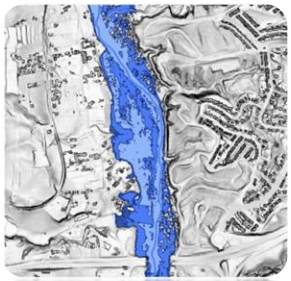
EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL RIESGO DE INUNDACIONES EN LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE MADRID Y ELABORACIÓN DE MAPAS DE PELIGROSIDAD EN LA ZONA DEL RÍO GUADARRAMA



Tutor de Proyecto:

Francisco Javier Sánchez Martínez

Miembros del Grupo:

Marta Fernández González

José Martínez Díaz

Lucía Belén Romero Herranz

Rafael Seiz Puyuelo

Máster en Ingeniería y Gestión del Agua. Curso 2009 - 2010

INDICE

(1) ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO..... **3**

(2) EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL RIESGO DE INUNDACIÓN DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE MADRID..... **4**

(2.1) FASE DE RECOPILACIÓN DE LA INFORMACIÓN BÁSICA..... **4**
(2.2) IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR DE ZONAS DE RIESGO DE INUNDACIÓN POTENCIAL..... **7**
(2.3) PRESELECCIÓN DE ZONAS DE RIESGO DE INUNDACIÓN ACTUAL..... **7**
(2.4) DEFINICIÓN DE UMBRALES DE RIESGO SIGNIFICATIVO..... **8**
(2.5) IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS CON RIESGO POTENCIAL Y SIGNIFICATIVO DE INUNDACIÓN..... **8**

(3) ELABORACIÓN DEL MAPA DE RIESGO Y PELIGROSIDAD DE UNA ZONA DEL RÍO GUADARRAMA..... **9**

(3.1) Pre-RAS - DESCRIPCIÓN FÍSISCA Y MORFOLÓGICA DEL TRAMO..... **9**
(3.2) MODELIZACIÓN DEL PROCESO DE INUNDACIÓN CON HEC-RAS..... **9**
(3.3) Post – RAS. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS..... **10**
(3.4) ANALISIS GEOMORFOLÓGICO MEDIANTE ORTOFOTOGRAFÍA DE 1957 Y LA DE LA ACTUALIDAD..... **10**
(3.5) MAPA DE PELIGROSIDAD Y RIESGO DE INUNDACIÓN DEL RÍO GUADARRAMA EN LA ZONA DE MÓSTOLES. ANÁLISIS TERRITORIAL DE FENÓMENOS DE AVENIDAS..... **10**

(4) ANEXOS..... **12**

(1) ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Tanto el Parlamento Europeo como el Consejo de la Unión Europea han considerado oportuno elaborar una Directiva que desarrolle los aspectos más importantes relacionados con los fenómenos extremos de sequías e inundaciones. Éstos, mencionados sucintamente en la Directiva Marco del Agua *(Directiva 2000/60/CE)* por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, son fenómenos que se repiten periódicamente y que hasta ahora, no tenían una legislación relacionada específicamente con ellos.

Las inundaciones pueden provocar víctimas mortales, el desplazamiento de personas, causar daños al medio ambiente, comprometer gravemente el desarrollo económico y debilitar las actividades económicas en un territorio por sus efectos negativos. Todo ello justifica el hecho de desarrollar una legislación específica, que tenga un fin preventivo e informativo acerca de todos los sucesos y consecuencias asociados al fenómeno.

Así mismo es necesario tener en cuenta que las avenidas son fenómenos naturales, y que por tanto, no pueden evitarse. No obstante, algunos hechos asociados a actividades humanas, como por ejemplo, la ocupación de las llanuras aluviales por asentamientos humanos (poblaciones o núcleos de desarrollo industrial), la reducción de la capacidad natural de retención del suelo por los cambios en los usos del mismo o los efectos relacionados con el cambio climático, están contribuyendo a aumentar las probabilidades de que ocurran, así como su impacto negativo.

