los siguientes criterios constructivos:

- La **carpintería** utilizada debe ser de material resistente al agua (PVC o acero inoxidable) y con juntas de estanqueidad elastoméricas (neopreno, PVC, EPDM, siliconas o polietileno). Se aconseja el sistema de doble junta: una en el marco y otra en la hoja.
- La **lámina impermeable** del muro o fachada se extenderá horizontalmente hasta el pre cerco del hueco, y el conjunto de pre cerco + marco del hueco tendrá una altura mínima de 10 cm. También se extenderá lo máximo posible en vertical. Entre el marco y el vierteaguas, y por encima de la lámina impermeable, se colocará masilla de poliuretano.
- Las **protecciones móviles en ventanas** son una medida adicional que resulta útil como refuerzo. Deberán contar con un perímetro anclado a fachada donde instalar la protección móvil, realizado con perfiles de acero galvanizado y junta estanca de neopreno, y garantizando que el empuje del agua a la protección móvil se hace contra la estructura. Las ventanas incluirán doble acristalamiento para resistir la presión del agua.

- En **escaparates o paños de vidrio** de grandes dimensiones, la barrera de protección móvil dispondrá igualmente de un perímetro anclado a la fachada. El vidrio será en todo caso de seguridad, y se dispondrá adicionalmente un canal de drenaje con impermeabilización junto al acceso.

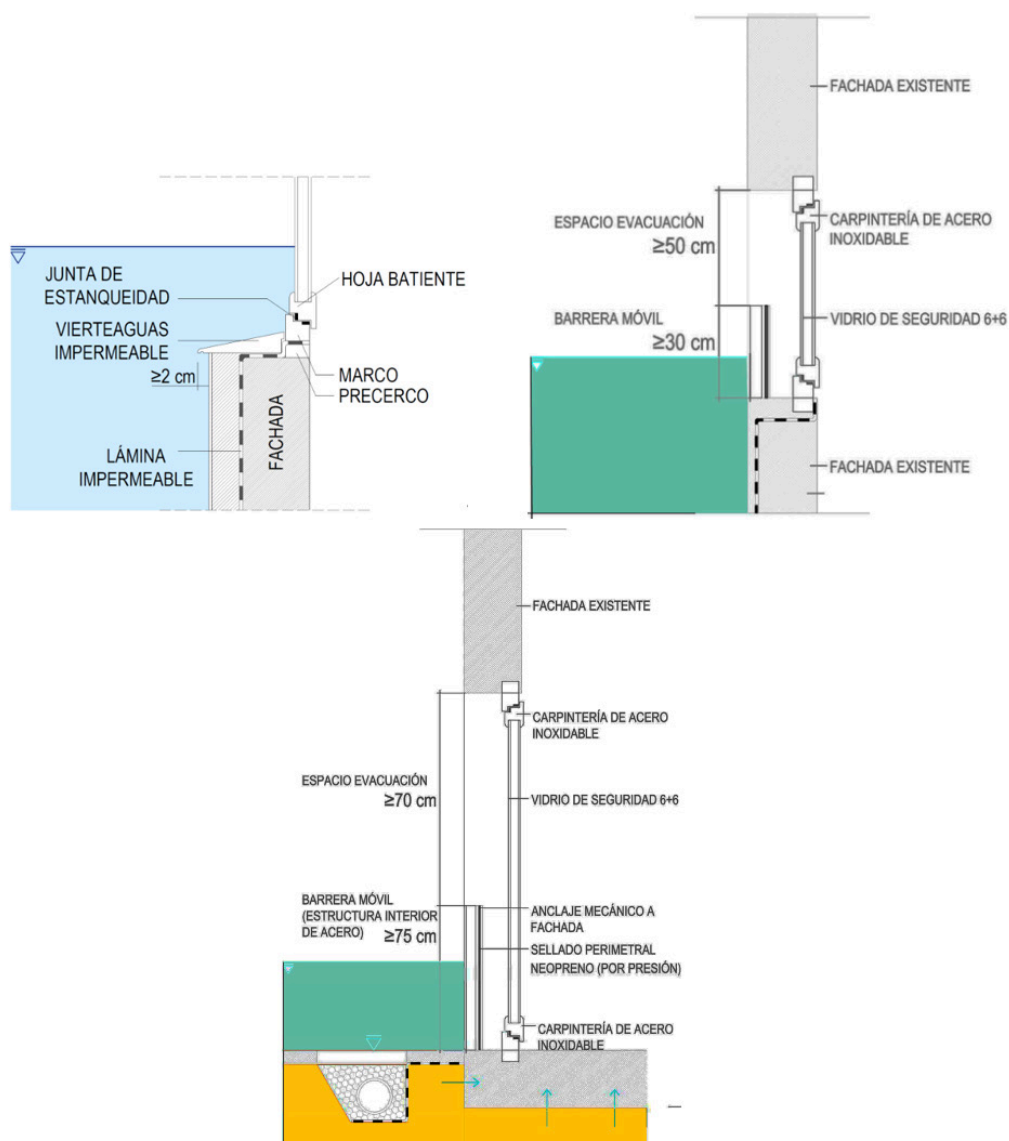


Figura 26. Juntas de estanqueidad en carpintería; barreras de protección móvil en ventana y escaparates.

3.3.7. Detalle sobre instalaciones

Además de las consideraciones generales, es necesario incluir algunas especificaciones particulares según el tipo de instalación de que se trate:

A) INSTALACIONES ELÉCTRICAS

En redes de distribución de energía eléctrica:

- Se **evitarán** las **líneas aéreas** en entornos urbanos (la lluvia, viento, nieve o hielo pueden ocasionar cortocircuitos y arcos eléctricos peligrosos).
- En trazados de **alta o media tensión** se instalará un **interruptor automático** de reenganche en cabecera. En **media o baja tensión** se establecerá como sistema preferente de distribución el de **redes subterráneas protegidas**, con puntos de registro elevados y cajas de registro estancas. En redes de **media tensión** se instalarán **interruptores seccionadores** combinados con fusibles y seccionador/puesta a tierra.

- Para la **alimentación** en entornos urbanos conviene realizar el trazado eléctrico en anillos o bucle para aislar tramos con defectos o daños de un modo rápido y recuperar el suministro eléctrico en otras áreas sin afección.
- La ubicación de **transformadores** se realizará en lugares elevados, por encima del nivel de seguridad y en enclaves accesibles que permitan que las aperturas de ventilación natural estén siempre a una cota superior a la del periodo de retorno $T=100$ años.

En viviendas/edificios:

- Ubicar los **cuadros generales o contadores** en plantas superiores siempre que sea posible.
- Se evitará **disponer instalaciones o aparatos electrónicos** en las plantas bajas. Convendrá ubicar las instalaciones eléctricas en cubierta o en planta técnica, por encima de la cota de inundación. En cualquier caso, se debe evitar su colocación en sótanos.
- Posicionar las **tomas de corriente** de planta baja a una cota superior a 1,20 m de altura. Posicionar **aparatos de TV** a una cota superior a 1,20 m de altura, anclándolos a la pared en aquellos casos que sea posible.
- Equipar con **red equipotencial** en planta baja o planta sótano, conectando los elementos metálicos de cuartos húmedos (cocina/baño) a la red de puesta a tierra general.
- Realizar **conexiones** de cableado **estancas**, empleando conductores con protección AD-7 o superior (aislamiento y cubierta resistentes a inundaciones).
- Implantar **sistemas de almacenamiento energético temporal/permanente** mediante baterías para entornos con único acceso a la red de distribución de alta tensión (baterías conectadas a placas solares).
- Diseñar la instalación para poder **utilizar elementos externos** (vehículos eléctricos) como suministro de emergencia hasta el restablecimiento en caso de corte prolongado (energía necesaria para señales de socorro y servicios básicos).

B) ILUMINACIÓN EXTERIOR Y RED DE ALUMBRADO EXTERIOR

- Instalación de **red de alumbrado de emergencia** en áreas susceptibles de sufrir inundaciones. Sistema autónomo de la red de suministro general con luminarias y señalando los recorridos de evacuación.
- Refuerzo de la **cimentación de los báculos de iluminación** para resistir empujes laterales de masas de agua hasta una altura de 1,20 m (considerando la incidencia de la velocidad del agua), y sustituir aquellos que no garanticen la seguridad.
- **Estanqueidad:** Conducciones eléctricas bajo camisa hermética, con conexiones en cajas estancas posicionadas preferiblemente a cota $> 1,20$ m y empleando conductores con protección AD-7 o superior (aislamiento y cubierta resistentes a inundaciones). Cajas de registro estancas. En aquellos casos donde la iluminación se encuentre a ras de suelo, se instalarán luminarias completamente estancas, capaces de funcionar bajo el agua.
- Interruptores exteriores y tomas de corriente de tipo IP o IK, para ambientes extremos.

C) SANEAMIENTO

- Dimensionado de **red de drenaje perimetral y red separativa** que tenga en cuenta los periodos de lluvias torrenciales.
- **Duplicidad** de colectores de drenaje en viales de acceso a urbanizaciones, y red específica de pluviales en zonas con periodo de retorno $T = 100$ años.
- **Impermeabilización perimetral** de las plantas situadas bajo rasante y hasta una cota de +1,25 m sobre rasante (incluido el apoyo de cimentación).

- Instalación de **válvulas anti retorno** en conexiones con la red general e instalación de sistemas temporales de cierre hermético de sanitarios (inodoros especialmente).
- Sustitución de fosas sépticas *in situ* por **fosas prefabricadas** de poliéster reforzado con fibra de vidrio y cierre estanco (resistentes a altas presiones de agua exterior); o en caso de imposibilidad de sustitución, impermeabilización interior y exterior de la fosa (Interior: hormigón impermeable fratasado, granulometría 16-32 mm y agua/cemento 0,6. Exterior: lámina asfáltica o nodular de polietileno, anclada mecánicamente, protegida con geotextil y lámina impermeable), sustitución de tapa de registro por sistema estanco (anclado mecánicamente y con juntas de neopreno) y del sistema de entronque (canalizaciones flexibles de PVC), y válvula anti retorno.

D) FONTANERÍA

- **Canalizaciones subterráneas** de suministro de agua **protegidas**, preferiblemente en el interior de módulos prefabricados de hormigón polimérico, para evitar el contacto directo de las canalizaciones con el terreno (posibilidad de movimientos diferenciales o lavado del terreno que ocasione la rotura de los tubos).
- Red de **distribución en anillo** que permita el corte de las secciones dañadas y la recuperación del suministro de agua potable en las zonas no afectadas.
- **Arquetas** de registro cada 50 m, con tapa de registro anclada mecánicamente y sellado mediante junta perimetral de neopreno.
- **Distribución interior** de edificio **por plantas**, diferenciando plantas susceptibles de inundación del resto, e interponiendo válvulas anti retorno y de corte.
- Colocación de un **depósito de agua** por encima de la cota máxima de inundación para evitar la contaminación del agua potable y garantizar el suministro. Deben disponer de sistemas de cierre hermético y estar protegidos de la contaminación aérea.

E) CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN

- Ubicar las máquinas de **climatización** y **ventilación** en cubierta o cuartos de instalaciones por encima del nivel máximo de inundación.
- Prestar especial atención a las **tomas de ventilación en fachada**: rejillas, carpinterías y elementos por debajo de cotas de inundación, ya que representen puntos de entrada de agua que invalidan todas las demás medidas adoptadas.

F) INSTALACIONES ESPECIALES

Los principios básicos indicados en los apartados anteriores son igualmente aplicables a las instalaciones especiales (elevar las instalaciones por encima del nivel de seguridad, evitar o impedir el retorno de agua por la red de saneamiento, proteger las instalaciones más sensibles a la acción del agua, como son la red eléctrica y suministros de gas y agua, etc.). Pero, además, deben contemplarse medidas adicionales, atendiendo a la tipología de la instalación.

• Centros de Proceso de Datos

Los CPD albergan servidores informáticos especialmente vulnerables al agua (equipos y datos). Estas instalaciones requieren además unas condiciones de funcionamiento muy específicas, siendo especialmente restrictivas las variaciones en temperatura y humedad.

Para minimizar los riesgos en caso de inundación, se indican las siguientes directrices:

- Instalar los **racks** en cota superior a planta primera en aquellas áreas de inundabilidad con periodo de retorno T=100 años. Se recomienda no ejecutar este tipo de instalaciones por debajo de 3 m respecto de la cota del suelo en espacios inundables.

- Utilizar **cableado** de tipo LSZH (*Low Smoke Zero Halogen*), con cableado con la red de enlace de tipo AD-7, según la norma UNE 20460-3:1996, que permita un suministro ininterrumpido incluso en caso de inundación.
- Utilizar **suelo técnico** elevado, con red de canaletas de drenaje que permita la evacuación de agua superficial esporádica.
- Utilizar sistema de **baterías** SAI para garantizar el suministro al menos durante 12 horas. Este sistema es compatible con la instalación de placas solares fotovoltaicas que permitan aumentar el tiempo de suministro de emergencia.
- Sistemas de **extinción de incendios** de gas ante eventuales cortocircuitos.
- **Explotaciones ganaderas**

En las explotaciones ganaderas los principales riesgos en caso de inundación son medioambientales, especialmente las balsas de purines, donde se almacenan residuos altamente contaminantes para las aguas superficiales y subterráneas (alto contenido en amoníaco, óxido nítrico, dióxido de carbono). También se pueden producir daños por rotura de balsa (efecto dique).