Por todo lo mencionado anteriormente queda justificado el hecho de elaborar la Directiva de Inundaciones de la Unión Europea, la *2007/60/CE*, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación, y que va a ser en la que se base de la metodología aplicada en este proyecto. Ésta define un proceso lógico que consiste en los siguientes pasos:

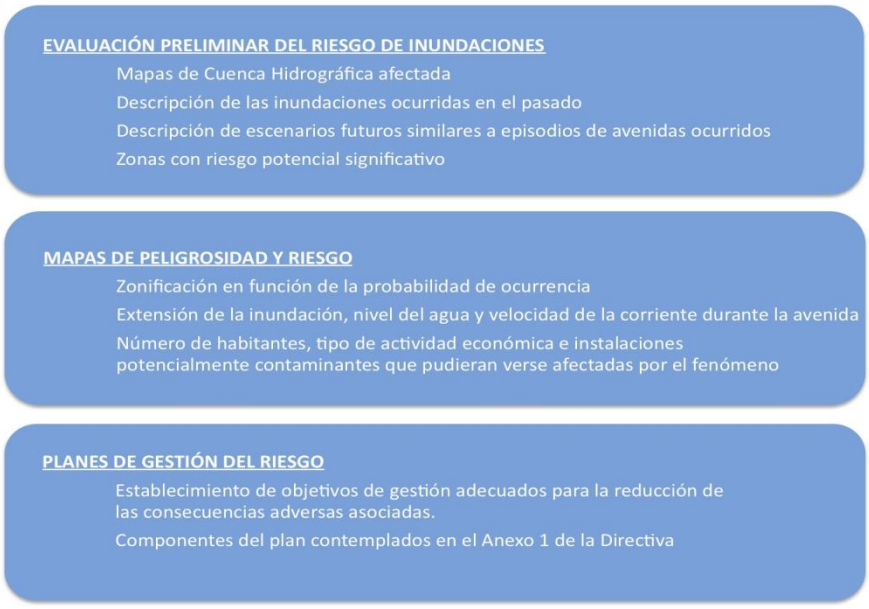


Figura 1. Esquema de la metodología adoptada en el estudio

En el caso de España, este fenómeno constituye el riesgo natural que ha producido mayores daños, tanto materiales como de vidas humanas, a lo largo de la historia. Pese a ello, no existía en nuestro país legislación específica relativa a este fenómeno de inundaciones; las pocas reseñas aparecían en planes de protección civil y documentos relacionados con la seguridad de grandes presas. Con la entrada en la Unión Europea se hace necesaria la adopción de la legislación básica a través de la trasposición de la Directiva Europea a la legislación estatal.

En el estudio presentado a continuación se han planteado dos objetivos principales que se enmarcan en la necesidad de ajuste y cumplimiento de la legislación europea relativa a inundaciones que viene siendo mencionada, haciendo referencia específicamente a la necesidad de realizar estudios de inundación. En primer lugar, se va a realizar la *Evaluación Preliminar del Riesgo de inundación en el territorio de la Comunidad de Madrid*. En segundo lugar, se va a proceder a la *elaboración del Mapa de Peligrosidad y Riesgo de Inundación en una zona del cauce del río Guadarrama*. En este caso serán ejemplos de *aplicación práctica*, con *datos reales* que servirán como base de este estudio.

(2) EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL RIESGO DE INUNDACIÓN DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

En la siguiente figura queda recogido un resumen de los pasos que se han seguido para el desarrollo de la E.P.R.I. en el territorio de la Comunidad Autónoma de Madrid:

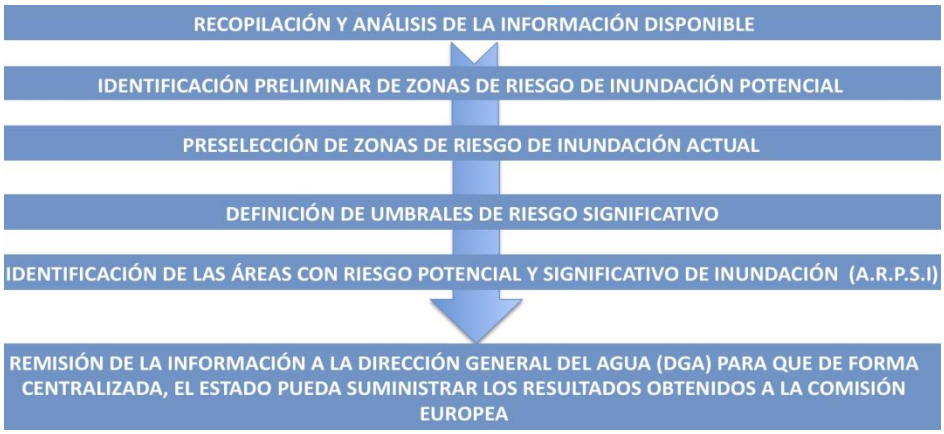
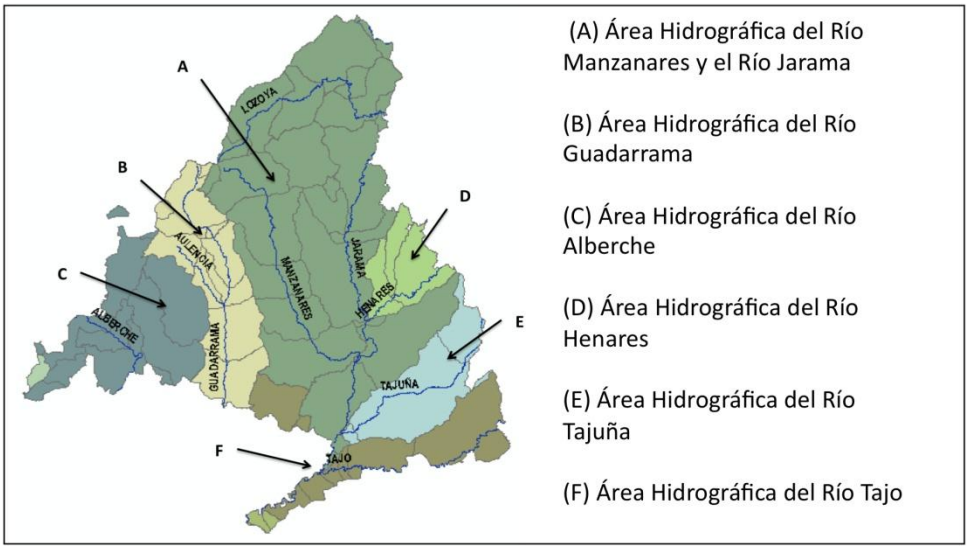


Figura 2. Pasos generales adoptados para el desarrollo de la E.P.R.I. realizada en este estudio

(2.1) FASE DE RECOPILACIÓN DE LA INFORMACIÓN BÁSICA

En una primera fase del desarrollo de la E.P.R.I se trata de recopilar toda la información disponible y relevante para el estudio del fenómeno de la inundación en un determinado territorio.

TOPOGRAFÍA Y RED HIDROGRÁFICA BÁSICA



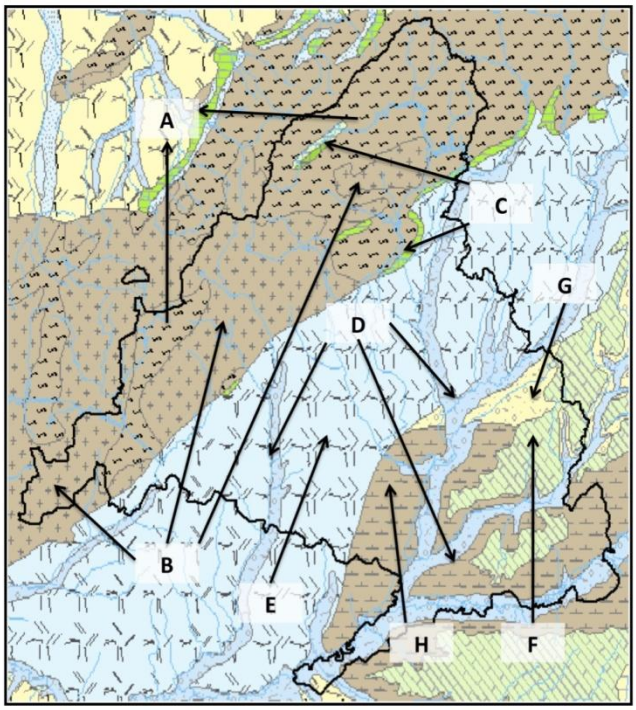
El territorio de la Comunidad de Madrid ocupa un área total de 8024 Km^2 dividido en 9 comarcas y 258 municipios, según el estudio de la Dirección General de Turismo Autonómica. Se encuentra incluido en el área de la Demarcación Hidrográfica del Tajo, que supone aproximadamente un 10% del área total de la misma.