Como medidas correctoras complementarias se proponen:

- Elegir ubicaciones para las **balsas de purines** alejadas de cursos de agua y en zonas por encima de cota de inundación. En caso de ser necesaria la creación de taludes para la formación de la balsa, se realizará un compactado correcto y se emplearán técnicas de mejora del terreno (tierra armada, refuerzo interno mediante bloques de hormigón prefabricado o elementos pétreos, terrenos gunitados, etc.). Almacenar sobre terrenos preferiblemente impermeables y garantizar la correcta estanqueidad de la balsa mediante geomembranas de PEAD o PVC y geotextiles de polipropileno y poliéster. Dimensionar la instalación para tener periodos completos de almacén de purines hasta su utilización (periodo de secado). Utilizar conducciones y colectores de PVC desde la explotación hasta la balsa.
- Construir **estanques de retención** y canales de protección para reducir la altura de calado y la velocidad del agua antes de llegar a la balsa de purines.
- Crear redes de **evacuación** de aguas **pluviales** superficiales, (siguiendo criterios de transparencia hidráulica), permitiendo la evacuación de aguas hasta ríos o espacios de evacuación.
- Construir **fosas separadoras** mediante hormigón armado.
- Implementar **sistemas de evaporación forzosa** para reducir el tiempo de secado y facilitar la retirada de residuos reciclables.
- **Equipamientos sanitarios**

Los centros sanitarios, y especialmente los hospitales, son dotaciones muy sensibles a los daños ocasionados por inundaciones, puesto que no pueden detener su actividad, tienen unas condiciones de funcionamiento muy específicas y deben estar disponibles en caso de emergencia. El suministro energético debe estar disponible en todo momento, el suministro de agua potable y control de residuos ha de mantenerse bajo estricto control biológico, y deben evitarse situaciones de riesgo frente al suministro de gases potencialmente explosivos como el oxígeno y otros gases de uso medicinal.

Las siguientes recomendaciones complementarias están destinadas a salvaguardar la integridad de las instalaciones y usuarios:

- Ejecutar los sistemas de distribución de **suministros en horizontal**, empleando plantas técnicas o falsos techos desde la planta primera, para evitar que los principales trazados de instalaciones se vean afectados por inundaciones.
- **Colectores perimetrales** y áreas inundables (inundación asumible) en planta baja, que permitan el paso del agua y eviten acumulaciones.

- Dividir el **sistema eléctrico** en fases independientes, siguiendo un esquema en anillos o bucle para poder aislar posibles daños en partes del trazado y garantizar el suministro eléctrico del resto del edificio. Implantar sistemas de generación de energía en paralelo (baterías + fotovoltaica, grupos electrógenos). Conexiones eléctricas equipotenciales en planta baja (todas las estancias) y en los cuartos húmedos y quirófanos de plantas superiores.
- Equipo (UTAs) y trazado principal del sistema de **renovación de aire** en plantas superiores o cubierta, para evitar que los conductos puedan inundarse (trazados por encima de planta primera), especialmente los vinculados a quirófanos.

Realizar el almacenamiento hermético de **residuos biológicos** en plantas por encima de la cota máxima de inundación.

3.4. Ejemplos prácticos de diseño

3.4.1. Paseo del Arga (Pamplona) – Viviendas de protección oficial

Algunas de las recomendaciones mencionadas se han implantado en el caso del Parque Fluvial del Arga (Pamplona).

El paseo del Arga articula y compatibiliza diferentes aprovechamientos urbanos: viviendas, aparcamientos, parques, sendas y dotaciones. El curso del río queda fijado mediante actuaciones “blandas” y se recupera el ecosistema fluvial, creando corredores naturales para la flora y fauna autóctonas. El dimensionamiento del cauce, las riberas y las zonas de influencia permiten una evacuación de las aguas en momentos de crecida, evitando elementos que condicionen la evolución natural del medio fluvial.



Figura 27. Tramo del Parque Fluvial entre Pasarela los Tubos y Puente de San Pedro.

En ese entorno se localiza un edificio de 55 viviendas de protección oficial diseñado por el estudio de arquitectura Ramón Garitano, que ha incluido en su diseño la resiliencia frente a inundaciones. Algunas de las medidas adoptadas son:



Figura 28. Viviendas de Protección Oficial en Rochapea, Pamplona.

Muros pantalla del garaje, en la planta sótano, se alargan hasta superar la altura máxima de inundación, en la calle, formando un zócalo perimetral que eleva los locales comerciales y protege la edificación de las inundaciones. Este zócalo se complementa con barreras hidráulicas automatizadas para las aberturas necesarias en fachada.



Figura 29. Medidas de contención: Zócalo de hormigón armado estructural y barrera metálica hidráulica.

Adicionalmente se coloca una lámina impermeable de bentonita entre la totalidad de la cimentación del sótano y el terreno, evitando cualquier filtración de agua proveniente del suelo.



Figura 30. Protección cimentaciones con bentonita.

Disponen de un vestíbulo de acceso pasante entre dos calles, trasteros ubicados bajo cubierta en vez de sótano para evitar daños al contenido, zócalos perimetrales de materiales impermeables (hormigón, ladrillo) cuya altura supera la cota máxima de inundación y rampas de acceso a los garajes subterráneos con el primer tramo en pendiente ascendente hasta superar la altura de inundación máxima.



Figura 31. Acceso a garaje con tramo inicial ascendente.

3.4.2. Nuevo distrito Matra en Romorantin (Francia)

Otro ejemplo son los edificios del Nuevo distrito Matra, en Romorantin (Francia), que se encuentran en una zona con Riesgo Potencial Significativo de Inundación, dentro de la zona inundable de periodo de retorno de 100 años y, además, la cota de implantación de los edificios está muy próxima al nivel del calado del río Sauldre en avenidas de periodo de retorno de 50 años.

Para abordar esta problemática, el equipo de Eric Daniel-Lacombe arquitectos adoptó las siguientes medidas:

- Diseño de edificios incorporando el concepto de transparencia hidráulica y creación de espacios públicos evitando la retención e incidencia del agua, con el objetivo de ralentizar, drenar y canalizar el agua hacia zonas verdes, estanques de retención y el propio río. Estas leves alteraciones topográficas permiten que la inundación se produzca de forma gradual y se puedan tomar las precauciones necesarias con un margen de tiempo prudencial (retirada de vehículos de los aparcamientos, evacuación de zonas afectadas, etc.).
- Creación de pasarelas de acceso y elevación de los edificios mediante pilotes por encima de la cota de inundación de 100 años de periodo de retorno.
- Las zonas ajardinadas frente a las viviendas y los aparcamientos de los edificios permiten el libre paso del agua, situándose a una profundidad de 0,80 m bajo la cota de inundación. La cota escogida permite una inundación controlada de escasa profundidad, facilidad de limpieza y la rápida evacuación de vehículos, evitando la posibilidad de condiciones insalubres por acumulación de agua y lodos.
- Las plataformas peatonales se resuelven mediante elementos verticales anclados a zapatas de hormigón armado.



Figura 32. Sección transversal de viviendas/espacios públicos ilustrando el concepto de "Transparencia Hidráulica".



Figura 33. Esquema de "Transparencia Hidráulica" y tipologías de edificación y espacios públicos en el proyecto urbanístico de Matra (Romorantin-Lathenay).

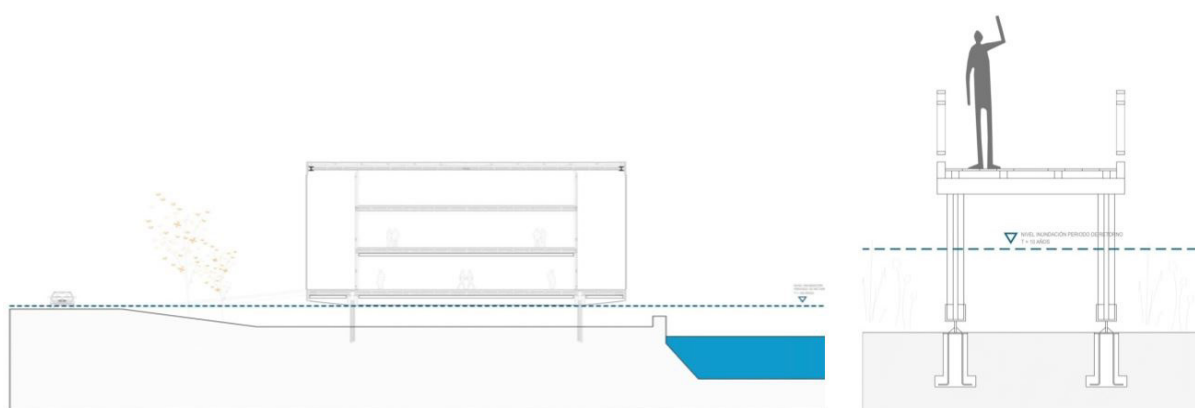


Figura 34. Sección constructiva de Tipología de vivienda A junto al río Sauldre (izquierda). Plataforma peatonal transitable, elevada a una cota superior a 1,50 m (derecha).

Gracias a este diseño urbanístico, durante los distintos episodios de inundación padecidos se ha conseguido reconducir el flujo hasta el cauce de forma óptima en tres días, sin daños personales, inundándose de forma puntual algunos garajes, que resistieron con leves daños materiales asumidos desde el propio proyecto.

3.5. Decálogo de recomendaciones y checklist para edificios nuevos

A continuación se presentan de forma resumida los pasos a seguir en el diseño de edificios de nueva planta que, una vez autorizado, se vaya a construir en zona inundable.

Según la clasificación definida en el RDPH, comprobar si la parcela se encuentra en zona de servidumbre, zona de policía, zona de flujo preferente o zona inundable.

A continuación se incluye una propuesta de elementos o conceptos a tener en cuenta a la hora de diseñar nuevos edificios en zona inundable, a modo de resumen.

- I. Determinar los calados para distintas avenidas, especialmente la de 500 años. Para ello, consultar las distintas fuentes de información disponibles: SNCZI, estudios municipales de inundabilidad, el Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas, etc.
- II. Seguir los criterios para la situación en la parcela: ubicación, alineación, elevación y analizar las posibles modificaciones del entorno.
- III. Disponer barreras tales como muros, taludes, rellenos y excavaciones (no aplicable en zona de flujo preferente).
- IV. Elevar el edificio por encima de la cota de inundación, siempre que la tipología edificatoria, el terreno y la normativa municipal lo permitan.
- V. Impermeabilizar las zonas bajas del edificio hasta una cota de 30 cm superior a la cota prevista de la inundación siempre que se desee disponer de garajes subterráneos y sótanos.
- VI. Siempre que se incluyan garajes subterráneos y sótanos, se debe garantizar la estanqueidad del recinto para la avenida de 500 años y realizar estudios estructurales específicos para evitar el colapso por agua.
- VII. Ubicar las zonas sensibles, instalaciones y maquinaria en zonas elevadas.
- VIII. Utilizar materiales resistentes al agua.
- IX. Asegurar la estanqueidad de las juntas y encuentros
- X. Prever un plan de actuación en caso de inundación y disponer de un kit de emergencia en un lugar seco y accesible

CRITERIOS DE SITUACIÓN EN LA PARCELA

Ubicación	Situación en la zona más elevada
	Acceso por zona menos vulnerable
	Aparcamiento en superficie y mobiliario exterior fuera de la trayectoria de la avenida
	Vegetación alejada de la trayectoria avenida - edificación
	Vallado ligero discontinuo / estanco calculado para aguantar inundaciones
Alineación	Orientación longitudinal / oblicua a la avenida
	Paso libre del agua a través de la edificación
Posibles modificaciones en el entorno	Rellenos de tierras
	Construcción de taludes
	Muros
	Excavaciones

CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

Estructura y cimentación	Cálculo del efecto de las cargas sobre el edificio
	Cálculo de los estados límite
	Cálculo del posible efecto dominó
	Cálculo del potencial de socavación
	Estanqueidad en la estructura
	Comprobación de los pilares

Elevación	Colina o elevación mediante rellenos
	Muro perimetral de cimentación
	Muro perimetral no estanco
	Elevación sobre pilares
Impermeabilización	
Utilización de materiales resistentes al agua	
Organización espacial y distribución	Espacios y usos vulnerables situados en zonas elevadas
	Instalaciones eléctricas en zonas elevadas
	Cubiertas transitables y accesibles como lugar seguro y de rescate
	Ubicación de la acometida y arquetas fuera de zona inundable
	Disposición de válvulas anti retorno en las tuberías de saneamiento y abastecimiento
Aberturas	Evitar la colocación de ventanas, puertas y huecos por debajo del nivel de inundación
	Sellado de las uniones en aberturas por debajo del nivel de inundación
	Medidas protectoras (escudos) provisionales en aberturas bajo el nivel de inundación
Garajes subterráneos y sótanos	Estanqueidad del recinto para la avenida de 500 años de período de retorno
	Estudios estructurales específicos para evitar el colapso de las edificaciones
	Respiraderos y vías de evacuación por encima de la cota de dicha avenida
Otros	Permitir la entrada del agua de manera controlada
	Considerar barreras temporales
CRITERIOS CONSTRUCTIVOS	
Muros	Impermeabilización exterior
	Capa filtrante y drenante
	Tubo drenante en el arranque del muro
	Recubrimiento interior con mortero hidrófugo
Fachadas	Impermeabilización exterior mediante revestimiento o lámina impermeable
	Espesor de la hoja principal ≥ 24 cm o 1 pie
	Material de revestimiento exterior y de agarre resistente al agua (clase 3 o 4)
	Fachada sin cámara de aire ventilada
Suelos	Impermeabilización exterior
	Capa filtrante y drenante
	Uso de hormigón hidrófugo
Encuentros y juntas	Capa impermeabilizante de refuerzo en juntas verticales
	Capa impermeabilizante de refuerzo en intersección entre dos planos en esquina
	Sellado de todas las juntas con bandas de PVC o perfiles de caucho expansivo
Huecos	Carpintería resistente al agua (PVC o acero inoxidable)
	Sellado de juntas

Tabla 2. Resumen de los elementos o conceptos a tener en cuenta a la hora de diseñar nuevos edificios en zona inundable.

4. CRITERIOS DE ACTUACIÓN EN EDIFICIOS EXISTENTES

La renovación urbana emerge como la mejor solución para revitalizar zonas antiguas o degradadas. En el caso de los centros urbanos, en el incremento del valor a menudo juega un papel importante su situación junto al mar o cerca de cursos de agua, pero pueden quedar dentro de zonas de afección.

Para reducir el riesgo de inundación en edificios ya existentes en zona inundable, las soluciones o medidas a implantar deben estar más orientadas hacia la adaptación del territorio a la inundación.

Las distintas medidas pueden clasificarse según los objetivos perseguidos con su implantación, tal y como recoge la *Guía para la reducción de la vulnerabilidad de los edificios frente a las inundaciones*, editada por el Consorcio de Compensación de Seguros, y podrían resumirse en los siguientes:

- **Evitar:** impedir que el agua alcance el edificio.
- **Resistir:** impedir que el agua entre en el edificio, una vez que ha llegado al exterior del mismo.
- **Tolerar:** admitir la entrada del agua en el edificio adoptando medidas para limitar el daño y reducir el tiempo de vuelta a la normalidad.
- **Retirar:** cambiar el edificio de ubicación, o incluso demoler en aquellos casos en los que el riesgo es demasiado elevado o el coste inasumible.

Según el objetivo en cada caso y en función de la cota del agua para la avenida de periodo de retorno de 500 años, se escogerán aquellas medidas que garanticen la seguridad de las personas, de la estructura, del equipamiento, y de los servicios y bienes.

4.1. Evitar

Para **evitar** que el agua entre en contacto con el edificio, una estrategia puede ser disponer de barreras de contención, una vez recabada la preceptiva autorización. Por lo general, este tipo de medidas se podrán aplicar siempre y cuando no se incremente la peligrosidad (ya se trate de calados o de velocidad) o el riesgo de inundación (entorno próximo o aguas abajo del punto de actuación). Se pueden encontrar los siguientes tipos:

4.1.1. Taludes y movimientos de tierra

En caso de que la parcela del edificio disponga de suficiente superficie, para contener la inundación pueden crearse barreras de tierra, taludes, pendientes o terraplenes integrados en el paisaje. En cualquier caso deben fijarse al terreno y compactarse correctamente para evitar la erosión y el desprendimiento en caso de inundación, y su altura debe superar la cota máxima de inundación.

4.1.2. Diques y muros estancos

Los diques, ya sean marítimos o fluviales, son los elementos más ampliamente utilizados. Se trata de estructuras, generalmente en piedra u hormigón armado, que evitan que el agua llegue al edificio. De forma temporal, crean una diferencia en el nivel del agua entre dos espacios, por lo que provocan una "carga hidráulica" para la que deben estar dimensionados.



Figura 35. Muro estanco de protección.

Esta solución ocupa menos espacio que la utilización de taludes o los movimientos de tierras, por lo que es más adecuada para aquellas edificaciones que disponen de poco espacio para la contención. Sin embargo, es necesario considerar también el impacto paisajístico que generan, sobre todo en entornos urbanos consolidados, ya que pueden llegar a ocultar la vista del agua a la población o crear barreras de paso.

Los muros estancos, por su parte, deben tener en cuenta en su diseño la presión hidrostática en caso de inundación, la posibilidad de recibir impactos de los elementos arrastrados por el agua, la resistencia a la erosión, y deben disponer de un sistema de drenaje que evacúe el agua que pueda llegar a filtrarse. Se trata en todo caso de un sistema más vulnerable que los diques, y su implantación responde habitualmente a la carencia de espacio.

En cualquier barrera permanente que se disponga ante eventuales inundaciones se debe considerar con especial cuidado la estanqueidad en los huecos y puertas de paso. La colocación de una puerta no estanca (forja, tablestacas de madera, etc.) puede provocar la inutilidad de la totalidad del sistema de contención.

El RDPH (art. 9 bis) no permite cierres estancos en zona de policía ni en la zona de flujo preferente, por lo que este sistema debe ser específicamente autorizado.

4.1.3. Barreras temporales

Las barreras temporales son una solución adecuada para zonas con poco espacio, y en lugares donde la instalación de una barrera permanente pueda entorpecer el uso habitual del edificio. Existen distintas tipologías:

- Sacos o elementos rellenos de agua o arena
- Diques hinchables
- Barreras modulares
- Compuertas estancas mecanizadas

En caso de querer utilizar barreras temporales hinchables o modulares es necesario disponer de un tiempo de respuesta frente a la avenida suficiente, además del conocimiento necesario para su montaje. El material debe almacenarse en un lugar fácilmente accesible y conocido por los usuarios, siendo recomendable, además, la realización de pruebas de montaje con relativa frecuencia.

En zonas acotadas (como puede ser el caso de accesos, caminos, puertas, etc.) se pueden utilizar barreras metálicas mecanizadas, ya sea de forma manual o automática. En estos casos, se dispondría del elemento de contención en el mismo lugar de implantación, y su colocación es rápida y sencilla. Con este sistema se reduce notablemente el tiempo de respuesta necesario para la puesta a punto de la contención, si bien no es adecuado para cerrar grandes extensiones.

A diferencia de los taludes y muros, las barreras temporales se pueden utilizar en edificaciones construidas en un entorno urbano consolidado.

En todos los casos, la altura de las barreras debe ser superior a la cota máxima de inundación prevista (al menos >30 cm.). Además, se debe tener en cuenta la presión hidrostática y la posibilidad de recibir impactos de los elementos arrastrados por el agua.

Como norma general, a la hora de instalar barreras de contención es necesario tener en cuenta una serie de aspectos:

En suelos muy permeables se deben tomar medidas adicionales en las inmediaciones de la barrera, como por ejemplo, colocar un tubo drenante o realizar una zanja y preparar la base para el muro mediante rellenos impermeables o lodos bentoníticos.

Después de un episodio de inundación prolongado es conveniente realizar una inspección de la barrera de contención y realizar el mantenimiento adecuado (adicional a la revisión anual).

A pesar de disponer barreras para contener la inundación, los usuarios deben evacuar rápidamente el edificio. Las barreras generan una falsa sensación de seguridad, pero en caso de fallo puntual o de que la inundación supere la altura de la barrera, se inundará rápidamente la zona resguardada y será más complicado realizar la evacuación. En caso de barreras temporales, y si se dispone del tiempo suficiente, se debe colocar la barrera y seguidamente evacuar el edificio.

Las principales ventajas, inconvenientes y distintas consideraciones a tener en cuenta con las barreras temporales son:

	VENTAJAS	INCONVENIENTES	CONSIDERACIONES
Alteración en el entorno	Integración paisajística	- Extensión - Gran cantidad de tierras necesaria	- Compactación y estabilización - Evitar erosión y desprendimientos
Muros permanentes	- Menor superficie en planta necesaria - Aprovechamiento como cerramiento habitual	Estanqueidad de huecos y puertas de acceso.	- Posibles filtraciones - Incorporar un sistema de drenaje
Barreras temporales	- No entorpece el uso habitual - Se puede utilizar en edificios entre medianeras	- Tiempo de respuesta - Conocimientos técnicos de montaje	- Realizar prácticas de montaje - Almacenamiento en lugar fácilmente accesible

Tabla 3. Tabla resumen de los elementos de contención.

4.2. Resistir

En aquellos edificios existentes donde la estrategia de elevar no sea viable, se deben impermeabilizar y proteger adecuadamente las zonas situadas por debajo de la cota máxima de inundación.

4.2.1. Impermeabilización

La impermeabilización se debe realizar preferentemente por la cara exterior del elemento, y se puede ejecutar mediante:

- Láminas asfálticas o bituminosas.
- Láminas poliméricas.
- Productos de base cementosa: morteros hidrófugos impermeabilizantes.
- Impermeabilizantes a base de resinas epoxi.
- Imprimación con pintura impermeabilizante (aplicación mediante rodillo o aspersión).

En el caso de impermeabilizaciones utilizadas para reducir el riesgo de inundación, se recomienda el uso de sistemas de membranas adheridas o de lámina compartimentada. En edificios situados en zona inundable se desaconsejan los sistemas de impermeabilización que utilicen recubrimientos bituminosos o de morteros, ya que su durabilidad es baja, su capacidad impermeabilizante moderada y necesitan un mayor mantenimiento. La impermeabilización mediante hormigón estanco solo se recomienda en losas de cimentación y en elementos donde sea imposible ejecutar un sistema de membranas adheridas o de lámina compartimentada.

Los principales métodos de impermeabilización son:

- Lámina impermeabilizante colocada sobre el paramento existente, protegida mediante hoja de ladrillo o aplacado, creando un zócalo impermeable: Se deberá comprobar que la cimentación existente es capaz de soportar la nueva hoja del cerramiento. En caso contrario, se realizará una cimentación propia. Adicionalmente se debería instalar un tubo drenante en la base de la impermeabilización.
- Revestimiento exterior impermeable: Consiste en colocar una capa impermeable a base de resinas epoxi o de mortero impermeabilizante que se aplica en la cara exterior del paramento, sin necesidad de protección adicional.

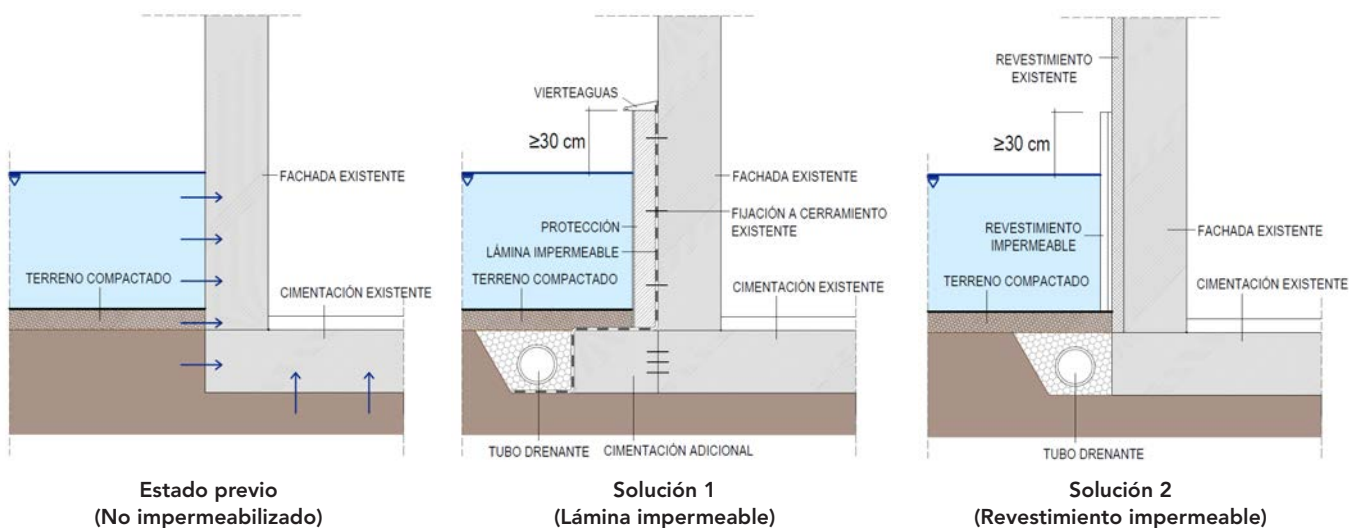


Figura 36. Soluciones de impermeabilización.

La impermeabilización del cerramiento no evita el incremento de cargas horizontales debido a la presión hidrostática o la posibilidad de recibir impactos, por lo que es necesario comprobar que el elemento es capaz de resistir estas fuerzas. En caso contrario, se debe reforzar aumentando el espesor del muro por el interior o mediante una subestructura metálica de acodalamiento. El refuerzo debe estar correctamente anclado al cerramiento o al muro original.

Si además se han detectado infiltraciones recurrentes durante los episodios de inundación a través de la solera, es aconsejable impermeabilizar el suelo para evitar la filtración por subpresión y por capilaridad. Para ello se puede demoler el suelo, retirar el pavimento, (subbases, material de agarre y acabado) y la solera, colocar una capa drenante (arenas o gravas) y una lámina impermeable, y volver a construir la solera y el pavimento. En el caso de losas de cimentación, se deberían retirar todas las capas del pavimento hasta llegar a la capa superficial de la losa existente, donde se colocará la impermeabilización.

En los muros de sótano se recomienda realizar una excavación perimetral y retirar el terreno para poder aplicar la impermeabilización por el exterior. En caso de que esto no sea posible (por normativa, construcciones contiguas, peligro de derrumbamiento, etc.), se realizará una impermeabilización por la cara interior, si bien su efectividad será menor. En este caso es conveniente, además, impermeabilizar el suelo, tratando de crear un vaso estanco.