GEOMORFOLOGÍA CARACTERÍSTICA DEL TERRITORIO

El territorio de la C.A.M. puede dividirse a grandes rasgos en dos zonas diferenciadas. Se puede distinguir una primera zona, que recorre de Oeste a Este en sentido Norte el área de la C.A.M, y se denomina como la Sierra de Guadarrama. Esta cadena montañosa forma parte del Sistema Central que divide la Meseta en dos mitades diferenciadas.

Al Sur de la Sierra de Guadarrama se encuentra la segunda gran zona del territorio de la C.A.M. Es la rampa sedimentaria que se extiende desde las faldas de Guadarrama hasta alcanzar el límite Sur con las llanuras del Tajo y el Jarama. Esta es la zona de mayor extensión y en la que se sitúan la mayoría de los núcleos de población y actividad humana de la región.

La geología sirve para dividir a grandes rasgos el territorio de la C.A.M, e influirá de forma importante en el funcionamiento territorial. Sin embargo, para la temática de la que se ocupa este estudio es importante realizar un análisis del funcionamiento hidrogeológico del territorio pues será éste, entre otras variables, el punto de partida para el establecimiento de zonas de potencial riesgo de inundación. De esta forma se ha decidido mediante el estudio de la cartografía digital correspondiente la división del territorio en función de su funcionamiento hidrogeológico en las siguientes zonas tal y como quedan recogidas en la siguiente figura:



(A) Zona de Mica-Esquistos, Filitas, Pizarras, Cuarcitas y Gneises generados por metamorfismo

(B) Zona de Granitos y Granitoides característicos de la orogenia Alpina del Sistema

(C) Zonas de Calizas y Dolomías aisladas

(D) Zonas de Gravas, Arenas, Limos, Depósitos Aluviales y Terrazas Fluviales asociados a cauces

(E) Zonas de Arcillas Arcósicas, Arenas y Areniscas poco cementadas derivadas de la disgraración de materiales serranos

(F) Zonas de Calizas, Margocalizas con materiales detríticos ntercalados entre las formaciones calcáreas

(G) Zonas de Margas, Calizas y Arcillas con alternancia de yesos y conglomerados sedimentarios

(H) Zonas de Margas de origen continentales o Marino con yesos masivos intercalados

Figura 3. Mapa Hidrogeológico de la C.A.M. con la zonificación propuesta en este estudio a partir de la información de la cartografía del IGME.

INFORMACIÓN HISTÓRICA RELATIVA A FENÓMENOS DE INUNDACIONES

Para consultar la información sobre inundaciones históricas se ha utilizado el Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas elaborado por la Comisión Técnica de Emergencia por Inundaciones (CTEI), así como aquella información encontrada en artículos de periódicos y otras publicaciones oficiales, para conocer las inundaciones ocurridas en la Comunidad de Madrid desde el año 1604 hasta la actualidad.

USOS DEL SUELO EN EL TERRITORIO ACTUALMENTE

Tras un análisis de forma general sobre los usos del suelo en la Comunidad de Madrid, los que más número de veces se repiten son: *material boscoso de transición, vegetación esclerófila, pastizales naturales y tejido urbano discontinuo*. Este último es el que más relevancia tiene en referencia a los riesgos asociados al fenómeno de inundación, especialmente en el área del río Guadarrama, donde el urbano disperso y no registrado, es predominante.