4.2.2. Protección de huecos

Los huecos y las aperturas son puntos críticos por los que el agua puede acceder al interior en caso de inundación. Ventanas, puertas, rejillas, sistemas de ventilación y pasos de instalaciones situados por debajo de la cota máxima de inundación deben ser revisados y convenientemente sellados o desplazados para quedar por encima de esa cota.

En caso de que toda la estancia esté por debajo de la cota de inundación y no sea posible tapiar los huecos por motivos de iluminación, ventilación o accesibilidad, se utilizarán materiales resistentes al agua y se sellarán las uniones con juntas de neopreno. Además, se protegerán los huecos con sistemas "escudo" provisionales.

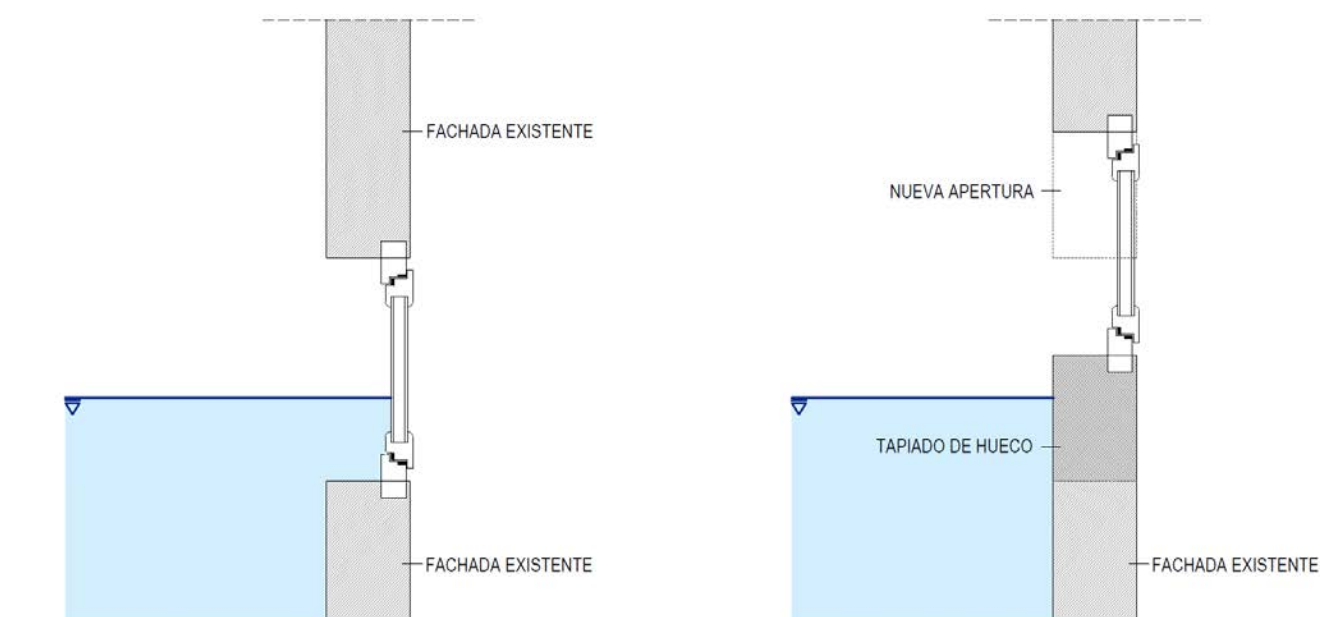


Figura 37. Desplazamiento de hueco por encima de cota de inundación.

No se recomienda la utilización de rejas, puesto que representan un obstáculo en caso de evacuación o de intervención de servicios de emergencias. En caso de que sea necesario colocar huecos para iluminación natural, pero no por ventilación, se recomienda realizar varios huecos pequeños no practicables resueltos mediante bloques de vidrio.

Utilizando barreras metálicas, barreras plásticas, compuertas abatibles o compuertas neumáticas, todos los huecos de la edificación quedarían protegidos si el tiempo de actuación y reacción es el adecuado, y siempre que los elementos de protección hayan estado bien almacenados, mantenidos y conservados.

4.3. Tolerar

Cuando no sea posible adaptar el edificio para evitar o resistir la inundación, se deben adoptar las medidas que sean necesarias para minimizar los daños, asumiendo que la inundación va a penetrar en el interior de la edificación.

4.3.1. Organización espacial y distribución

Para minimizar las consecuencias de la avenida, es conveniente redistribuir los usos o elementos almacenados en el edificio de modo que los espacios más vulnerables se sitúen en zonas elevadas o con menor riesgo de inundación. Incluso pueden eliminarse de la planta inferior (sótano, semisótano o planta baja) y ubicar todo el programa del edificio en las plantas superiores o en ampliaciones de planta, siempre que la normativa urbanística y la estructura del edificio lo permitan.

En el espacio residual se puede actuar de dos modos:

- Permitir el acceso del agua mediante aperturas correctamente diseñadas. El espacio inferior se puede seguir destinando a usos no vulnerables. Se debe disponer un sistema de bombeo para evacuar el agua tras de la inundación, garantizar una ventilación adecuada que evite las humedades, utilizar materiales resistentes al agua y realizar una limpieza y mantenimiento adecuado después de la inundación.
- Rellenar el espacio vacío con tierras, de modo que el edificio funciona como si se hubiese realizado una elevación mediante rellenos.

En ambos casos es conveniente aislar e impermeabilizar el forjado por la cara inferior. Los materiales utilizados por debajo de la cota de inundación deberán ser resistentes al agua.

En cualquier caso, se incluyen los siguientes aspectos a tener en cuenta a la hora de distribuir los usos de distintos edificios:

- Por lo general, se evitará disponer instalaciones o aparatos electrónicos en las plantas bajas, siendo preferible ubicar las instalaciones eléctricas en la cubierta o en una planta técnica. En cualquier caso, se debe evitar su colocación en sótanos.
- En los hospitales, los quirófanos y las salas de operaciones se situarán en plantas superiores. La zona de urgencias debe situarse en una zona elevada pero fácilmente accesible. La planta baja se destinará a usos comunes como cafetería, zonas de recepción, etc. Las instalaciones de suministro se situarán en plantas elevadas, evitando en cualquier caso su ubicación en sótanos.
- En los colegios y centros educativos se evitarán las aulas en planta baja. Estos espacios se destinarán a administración, zona de recreo, cafetería etc.
- En museos, bibliotecas, juzgados etc., se evitará el almacenamiento en sótanos y plantas bajas.

- En viviendas unifamiliares, los dormitorios se situarán en las plantas superiores.
- En las comisarías, residencias de ancianos y personas dependientes, etc. se reubicarán los calabozos o dormitorios en las plantas superiores, eliminando todas las zonas de noche y de descanso de las plantas bajas.

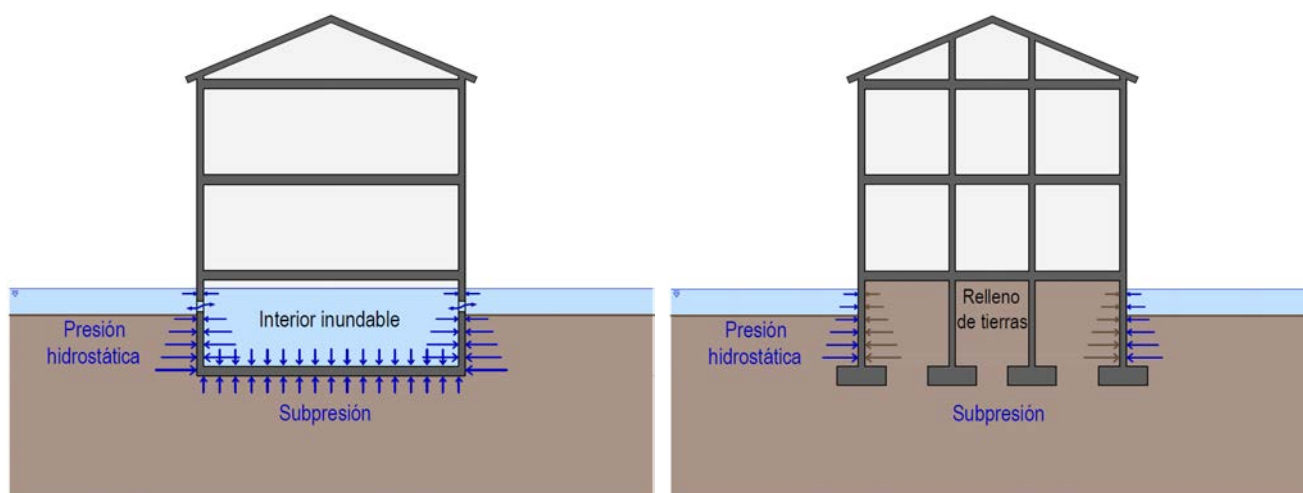


Figura 38. Elevación de usos: sótano inundable o relleno.

	VENTAJAS	INCONVENIENTES	CONSIDERACIONES
Elevación total mediante gato hidráulico	• Aprovechamiento total del edificio	• Coste económico elevado • Complejidad de ejecución • Válido únicamente en viviendas unifamiliares y construcciones pequeñas	• Formación técnica y experiencia de la empresa ejecutora
Planta inferior inundable	• Menor coste económico • Aprovechamiento parcial de la planta inferior	• Posibles humedades (propias y a terceros)	• Bombeo para evacuar el agua • Ventilación • Diseño adecuado de 0aperturas • Acabados interiores resistentes al agua • Impermeabilizar forjado
Planta inferior rellena de tierras	• Menor coste económico • Válido en viviendas entre medianeras • Aguanta empujes horizontales de la presión hidrostática	• Pérdida de espacio habitable	• Relleno granular y drenante • Impermeabilizar forjado

Tabla 4. Tabla resumen de medidas de elevación.

4.3.2. Accesos y espacios seguros

Se recomienda mejorar la seguridad de los accesos de evacuación. Si es posible, se desplazará el punto de acceso hasta la zona más elevada y menos vulnerable de la parcela. En caso de no ser posible, se recomienda elevar la zona mediante rellenos o disponer barreras de contención.

Se recomienda crear un espacio seco y seguro en la cubierta, accesible al menos en caso de inundación. Además de servir como espacio de resguardo, también permite la evacuación aérea.

4.3.3. Instalaciones de fontanería y saneamiento

Es conveniente incorporar válvulas anti retorno en todas las tuberías de abastecimiento y saneamiento situadas por debajo de la cota de inundación. La acometida y las arquetas se situarán en las zonas menos vulnerables de la parcela y se evitará colocar baños en sótanos y zonas enterradas. Los huecos de entrada de las instalaciones deberán estar sellados y ser completamente estancos.

4.4. Retirar

En determinadas ocasiones no queda más remedio que modificar la ubicación del edificio, ya sea elevándolo o trasladándolo.

4.4.1. Elevar el edificio

La opción de elevar la edificación existente y situarla por encima del nivel máximo de inundación requiere un proyecto específico y una formación técnica especializada de la empresa ejecutora. El procedimiento consiste en:

- Fijar y apuntalar la parte de la estructura que se va a elevar.
- Separar la estructura aérea de la cimentación e interrumpir las instalaciones y acometidas.
- Elevar la edificación mediante gatos hidráulicos sincronizados.
- Instalar una subestructura auxiliar y retirar los gatos hidráulicos.
- Reparar e impermeabilizar la existente en caso de ser necesario.
- Construir la nueva estructura a base de pilares y muros perimetrales, utilizando en lo posible la cimentación existente.
- Realizar las obras de cerramiento pertinentes y las conexiones de instalaciones.
- Construir un nuevo acceso que alcance la nueva cota de entrada.

La elevación del edificio es una estrategia que únicamente se puede aplicar en edificaciones exentas y de poca envergadura (nunca en edificios entre medianeras), por lo que su utilización queda restringida casi únicamente a viviendas unifamiliares y pequeñas construcciones.

4.4.2. Traslado o demolición

En caso de que la combinación de las medidas anteriores no sea suficiente para evitar el riesgo de inundación ni garantizar la seguridad de los usuarios, será necesario clausurar y demoler el edificio o trasladarlo a otro emplazamiento seguro.

El traslado de cualquier edificio es un complejo proceso, costoso y que necesariamente debe ser proyectado, ejecutado y controlado por personal especializado. Para ello, se deberá:

- Fijar y apuntalar la estructura aérea que se vaya a desplazar.
- Separar la estructura aérea de la cimentación y desconectar instalaciones y acometidas.

- Elevar la edificación mediante gatos hidráulicos sincronizados.
- Colocar la edificación sobre raíles (en caso de transporte a una ubicación dentro de la parcela) o sobre un vehículo de transporte.
- Construir la cimentación en la nueva ubicación, colocar el edificio sobre la nueva cimentación, y realizar las obras de unión, instalaciones y cerramiento correspondientes.

La recolocación de un edificio únicamente se puede aplicar en edificaciones exentas, de poca envergadura, o en edificios singulares (nunca en edificios entre medianeras). Así, esta opción queda restringida casi únicamente a viviendas unifamiliares, pequeñas construcciones, y edificios de relevancia histórica o cultural.

4.5. Ejemplos prácticos

4.5.1. Actuaciones para evitar inundaciones

- **Paseo del Arga en Pamplona**

Para evitar la afección a edificios e infraestructuras por las crecidas del río Arga, se diseñaron y construyeron distintos parques longitudinales ubicados entre el río y la primera línea de edificación. De esta forma, se aumentó el espacio disponible del río en momentos de crecida y se favoreció la infiltración del agua sobre el terreno. Estos dos factores combinados han permitido laminar y evacuar el agua rápidamente, mitigando los efectos de las inundaciones eficazmente.

Esta actuación cuenta también con motas revegetadas entre el río y las edificaciones que actúan como barrera y permiten la infiltración. Se sitúan próximas a zonas de aparcamiento de coches, previniendo también su arrasamiento en caso de crecida. En algunos casos se construyen muretes de hormigón con la misma función, integrados paisajísticamente.

Además, todas las rotondas contiguas al río Arga son vegetadas, y se sitúan a una cota inferior respecto a la edificación y la calzada. Así, actúan como sumideros urbanos, recibiendo el agua canalizada por los viales, deteniéndola temporalmente e infiltrándola al terreno.



Figura 39. Parque fluvial del río Arga (tramo Rochapea y Runa II).



Figura 40. Motas entre el río Arga y la primera línea de edificación.

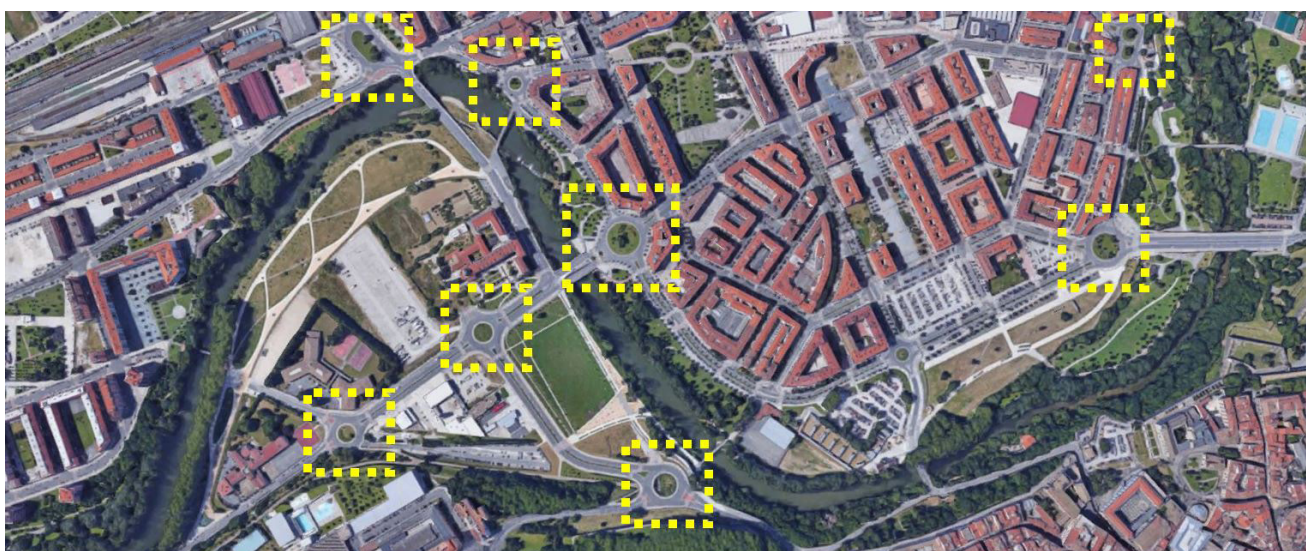


Figura 41. Rotondas vegetadas. San Jorge y Rochapea, Pamplona.

Con el objetivo de proteger ante las inundaciones del río Arga, algunos edificios cuentan con barreras metálicas hidráulicas automatizadas, integradas en el pavimento. Estas barreras se abaten verticalmente contra montantes verticales en caso de inundación.

En otras ocasiones, se han colocado también barreras temporales metálicas en las aberturas de fachada (accesos, ventanas, rejillas de ventilación, armarios de instalaciones...).

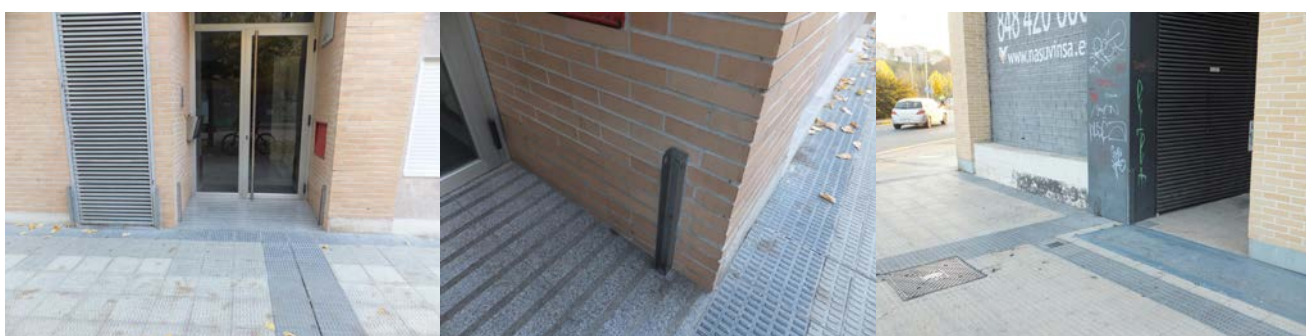


Figura 42. Protección de accesos, aberturas y rejillas de ventilación. Pamplona.

- Río Júcar a su paso por Cuenca

Con el fin de proteger las edificaciones cercanas al río Júcar durante episodios de avenida, se realizan diversas intervenciones. Estos terrenos alojan en la actualidad el recinto ferial, un parque municipal de bomberos y protección civil, y las instalaciones privadas de un hospital y *residencia de ancianos*. La Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ) ha iniciado trabajos de adaptación: estabilización de la vega actual del río mediante espigones y motas longitudinales en ambas márgenes, fijadas más adelante por la plantación de álamos.



Figura 43. Proyecto de actuaciones río Júcar.

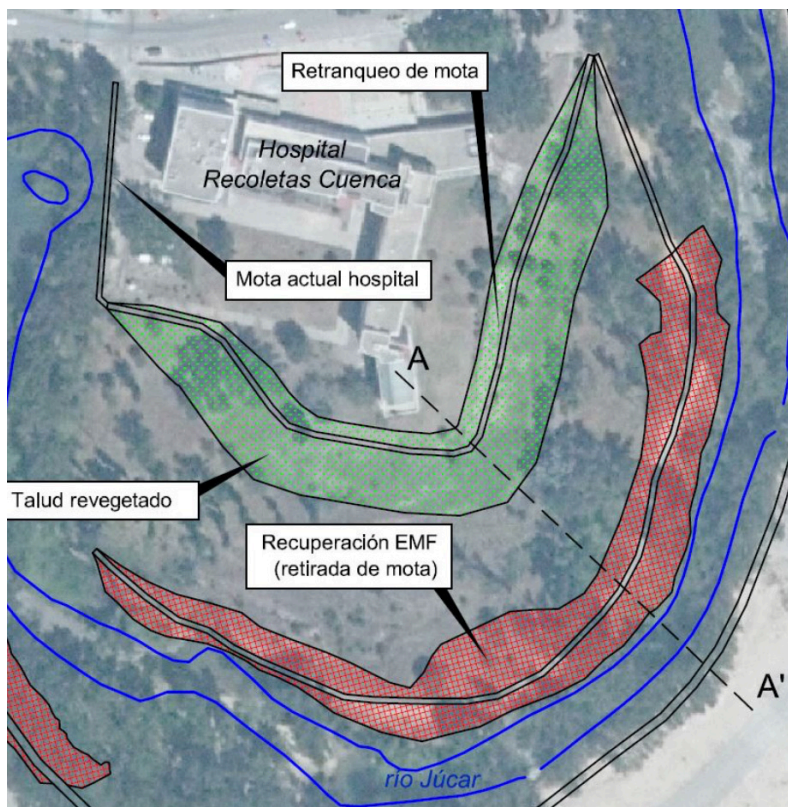


Figura 44. Vista en planta de la intervención en el hospital de Cuenca.

Las intervenciones realizadas en el entorno del hospital y residencia para protegerlos frente a los eventos de inundación son los siguientes: mejora el espacio de movilidad fluvial con la retirada de la mota de la margen izquierda desde el recinto ferial hasta el puente de la carretera N-400 y se moviliza la mota de la margen derecha a la altura del hospital. La nueva sección tipo en esta margen dispone de un talud tendido y revegetado hacía el cauce que discurre, en planta, próximo a la edificación, permitiendo el paseo en su coronación. Se trata de un camino de 1.80 metros de anchura con talanquera de madera para permitir el acceso con seguridad a la coronación de la mota.

Para su construcción se realizará un extendido de las tierras desmontadas de la mota de la margen izquierda, dando continuidad al nivel de protección marcado por la mota de la margen derecha.

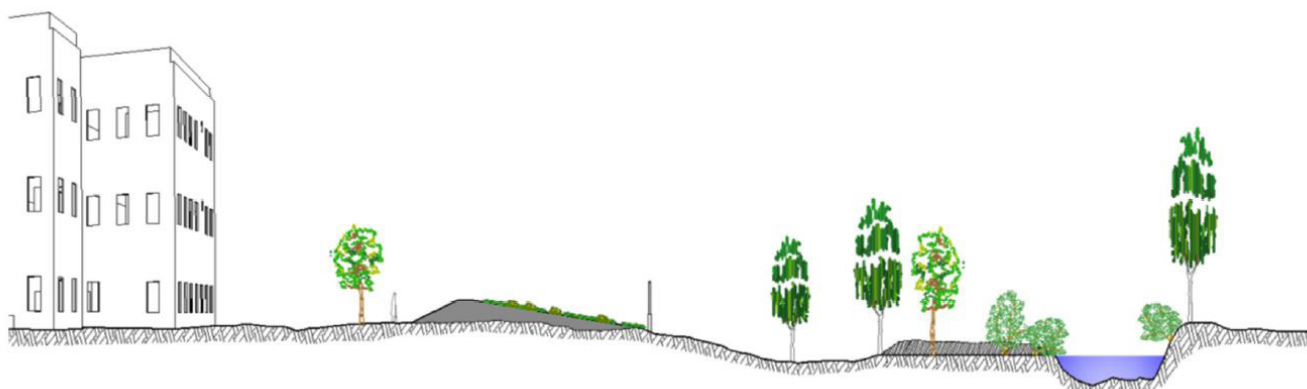


Figura 45. Sección tipo de movilización de mota en margen del hospital.

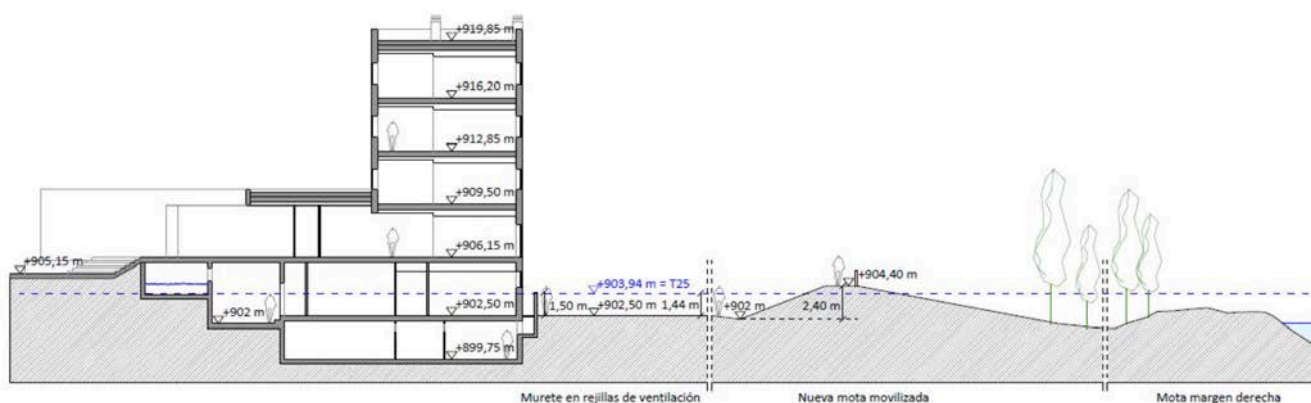


Figura 46. Sección general en zona hospitalaria.

A su vez, las instalaciones del Parque Municipal de Bomberos y Protección Civil se protegen mediante el retranqueo de la mota de escollera existente en la margen izquierda. Esta operación permite aumentar la capacidad hidráulica del tramo del puente sobre el río Júcar, facilitando que estos cauces de avenida se activen cuando las aguas sobrepasen las márgenes en las zonas de laminación natural, colaborando a reducir la peligrosidad y el riesgo asociado.

También se plantea la retirada de escombros y residuos presentes a orillas del río, con la correspondiente adecuación y restitución topográfica, devolviendo la vega del río a su estado natural. De esta forma se favorece el desarrollo del soto naturalmente conectado por humedad edáfica con el cauce y se aumenta su capacidad de laminación natural.

Por último, para poner en valor el uso público y el potencial del espacio fluvial para el uso y disfrute de la población, en el Soto de la Alameda se habilitan accesos, paseos fluviales e infraestructuras. En estas nuevas intervenciones se dispone mobiliario urbano de uso público (banco, mesas de picnic, aparca bicicletas, puestos de pesca, etc.), así como paneles y señalizaciones informativos e interpretativos (carteles de zona inundable, prohibición de tránsito de vehículos a motor, flora y fauna de la zona...). Todas estas actuaciones se conciben de manera acorde y compatible tanto con el uso diario como con los episodios de inundación.