INFRAESTRUCTURAS HIDRAULICAS DE PROTECCIÓN FRENTE AL FENÓMENO DE AVENIDAS

Para la protección frente a inundaciones, se han construido a lo largo del tiempo numerosas presas en la Comunidad de Madrid. En referencia a la influencia de las mismas sobre las posibles consecuencias ante una inundación cabe destacar las siguientes presas; la presa de El Atazar, que regula el río Lozoya y se terminó en 1972, y los embalses de Entrepeñas y Buendía, construidos en 1956 y 1958 respectivamente. Éstos últimos no se encuentran en el territorio de la C.A.M. pero por su enorme influencia sobre el Tajo y sus inundaciones han sido incluidas en el estudio presentado. Estas obras de ingeniería son muy necesarias para disminuir el riesgo y los daños producidos por avenidas en la Comunidad de Madrid.

ESTUDIOS DE RIESGO Y PELIGROSIDAD REALIZADOS CON ANTERIORIDAD A ESTE ESTUDIO

Para llevar a cabo este estudio, se ha tenido en cuenta, además de lo expuesto anteriormente, dos estudios previos en la Comunidad de Madrid, que son: *"El plan de actuación en caso de inundaciones en la Comunidad de Madrid",* aprobado el día 25 de abril de 1997 por la Comisión de Protección Civil de la Comunidad de Madrid, en el que se encuentra una descripción del tipo de riesgo, y *"Las Zonas Inundables de la Comunidad de Madrid"* desarrollado por la Dirección General de Urbanismo y Planificación Regional de la Conserjería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid. Este último ha servido especialmente de guía para este proyecto ya que la metodología se asemeja más al mismo.

INFLUENCIA DEL FÉNOMENO DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Según un estudio realizado por *Francisco J. Ayala-Carcedo*, investigador del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), recogido bajo el título de *"Impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos en España y viabilidad del Plan Hidrológico Nacional"*, puede afirmarse que existe la posibilidad de que el fenómeno del Cambio Climático supusiera un grave problema para los recursos hídricos en general y en concreto para España.

De forma muy resumida y a modo de conceptualización, cuando el clima sufre un calentamiento, aumenta la evaporación terrestre y marina. Consecuentemente aumentan las sequías en las áreas en que este aumento de evaporación no se ve compensado con el aumento de las precipitaciones. El vapor de agua adicional que se va generando debe volver a caer en forma de lluvia, lo que a la postre puede provocar inundaciones en otras zonas, que además pueden verse agravadas y ser más irregulares por lo impredecible de dicho fenómeno.

(2.2) IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR DE ZONAS DE RIESGO DE INUNDACIÓN POTENCIAL

Del estudio previo de inundaciones históricas, se obtiene información sobre qué años han tenido lugar inundaciones, en qué ríos, en qué municipios y cuáles fueron los daños que provocaron. Esta información se empleará posteriormente en elaborar dos mapas de inundaciones históricas; uno que contiene el *número de inundaciones que ocurrieron en cada municipio*, y otro en el cual aparece una *puntuación del daño causado por el total de inundaciones de cada uno de los ríos* principales. De este último se crea *un nuevo mapa, en el que sólo se muestran las inundaciones en la Comunidad después de la construcción de los embalses de Entrepeñas y Buendía*.

Para realizar el segundo mapa, relativo a los *daños por río*, se crea una puntuación en función del tipo de daños provocados por la inundación, de la siguiente forma: 32 puntos si hay fallecidos, 16 puntos por daños a viviendas, 16 puntos si afectan a servicios, 8 puntos si hubiese evacuados, 8 puntos por daños a infraestructuras, 5 puntos por daños o muertes de ganado y 3 puntos por daños a terreno. Con estas puntuaciones, se da a cada inundación un valor en función del tipo de daños que causaron. Finalmente, en cada río, se suman las puntuaciones totales obtenidas en cada inundación.