4.6. Decálogo de recomendaciones

El presente decálogo recopila de manera resumida las recomendaciones para edificios existentes localizados en zonas inundables:

- I. Según la clasificación definida en el RDPH, comprobar si la parcela se encuentra en zona de servidumbre, zona de policía, zona de flujo preferente o zona inundable.
- II. Determinar el calado para la avenida de periodo de retorno de 500 años. Para ello, consultar las distintas fuentes de información disponibles: SNCZI, estudios municipales de inundabilidad, el Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas, etc.
- III. Disponer barreras como taludes, diques, muros estancos o barreras temporales para contener la inundación.
- IV. Trasladar los usos más vulnerables a las plantas superiores o incluso elevar el edificio.
- V. Desplazar o cerrar los huecos situados bajo la cota de inundación.
- VI. Impermeabilizar las zonas bajas del edificio hasta una cota superior a la profundidad de la inundación.
- VII. Ubicar las zonas sensibles, instalaciones y maquinaria en zonas elevadas.
- VIII. Utilizar materiales resistentes al agua.
- IX. Asegurar la estanqueidad de las juntas y encuentros.
- X. Prever un plan de actuación en caso de inundación y disponer de un kit de emergencia en un lugar seco y accesible

A continuación se incluye una propuesta de elementos o conceptos a tener en cuenta a la hora de adecuar los edificios presentes en zona inundable, a modo de resumen. *Tabla 5. Resumen de los elementos o conceptos a tener en cuenta a la hora de diseñar nuevos edificios en zona inundable*

ELEVAR
Elevación total mediante gatos hidráulicos
Elevación de los usos
CONTENER
Taludes y movimientos de tierras
Muros estancos y barreras permanentes
Barreras temporales (hinchables, modulares o mecanizadas)
Drenaje junto al elemento de contención
Dimensionado para resistir fuerzas horizontales de presión e impactos
IMPERMEABILIZAR
Impermeabilización exterior del cerramiento
Impermeabilización de los muros de sótano (preferiblemente exterior)
Tubo de drenaje junto al cerramiento o muro de sótano
Refuerzo de los muros y cerramientos para soportar las cargas debidas a la inundación
Impermeabilización del suelo

REORDENAR Y ADAPTAR	
Organización espacial	Espacios y usos vulnerables situados en zonas elevadas
	Instalaciones eléctricas en zonas elevadas
	Cubierta transitable y accesible como lugar seguro y de rescate
Cierre de huecos	Tapiar los huecos situados por debajo de la zona de inundación
	Sellado de las uniones en aperturas bajo el nivel de inundación
	Carpintería resistente al agua (PVC o acero inoxidable)
	Medidas protectoras (escudos) provisionales en aperturas bajo el nivel de inundación
Accesos	Desplazar el acceso a la zona más elevada
	Proteger la zona de acceso mediante barreras
Instalaciones de fontanería y saneamiento	Ubicación de la acometida y arquetas en la zona menos vulnerable
	Disposición de válvulas anti retorno en las tuberías de saneamiento y abastecimiento
Otros	Reemplazar los acabados por materiales resistentes al agua bajo la cota de inundación
	Sellado de juntas

Tabla 5. Resumen de los elementos o conceptos a tener en cuenta a la hora de diseñar nuevos edificios en zona inundable.



5. GESTIÓN DE LA INUNDACIÓN

En la actualidad, las observaciones hidrometeorológicas registradas en tiempo real por las distintas redes de estaciones, permiten emitir avisos a Protección Civil y la población. Cuando existe riesgo de inundación, se pone en marcha un plan de actuación a nivel municipal que consiste en informar a la población de los posibles peligros y de las medidas que se deben tomar para mitigar los daños. En caso de ser necesario, los servicios de Protección Civil se encargan de organizar la evacuación de la zona de manera controlada y segura.

Los Planes de Alerta o Planes de Actuación Municipal ante el Riesgo de Inundaciones se engloban dentro de los Planes de Emergencia Municipales, que están supeditados a los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRIs). Además, es aconsejable (y en algunos casos, según la normativa territorial, obligatorio) elaborar un Plan de Autoprotección o Plan de Emergencia Familiar en el que se establezcan las reglas y procedimientos a seguir por parte de los usuarios en caso de emergencia. En los edificios situados en zona inundable, el Plan de Autoprotección o Emergencia Familiar deberá incluir un apartado específico para el caso de emergencia por inundación.

La “Guía para la reducción de la vulnerabilidad de los edificios frente a las inundaciones”, desarrollada por el Consorcio de Compensación de Seguros y la Dirección General del Agua, ha sido editada y publicada para fomentar el compromiso de la sociedad en la autoprotección, facilitando información de interés sobre las inundaciones y el riesgo asociado. Esta guía busca también la reducción del riesgo mediante la disminución de la vulnerabilidad de personas y bienes, y el aumento de la resiliencia de edificios en zonas con riesgo de inundación, promoviendo el aseguramiento.

Todos los aspectos relacionados con la gestión antes, durante y después de la inundación quedan recogidos en la mencionada guía.

6. FICHAS SINTÉTICAS DE LOS CASOS PRÁCTICOS

PARQUE FLUVIAL DEL RÍO ARGÁ. PAMPLONA. NAVARRA.



Situación	Parque Fluvial, Plan Integral del Argá. Tramo comprendido entre la Pasarela los Tubos y el Puente de San Pedro.
------------------	---

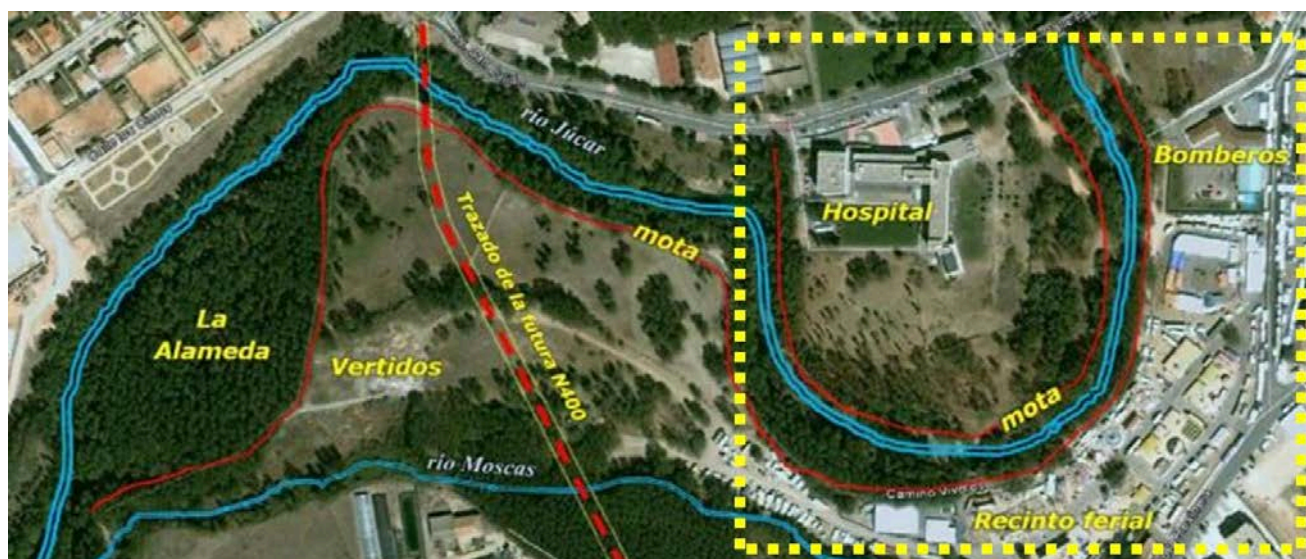
Problemática	Falta de espacio en algunos tramos entre la orilla del río y las zonas con uso.
	Vegetación en mal estado o inexistente, lo que favorece las inundaciones en caso de avenida.
	Existencia y previsión de construcciones, puentes y líneas de edificación en la zona de inundación del río, así como de obstáculos en el lecho mayor del río, que condicionan negativamente la evacuación de las aguas en caso de avenida.
	Falta de accesibilidad al río en muchos tramos, que impide el recorrido lineal y peatonal por las orillas.

Medidas de mejora	Creación del parque fluvial del Argá, que articula diferentes aprovechamientos generando un conjunto de enorme diversidad urbana y paisajística.
	Fijación del curso actual del río mediante actuaciones "blandas".
	Recuperación del ecosistema fluvial y creación de corredores naturales.
	Dimensionado y tratamiento adecuado del cauce, riberas y zonas de influencia del río para permitir la evacuación de las aguas en momentos de crecida.
	Accesibilidad y transitabilidad longitudinal de las riberas, creando un recorrido lineal.

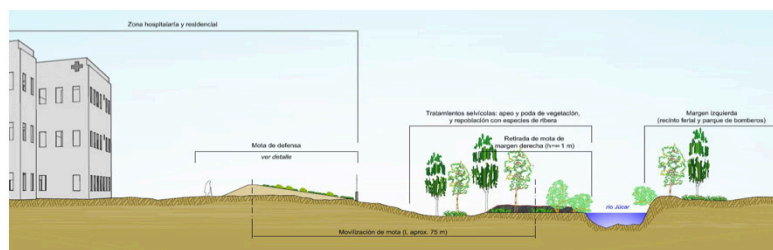


Edificación	Elevación de accesos.
	Protección de estanqueidad en sótanos.
	Acometidas a saneamiento en zona no inundable.
	Protecciones temporales en accesos inundables.
	Materiales constructivos resistentes en zonas inundables.
	Organización de espacios compatible con inundación (garajes, trasteros, portales...)

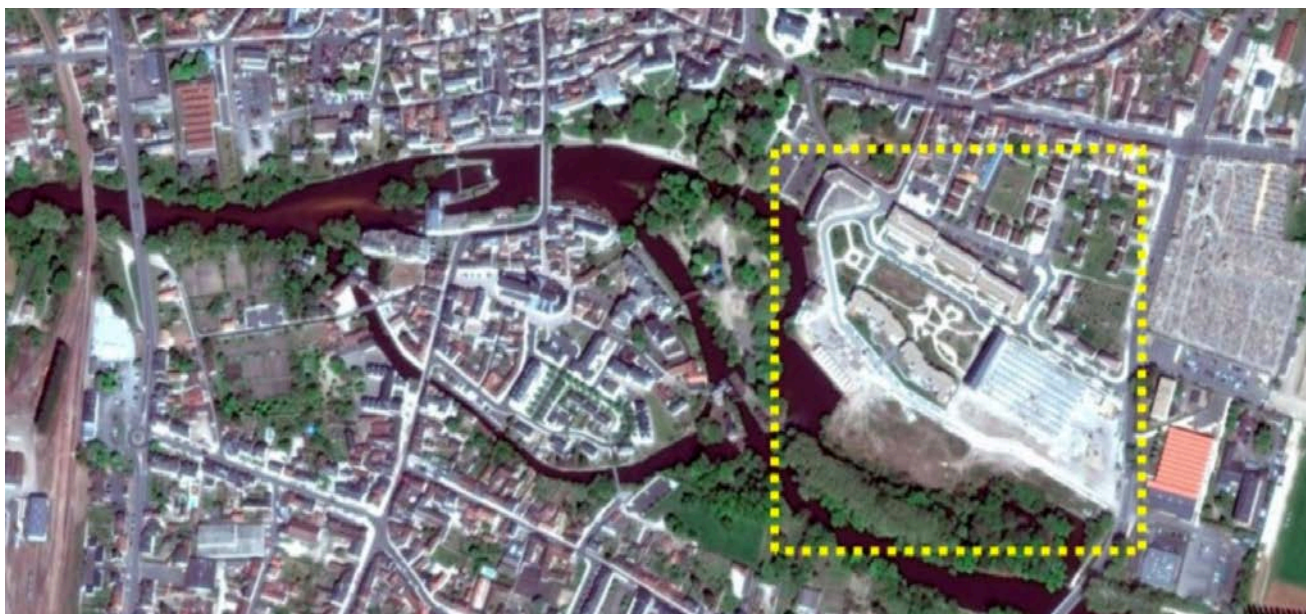
RÍO JÚCAR. CUENCA



Situación	Tramo de los ríos Júcar y Moscas comprendido entre los puentes de la calle Escultor Jamete y de la carretera N-400, Ronda Oeste, Cuenca.
Problemática	Zona con elevado riesgo de inundación (SNCZI)
	Motas y espigones de protección no adecuados, e infraestructuras que afectan al comportamiento hídrico (carretera).
	Vegetación no mantenida.
Medidas de mejora	Reducir el nivel de riesgo asociado a la salud humana, ambiental y de actividad económica, especialmente en lo referido a las instalaciones sanitarias y de emergencia.
	Nuevas medidas permanentes diseñadas para ralentizar la avenida, compatibles con usos recreativos.
	Mejora de la vegetación de ribera autóctona y su hábitat asociado, e incorporación de elementos para la interpretación y educación ambiental.
	Mejora de la ordenación del territorio y la gestión de la exposición en las zonas inundables.



Edificación (medidas propuestas)	Control de perímetro inundable (cota de calado).
	Traslado de instalaciones vitales a zonas no inundables.
	Válvulas antirretorno en red de saneamiento.
	Garantía de comunicación con zonas seguras desde zonas inundables.
	Usos no vulnerables en zona inundable (habitaciones, dormitorios, ingresos).
	Cerramiento de parcela permeable.

DISTRITO MATRA. ROMORATÍN. FRANCIA

Situación	Distrito Matra: Romorantin-Lanthenay , región de Loir-et-Cher, en el Valle de Loira, a orillas del río Sauldre y ubicada en un antiguo pantano secado.
------------------	--

Problemática	Falta de espacio en algunos tramos entre la orilla del río y las zonas con uso.
	Vegetación en mal estado o inexistente, lo que favorece las inundaciones en caso de avenida.
	Existencia y previsión de construcciones, puentes y líneas de edificación en la zona de inundación del río, así como de obstáculos en el lecho mayor del río, que condicionan negativamente la evacuación de las aguas en caso de avenida.
	Falta de accesibilidad al río en muchos tramos, que impide el recorrido lineal y peatonal por las orillas.

Medidas de mejora	Crear espacios públicos que permitan ralentizar, drenar y canalizar el agua hacia zonas verdes, estanques de retención y el río Sauldre.
	Potenciar la transparencia hidráulica en espacios públicos y edificación (permitir que el agua discurra libremente y se reconduzca al cauce de manera natural)..
	Diseñar edificación y recorridos de transitabilidad y accesibilidad elevados por encima del nivel de inundación.
	Trazado de jardines y parques siguiendo la directriz del río, a una cota inferior de la cota de calle.
	Plataformas peatonales se resuelven mediante elementos verticales anclados a zapatas de hormigón armado.



Edificación	Disposición de edificios en sentido de la corriente de agua.
	Creación de pasarelas de acceso y elevación del terreno mediante pilotes.
	Aparcamiento a profundidad > 0,80 m bajo la cota de rasante (no bloqueable por inundación).
	Libre paso del agua a través de nuevos edificios.
	Aperturas en edificio existente para paso de agua.

7. REFERENCIAS

Bibliografía

- AA.VV. (1981). Design Guidelines for Flood Damage Reduction. Washington, D.C.: Federal Emergency Management Agency (FEMA-15).
- AA.VV. (2007). Risk Management Series. Design Guide for Improving Critical Facility Safety from Flooding and High Winds. Washington, D.C.: Federal Emergency Management Agency (FEMA 543).
- AA.VV. (2008). Flood Damage-Resistant Materials Requirements for Buildings Located in Special Flood Hazard Areas in Accordance with the National Flood Insurance Program. Washington, D.C.: Federal Emergency Management Agency (FEMA-Technical Bulletin 2).
- AA.VV. (2013). Coastal Climate Resilience. Designing for Flood Risk. New York: NYC Planning. Department of City Planning. City of New York.
- AA.VV. (2013). Floodproofing Non-Residential Buildings. Section 2: Design Considerations in Floodproofing. Washington, D.C.: Federal Emergency Management Agency (FEMA P-936, Section 2).
- AA.VV. (2014). Homeowner's Guide to Retrofitting. Six Ways to Protect your Home from Flooding. Federal Emergency Management Agency. Washington, D.C.: (FEMA P-312, 3rd Edition. Catalog No. 09349-6).
- CIRIA (2007). Improving the Flood Performance of New Buildings. Flood Resilient Construction. Edición 2007, London: CIRIA.
- Office of the Deputy Prime Minister (2003). Preparing for Floods: Interim guidance for improving the flood resistance of domestic and small business properties. Edición 2003, West Yorkshire: ODPM Publications Centre.
- AA.VV (2009). Flood control in the Netherlands: A strategy for dike reinforcement and climate adaptation., Leiden: Rijnland Water Control Board.
- Ronny Vergouwe (Royal Haskoning DHV). The National Flood Risk Analysis for the Netherlands. Rijkswaterstaat VNK Project Office.
- AA.VV (2011). Water Management in the Netherlands. Rijkswaterstaat. Ministry of Infrastructure and the Environment.
- CEPRI (2014). Rapport: Évaluation des dommages liés aux inondations sur les logements. Orléans: Centre Européen de Prévention du Risque d'Inondation: CEPRI.
- CEPRI (2015). Rapport: Principes techniques d'aménagement. Comment saisir les opérations de renouvellement urbain pour réduire la vulnérabilité des territoires inondables face au risque d'inondation? Orléans: Centre Européen de Prévention du Risque d'Inondation: CEPRI.
- CEPRI (2016). Le territoire et ses réseaux techniques face au risque d'inondation. Orléans: Centre Européen de Prévention du Risque d'Inondation: CEPRI.
- CEPRI (2014). Gérer les inondations par ruissellement pluvial. Guide de sensibilisation. Orléans: Centre Européen de Prévention du Risque d'Inondation: CEPRI.
- CEPRI (2017). Les ouvrages de protection contre les inondations. S'organiser pour exercer la compétence GEMAPI et répondre aux exigences de la réglementation issue du décret du 12 mai 2015. Orléans: Centre Européen de Prévention du Risque d'Inondation: CEPRI.
- AA.VV (2017). *L'eau douce dans le monde*. Paris: Annales des Mines: Responsabilité et Environnement, N° 86.

- MAPAMA (2017). *Guía Técnica de Apoyo a la Aplicación del Reglamento del Dominio Público Hidráulico en las Limitaciones a los Usos del Suelo en las Zonas Inundables de Origen Fluvial*. Madrid: Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA).
- BOE (2016). *Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos preliminar I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas*. Madrid: Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo «BOE» núm. 103, de 30 de abril de 1986 Referencia: BOE-A-1986-10638.
- BOE (2016). *Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación*. Madrid: Ministerio de la Presidencia «BOE» núm. 171, de 15 de julio de 2010. Referencia: BOE-A-2010-11184.
- Ollero Ojeda, Alfredo (2014). *Guía Metodológica sobre Buenas Prácticas en Gestión de Inundaciones. Manual para Gestores*. Madrid: Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA).
- PATRICOVA (2013). *Plan de Acción Territorial sobre Prevención del Riesgo de Inundación de la Comunitat Valenciana*. Valencia: Dirección General de Evaluación Ambiental y Territorial. Conselleria d'Infraestructures, Territori i Medi Ambient. Generalitat Valenciana.
- Escuder, I.; Matheu, E.; Castillo, J. (2010). *Análisis y evaluación de riesgos de inundación: estimación del impacto de medidas estructurales y no estructurales*. Valencia: Jornada CICCVP.
- Martínez Bravo, E. (2017). *Elaboración de la Guía para la Reducción de la Vulnerabilidad de los Edificios*. Valencia: Jornada Técnica: Aspectos Clave en la Reducción del Riesgo de Inundación.
- Pérez Soriano, L.I. (2014). Trabajo Fin de Máster: *Seguridad Estructural para Construcciones en Zonas Inundables. Criterio Diseño Soluciones de Minoración del Riesgo de Fallo*. Madrid: Escuela Técnica Superior de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid.
- De Angelis, G. (2015). Tesis Doctoral: *Arquitectura y Desastres Naturales: Medidas para Mitigar el Riesgo Sísmico y de Inundación*. Barcelona: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. Universidad Politécnica de Catalunya.
- Comisión Nacional del Agua (2011). *Manual para el Control de Inundaciones*. México, D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Agencia Catalana del Agua, Generalitat de Catalunya (2015). *Guia per a la millora de la resiliència per fer front a les inundacions*. España.
- America's Prepare Athon. (2014) How to prepare for a flood.
- Asian Development Bank – ADB (2013). Investing in Resilience. Ensuring a Disaster-Resistant Future.
- Asian Development Bank – ADB (2016). Green solutions for livable cities.
- Association of British Insurers (2005) – ABI. Flood resilient homes. What homeowners can do to reduce flood damage.
- C. E. Rickard (2009). Floodwalls and flood embankments.
- Centre Européen de Prévention et de gestion des Risques d'Inondation - CEPRI (2005). Inondations. Guide d'évaluation de la vulnérabilité des Bâtiments vis-a-vis de l'inondation.
- Centre Européen de Prévention et de gestion des Risques d'Inondation - CEPRI (2008). Les digues de protection contre les inondations.
- Centre Européen de Prévention et de gestion des Risques d'Inondation - CEPRI (2009). Rapport. Un logement "zéro dommage" face au risque d'inondation est-il possible?
- Centre Européen de Prévention et de gestion des Risques d'Inondation - CEPRI (2010). Les digues de protection contre les inondations.

- Centre Européen de Prévention et de gestion des Risques d'Inondation - CEPRI (2010). Le bâtiment face à l'inondation. Diagnostiquer et réduire sa vulnérabilité.
- Centre Européen de Prévention et de gestion des Risques d'Inondation - CEPRI (2010). Le bâtiment face à l'inondation. Vulnérabilité des ouvrages.
- Centre Européen de Prévention et de gestion des Risques d'Inondation - CEPRI (2011). Bâtir un plan de continuité d'activité d'un service public. Les collectivités face au risque d'inondation.
- Centre Européen de Prévention et de gestion des Risques d'Inondation - CEPRI (2011). L'ACB (analyse coût/bénéfice): una aide á la decisión au service de la gestión des inondations.
- Centre Européen de Prévention et de gestion des Risques d'Inondation - CEPRI (2015). Impulser et conduire une démarche de réduction de la vulnérabilité des activités économiques.
- Centre Européen de Prévention et de gestion des Risques d'Inondation - CEPRI (2015). Rapport. Comment saisir les opérations de renouvellement urbain pour réduire la vulnérabilité des territoires inondables face au risque d'inondation?
- Confederación Hidrográfica del Ebro (2016). Plan de Gestión del Riesgo de Inundación de la cuenca del Ebro (folleto). España
- Consorcio Compensación de Seguros (2014). El Consorcio de Compensación de Seguros en las catástrofes naturales. España.
- Consorcio Compensación de Seguros (2015). Actividad y Funciones. España.
- Consorcio Compensación de Seguros (2015). La cobertura de los riesgos extraordinarios en España. España.
- Comisión Europea (2013). Libro verde sobre el aseguramiento de catástrofes naturales y antropógenas.
- Centre of Expertise for Waters – CREW (2012). Review of the literature on community based flood resilience measures.
- Communities and Local Government (2007). Improving the flood performance of new buildings. Flood resilient construction. United Kingdom.
- E. de Mora Jiménez y A. Díez Herrero (2008). Análisis del riesgo de inundación en localizaciones puntuales: el edificio Sabatini (Toledo). España.
- Environment Agency - EA (2009). Personal flood plan.
- Environment Agency - EA (2009). Prepare your property for flooding. A guide for householders and small businesses.
- Environment Agency - EA (2011). Would your business stay afloat?
- Environment Agency - EA (2012). Flooding-minimizing the risk.
- Environment Agency - EA (2014). Living on the edge. A guide to your rights and responsibilities of Riverside ownership.
- Federal Emergency Management Agency - FEMA (1993). Floods and flash floods.
- Federal Emergency Management Agency - FEMA (1999). Protecting building utilities from flood damage.
- Federal Emergency Management Agency - FEMA (2000). Evaluation of erosion hazards.
- Federal Emergency Management Agency - FEMA (2000). Reducing flood losses through the international code series.
- Federal Emergency Management Agency - FEMA (2003). Developing the mitigation plan. Identifying mitigation actions and implementation strategies.
- Federal Emergency Management Agency - FEMA (2008). Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis.

- Federal Emergency Management Agency - FEMA (2008). Understanding your risk. Identifying hazards and estimating losses.
- Federal Emergency Management Agency - FEMA (2009). Protecting Manufactured homes from Floods and other hazards. A multi-Hazard Foundation and Installation Guide.
- Federal Emergency Management Agency - FEMA (2010). Cómo proteger su vivienda y propiedad de los daños ocasionados por inundaciones. Ideas de mitigación para reducir las pérdidas ocasionadas por inundaciones.
- Federal Emergency Management Agency - FEMA (2010). Home Builder's guide to Coastal Construction.
- Federal Emergency Management Agency - FEMA (2013). Advisory base flood elevation map. New York.
- Federal Emergency Management Agency - FEMA (2014). Homeowner's guide to retrofitting.
- FloodProBe (2013). Technologies for flood protection of the built environment.
- FloodRe (2016). Transitioning to an affordable market for household flood insurance. The first Flood Re transition plan.
- FloodSite (2009). Flood risk assessment and flood risk management.
- Francisco Javier Sánchez Martínez, Jesús Yagüe Córdoba y Christine Andrés Moreno (2012). Programas de disminución de la vulnerabilidad como herramienta básica para la mitigación de los daños producidos por las inundaciones. España.
- Halcrow Groun Limited (2009). Strategic Flood Risk Assessment.
- Homecheck (2012). Flood report.
- Gestión Ambiental Viveros y Repoblaciones de Navarra, S.A. (2011). Estudio de evaluación, gestión y ordenación hidráulica del riesgo de inundaciones en el río Bidasoa en Navarra. España.
- Instituto Geológico y Minero de España – IGME y Consorcio de Compensación de Seguros – CCS (2004). Análisis del impacto de los riesgos geológicos en España. Evaluación de pérdidas por terremotos e inundaciones en el periodo 1987-2001 y estimación para el periodo 2004-2033. España.
- International Strategy for Disaster Reduction – ISDR, Special Unit for South-South Cooperation (2007). Handbook on Good Building Design and Construction.
- J. A. Ballesteros-Cánovas, M. Sánchez-Silva, J. M. Bodoque y A. Díez-Herrero (2013). An integrated approach to flood risk management: a case study of Navaluenga (Central Spain). Water Resources Management.
- J. Garrote, F. M. Alvarenga y A. Díez-Herrero (2016). Quantification of flash flood economic risk using ultra-detailed stage-damage functions and 2-D hydraulic models.
- Jez Wingfield, Malcolm Bell, Pam Bowker (2005). Improving the flood resilience of buildings through improved materials, methods and details.
- Ministère de l'Égalité des Territoires et du Logement; Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2012). Référentiel de travaux de prévention du risque d'inondation dans l'habitat existant. Francia.
- Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino (2011). Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables. España.
- Ministerio de Educación y Ciencia y Consorcio Compensación de Seguros – CCS (2004). Pérdidas por terremotos e inundaciones en España durante el periodo 1987-2001 y su estimación para los próximos 30 años (2004-2033). España.
- National Flood Forum (2017). Household Insurance
- Naciones Unidas (2012). Cómo desarrollar ciudades más resilientes. Un manual para líderes de los gobiernos locales.