En el primer mapa obtenido en el estudio, se observa que el municipio con mayor número de inundaciones es Aranjuez, con un total de 62 inundaciones. La diferencia con el resto de municipios es muy grande, ya que el máximo de inundaciones en los demás municipios es de 9, como es el caso de San Fernando de Henares, y de 8 en el municipio de San Martín de la Vega. En la zona de estudio, el municipio de Móstoles, se registran 3 inundaciones históricas.

En el segundo mapa elaborado en el estudio, concordante con el mapa anterior, destaca el río Tajo como el de mayor peligrosidad cuantitativa, con un total de 667 puntos de daño por inundación. Según el análisis histórico, los fenómenos de inundación tienen lugar principalmente en el municipio de Aranjuez. El siguiente en peligrosidad es el río Jarama con un total de 398 puntos de daños por inundación, seguidos del río Henares, con una puntuación de 129, y el río Guadarrama con 88.

En el tercero de los mapas generados se muestran las inundaciones de la Comunidad de Madrid a partir de 1958. En éste aparece de forma clara la evidente importancia de la construcción de dichos embalses, en la aparición de fenómenos de inundación. Esto es así ya que a partir de la construcción del último de los embalses de regulación en el Tajo, *embalse de Buendía*, se produce una franca disminución de las inundaciones en este río, y consecuentemente de los daños causados en el municipio de Aranjuez. De este modo, se modifica el segundo de los mapas, observando una disminución del riesgo por inundación de forma generalizada en la Comunidad de Madrid, colocando en primer lugar el *río Jarama* y en segundo al *río Guadarrama*.

(2.3) PRESELECCIÓN DE ZONAS DE RIESGO DE INUNDACIÓN ACTUAL

Las zonas de riesgo de inundación actual se obtienen a partir de la capa de información cartográfica del Corine Land Cover, a través de la clasificación de los usos del suelo que plantea. A partir de esta información se ha elaborado un mapa (adjunto en el anexo) en el que se muestra el valor del daño de la inundación, por cada uno de los municipios y en función del uso del suelo afectado. Para dar un valor numérico a cada uno de los usos del suelo se ha consultado bibliografía relacionada en la que cabe destacar el *"Plan de Acción Territorial de carácter sectorial, sobre la prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana"*, en el que se clasifican los usos del suelo, dándoles un valor numérico relativo. Bajo esta concepción, se ha decidido en este estudio hacer una labor similar en la que se han clasificado los usos en función del valor que

tendría una afección a los mismos ante un fenómeno de avenidas. El resultado es la obtención de la tabla recogida a continuación:

Numero_COD_06	Nombre_CORINE	Valor/m2	Grupo_de_Riesgo
0	No data	0	F
111	Tejido Urbano Continuo	100	A
112	Tejido Urbano Discontinuo	80	B
121	Zonas Industriales-Comerciales	100	A
122	Redes Viarias, Ferroviarias y terrenos asociados	100	A
124	Aeropuertos	100	A
131	Zonas de Extracción Minera	5	C
132	Vertederos y depósitos de Decantado	80	B
133	Zonas en Construcción	80	B
141	Zonas Verdes Urbanas	80	B
142	Instalaciones Deportivas y Recreativas	80	B
211	Tierras de Labor en Secano	2	D
212	Terrenos Regados permanentemente	5	C
221	Viñedos	2	D
222	Plantaciones de Lúpulo	2	D
223	Olivares	2	D
231	Prados y Praderas	1	E
242	Mosaicos de Cultivos	2	D
243	Terrenos principalmente Agrícolas con importantes espacios de vegetación natural	1	E
244	Sistemas Agroforestales	2	D
311	Bosques de Frondosas	1	E
312	Bosques de Coníferas	1	E
313	Bosque Mixto	1	E
321	Pastizales Naturales	1	E
323	Vegetación Esclerófila	1	E
324	Material Boscoso de transición	1	E
332	Roquedo	1	E
333	Espacios con vegetación escasa	1	E
334	Zonas quemadas dentro de zonas forestales	1	E
411	Humedales y zonas pantanosas	1	E
511	Cursos de Agua	1	E
512	Láminas de Agua	1	E

Tabla 1. Tabla de Valores por Uso del Suelo adoptada en el estudio.

La columna de valores ha sido resaltada para mostrar los valores adoptados de forma destacada

Con estos valores se va a elaborar un mapa similar a los anteriores (adjunto en los Anexos) para analizar el efecto y el riesgo de inundación en función del uso del suelo. La conclusión principal que se extrae de este análisis es que el municipio con *"Muy alto riesgo de inundación"* es, de nuevo, Aranjuez. Los siguientes municipios, considerados con *"Riesgo significativo"* son Chinchón, San Martín de la Vega y Rivas Vaciamadrid. De este mapa también se puede concluir, que en la mayor parte de la Comunidad de Madrid y en función de sus usos del suelo, no hay prácticamente riesgos de inundación.

(2.4) DEFINICIÓN DE UMBRALES DE RIESGO SIGNIFICATIVO

Para la definición de los umbrales de riesgo se han tenido en cuenta las mismas directrices que utiliza la Dirección General del Agua del Ministerio de Medio Ambiente para establecer las zonas con riesgo significativo por inundación en España. Los umbrales establecidos son los siguientes: *Sin Riesgo, Riesgo Leve, Riesgo Moderado, Riesgo Significativo y Muy Alto Riesgo*. Los riesgos a considerar como importantes son los dos últimos. Esta clasificación se basa en la combinación de criterios históricos, actuales y previsibles de la evolución del funcionamiento territorial de la zona estudiada. Es una clasificación ayuda en última estancia a la planificación y la toma de decisiones de gestión del riesgo de inundación en un marco global de actuación.

(2.5) IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS CON RIESGO POTENCIAL Y SIGNIFICATIVO DE INUNDACIÓN

Del estudio realizado puede concluirse que las principales Áreas con Riesgo Potencial y Significativo de Inundación en la Comunidad de Madrid corresponden a la zona del tramo del Jarama comprendido desde el aeropuerto de Barajas hasta la zona de la confluencia con el Tajo, cerca del municipio de Aranjuez, y el tramo medio del Guadarrama, en la zona Sur-Oeste del territorio de la Comunidad de Madrid en las inmediaciones de los municipios de Móstoles, Navalcarnero y Villaviciosa de Odón. La extensión del primer ARPSI del Jarama es de unos 74 Km. aproximadamente mientras que la del segundo ARPSI del Guadarrama corresponde a una longitud aproximada de 4 Km. El municipio de Aranjuez que históricamente ha sido protagonista en caso de inundaciones, desde la construcción de los grandes embalses en el Tajo, ha dejado de tener riesgo significativo por el efecto de laminación de las avenidas de éstos.

(3) ELABORACIÓN DEL MAPA DE PELIGROSIDAD CORRESPONDIENTE AL A.R.P.S.I DEL RÍO GUADARRAMA EN SU TRAMO MEDIO

Para la elaboración del Mapa de Peligrosidad de la zona del tramo medio de Guadarrama es necesario el uso de una simulación matemática que describe de forma aproximada las consecuencias del fenómeno de avenidas de los periodos de retorno elegidos. Esta simulación, para ser concordante y aproximarse correctamente a la realidad requiere de una modelización hidráulica y morfológica del tramo, con el objetivo de describir y elaborar los datos de entrada necesarios para que el modelo que se va a utilizar pueda ejecutar los cálculos adecuados. En este estudio se va a utilizar el modelo integrado dentro de la aplicación informática de HEC-RAS.

La modelización del tramo perteneciente al presente proyecto tiene por objetivo final básico conseguir obtener los mapas de inundación correspondientes a las avenidas de los períodos de retorno de 5, 100 y 500 años, en función de la probabilidad de ocurrencia de éstas. Se ha decidido utilizar estos periodos de retorno por la adopción de una clasificación de las mismas como de alta, media y baja probabilidad respectivamente. Cada período de retorno lleva asociado un dato de caudal máximo obtenido del Mapa de Caudales Máximos de la Cuenca del Tajo, de esta manera para T5 el caudal es 125 m^3/s, para T100 es de 330 m^3/s y para T500 490 m^3/s. Para la consecución de dicho objetivo se precisa del apoyo de la aplicación informática HEC-GeoRAS, que es una extensión para el programa ArcGIS del *software* HEC-RAS, desarrollada por el HEC (*Hydrologic Engineering Center*) del *US Army Corps of Engineers*.

La extensión HEC-GeoRAS engloba un conjunto de herramientas que permiten trabajar con datos en formato compatible con ArcGIS, es decir, datos cartográficos georeferenciados y digitalizados, a través de la posibilidad de exportación de los mismos en un formato compatible con HEC-RAS. Básicamente configura un archivo con datos de la superficie del terreno, incluyendo la forma del cauce, las secciones transversales y las características generales del tramo de estudio para, posteriormente, exportarlo a HEC-RAS y modelizar dicha zona de estudio para lograr adquirir los calados, las velocidades y superficies de inundación del agua. Una vez concluido el proceso de simulación con HEC-RAS los resultados se exportarán nuevamente, esta vez con formato compatible con ArcGIS para dibujar los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación mediante este sistema de información geográfica.

Es posible resumir el conjunto de acciones necesarias para el proceso de modelización diferenciando tres fases principales a desarrollar. En una primera fase que se ha denominado *"Pre-RAS"* se va a preparar la información física y morfológica que precisa el modelo para el cálculo de la simulación. En una segunda fase, denominada *"Modelización del proceso de inundación mediante HEC-RAS"*, se obtendrán los resultados y la representación gráfica del funcionamiento del modelo hidráulico calculado. Finalmente, en una tercera fase denominada *"Post-RAS"*, se van a representar como información geográfica los resultados obtenidos, buscando que dicha representación sea lo más intuitiva posible y que los mismos destaquen a simple vista. A continuación se presentan una serie de esquemas en los que queda representada la secuencia lógica de las acciones que forman parte de esta parte del estudio, separadas por las fases mencionadas anteriormente:

(3.1) Pre-RAS - DESCRIPCIÓN FÍSISCA Y MORFOLÓGICA DEL TRAMO

(3.2) MODELIZACIÓN DEL PROCESO DE INUNDACIÓN MEDIANTE HEC-RAS

(3.3) Post – RAS. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

(3.4) ANALISIS GEOMORFOLÓGICO MEDIANTE ORTOFOTOGRAFÍA DE 1957 Y LA DE LA ACTUALIDAD

Se ha procedido al análisis de la zona de estudio mediante la comparación de la geomorfología correspondiente al año 1957 (vuelo americano de ortofotografía), que puede considerarse como en régimen natural y la de la actualidad que puede considerarse como régimen alterado. De forma general en el tramo estudiado se ha producido una ocupación de las zonas asociadas al cauce por actividades antrópicas y en especial por núcleos de urbanización disperso. Este hecho ha modificado la dinámica fluvial al restarle espacio de inundación natural a las llanuras adyacentes al cauce. En la siguiente figura se presenta un ejemplo de dicha ocupación inadecuada del cauce fluvial:

Figura 4. Ejemplo de análisis de los cambios en la geomorfología de la zona con el paso del tiempo.

(3.5) MAPA DE PELIGROSIDAD DE INUNDACIÓN DEL RÍO GUADARRAMA EN LA ZONA DE MÓSTOLES. ANÁLISIS TERRITORIAL DE FENÓMENOS DE AVENIDAS.

El resultado final del proceso de análisis y modelización hidráulica del fenómeno de inundación en el tramo de Móstoles del río Guadarrama, es la obtención de un Mapa de Peligrosidad asociado a este fenómeno. En los anexos de este trabajo se presenta el documento que recoge la totalidad del mapa generado pero en esta sección, en la que se analizan los resultados obtenidos se ha decidido dividir dicho mapa en tres partes para facilitar su interpretación. A continuación se va a realizar un análisis detallado de los resultados obtenidos a lo largo del tramo de estudio.

Tramo Alto de la Zona de Estudio