- Office of the Deputy Primer Minister (2003). Preparing for floods. United Kingdom.
- The World Bank - The United Nations (2010). Peligros naturales, desastres evitables. La economía de la prevención efectiva.
- Ven Te Chow; David R. Maidment; Larry W. Mays (1994). Hidrología Aplicada.
- Working Group Floods – CIS (2012). Flood Risk Management, Economics and Decision Making support.

Direcciones web de interés

<https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-salubridad.html> Código Técnico de la Edificación

<http://www.mapama.gob.es/es/agua/temas/gestion-de-los-riesgos-de-inundacion/snczi/>

<http://publicacionesoficiales.boe.es/> Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado

https://www.consortseguros.es/web/documents/10184/48069/guia_inundaciones_completa_22jun.pdf/480edc31-446b-40a5-af5b-2c37daf20a35 Guía para la reducción de la vulnerabilidad de los edificios frente a las inundaciones.

http://www.tragsa.es/_layouts/GrupoTragsa/FichaPublicacion.aspx?ID=47&language_cd=es&pi=0&q=giae&tipo=-1&LA=-1 Gestión integral del agua de lluvia en entornos edificados. GIAE

<http://www.habitatge.gva.es/web/planificacion-territorial-e-infraestructura-verde/patricova-docs>

<https://es.scribd.com/document/302487312/Analisis-y-Evaluacion-Del-Riesgo-de-Inundacion>

<http://upcommons.upc.edu/handle/2117/96021> De Angelis, G. (2015). Tesis Doctoral: Arquitectura y Desastres Naturales: Medidas para Mitigar el Riesgo Sísmico y de Inundación

http://oa.upm.es/23386/1/Tesis_master_Laura_Perez_Soriano.pdf Seguridad estructural para construcciones en zonas inundables. Criterios de diseño. Laura Illeana Pérez.

<http://www.cepri.net/>

<https://www.ciria.org/>

<https://www.fema.gov>

<https://www.rijnland.net/downloads/floodcontrolrijnland-1-1.pdf> Rijnland District Water Control Board

[https://www.rijkswaterstaat.nl/english/Rijkswaterstaat Ministry of infrastructure and water management](https://www.rijkswaterstaat.nl/english/Rijkswaterstaat%20Ministry%20of%20infrastructure%20and%20water%20management)

<https://www.rockefellerfoundation.org/report/city-resilience-index/>

http://www.cepri.net/tl_files/Guides%20CEPRI/CEPRI%20rapport%20principe%20amenagt.pdf

https://www.cepri.net/tl_files/pdf/aidememoire.pdf

https://www.cepri.net/tl_files/pdf/guidevulnerabilite.pdf

https://www.cepri.net/tl_files/pdf/ceprilogementzerodommage.pdf

http://www.cohesionterritoires.gouv.fr/IMG/pdf/dgaln_guide_evaluation_vulnerabilite_inondations_nov_2005.pdf

<http://www.mementodumaire.net/wp-content/uploads/2012/03/guide-resilience1.pdf>

<http://www.mementodumaire.net/wp-content/uploads/2012/08/referentiellnondation.pdf>

<https://www.fema.gov/es>

https://www.fema.gov/medialibrarydata/1404148604102f210b5e43aba0fb393443fe7ae9cd953/FEMA_P-312.pdf

<https://www.gov.uk/government/organisations/environment-agency>

https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/11485/2187544.pdf

https://www.dorsetforyou.gov.uk/media/137849/Christchurch-Strategic-Flood-Risk-Assessment-Level2May2009MainReportVol2/pdf/Christchurch_Strategic_Flood_Risk_Assessment_Level_2_May_2009_-_Main_Report_Vol_1.pdf

https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/7730/flood_performance.pdf

http://www.floodprobe.eu/partner/assets/documents/floodprobe_guidance_18_09_2013_draft_for_aix_wrkshp.pdf

https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/410606/LIT_5284.pdf

<https://www.gov.uk/browse/environment-countryside/flooding-extreme-weather>

http://www.resilientus.org/publications/community_specific_publications/resilient_home_building_conference/

<http://www.buildresilience.org/2017/>

<http://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/home>

<https://artes-apps.esa.int/projects/insureapp-service>

<http://www.plan-loire.fr/fr/accueil/index.html>

https://www.floodsmart.gov/floodsmart/pages/preparation_recovery/before_a_flood.jsp

<http://hardenup.org/prepare-yourself/practical-preparation-advice/property-and-assets/prepare-for-floods/prepare-your-home-for-floods.aspx>

<http://www.nationalfloodforum.org.uk>

<http://www.nationalfloodforum.org.uk/library/>

<http://www.bsigroup.com/es-ES/Nuestros-servicios/Certificacion-de-productos/Kitemark/>

<http://shop.bsigroup.com/ProductDetail/?pid=000000000030299686>

<https://www.dfes.wa.gov.au/newsandmedia/Pages/NewsHome.aspx>

<http://www.centre4resilience.org/>

<https://www.floodtoolkit.com/>

<http://www.knowyourfloodrisk.co.uk/flood-advice-guidance>

<http://www.smartfloodprotection.com/the-smartest-project-2/>

http://www.cepri.net/tl_files/Guides%20CEPRI/CEPRI%20rapport%20principe%20amenagt.pdf . Comment saisir les opérations de renouvellement urbain pour réduire la vulnérabilité des territoires inondables face au risque d'inondation ? - Principes techniques d'aménagement - Février 2015.

https://www.cepri.net/tl_files/pdf/aidememoire.pdf Le bâtiment face à l'inondation Vulnérabilité des ouvrages.

https://www.cepri.net/tl_files/pdf/guidevulnerabilite.pdf Le bâtiment face à l'inondation - Diagnostiquer et réduire sa vulnérabilité

https://www.cepri.net/tl_files/pdf/ceprilogementzerodommage.pdf Rapport. Un logement "zéro dommage" face au risque d'inondation est-il possible?:

http://www.cohesionterritoires.gouv.fr/IMG/pdf/dgaln_guide_evaluation_vulnerabilite_inondations_nov_2005.pdf Inondations : Guide d'évaluation de la vulnérabilité des bâtiments vis à vis de l'inondation. Direction générale de l'Urbanisme de l'Habitat et de la Construction

<http://www.mementodumaire.net/wp-content/uploads/2012/08/referentiellInondation.pdf> Référentiel de travaux de prévention du risque d'inondation dans l'habitat existant

https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/11485/2187544.pdf Preparing for Floods

https://www.dorsetforyou.gov.uk/media/137849/Christchurch-Strategic-Flood-Risk-Assessment-Level-2-May-2009---Main-Report-Vol-2/pdf/Christchurch_Strategic_Flood_Risk_Assessment_Level_2_May_2009_-_Main_Report_Vol_1.pdf Strategic Flood Risk Assessment - Christchurch Borough Council - May 2009.

[https://www.gov.uk/government/uploads/Improving the Flood Performance of New Buildings: system/uploads/attachment_data/file/7730/flood_performance.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/Improving_the_Flood_Performance_of_New_Buildings_system/uploads/attachment_data/file/7730/flood_performance.pdf)

http://www.floodprobe.eu/partner/assets/documents/floodprobe-guidance_18-09-2013_draft_for_aix_wrkshp.pdf

https://www.fema.gov/media-library-data/20130726-1756-25045_1769/spanish_protecting_your_home__yellow_book_es_1_.pdf Technologies for Flood Protection of the Built Environment - FloodProBE: Cómo proteger su vivienda y propiedad de los daños ocasionados por inundaciones, Ideas de mitigación para reducir las pérdidas ocasionadas por inundaciones, octubre de 2010

https://www.fema.gov/media-library-data/1404148604102-f210b5e43aba0fb393443fe7ae9cd953/FEMA_P-312.pdf Fema - Homeowner's Guide to Retrofitting - FEMA P-312, 3rd Edition / June 2014

Direcciones web de empresas que suministran sistemas anti-inundación

<http://www.cagcanalizaciones.com/>

<http://www.aggeres.com/es/>

<https://www.digebis.com/barrera-anti-inundaciones/>

<http://www.puertasryst.com/content/barreras-contrainundaciones>

<http://productosquimicosymedioambiente.com/barreras-de-proteccion-contrainundaciones/>

<http://barrerasdecontencion.com/>

<http://floodbreak.com/>

<http://www.floodgate.ltd.uk/>

<http://www.ibsengineeredproducts.co.uk/>

<http://www.floodcontrolinternational.com/index.php>

<http://cmisheetpiling.com/es/>

<http://www.2secure.cl/index.php?route=common/home>

<http://www.ingeliur.com/>

<https://www.fluvial-innovations.co.uk/>

<http://www.absorbsp.com/flood-control/>

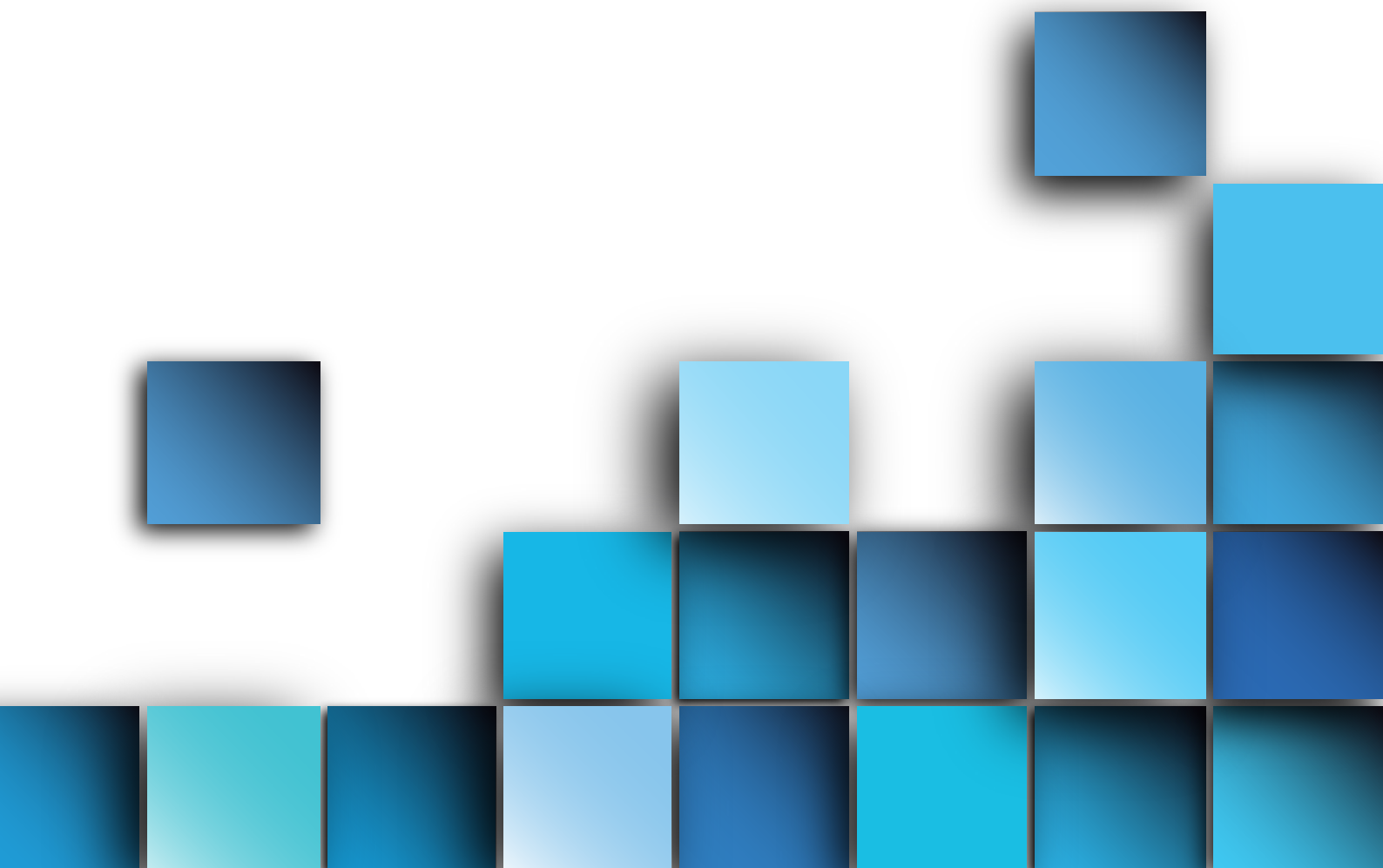
<http://aetflooddefence.com/products/>

<http://www.noah-systems.de/es/produkte.htm>

<http://www.quickdams.com/>

<http://www.whs-hochwasserschutz.de>

<http://www.flut-schutz.de>



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA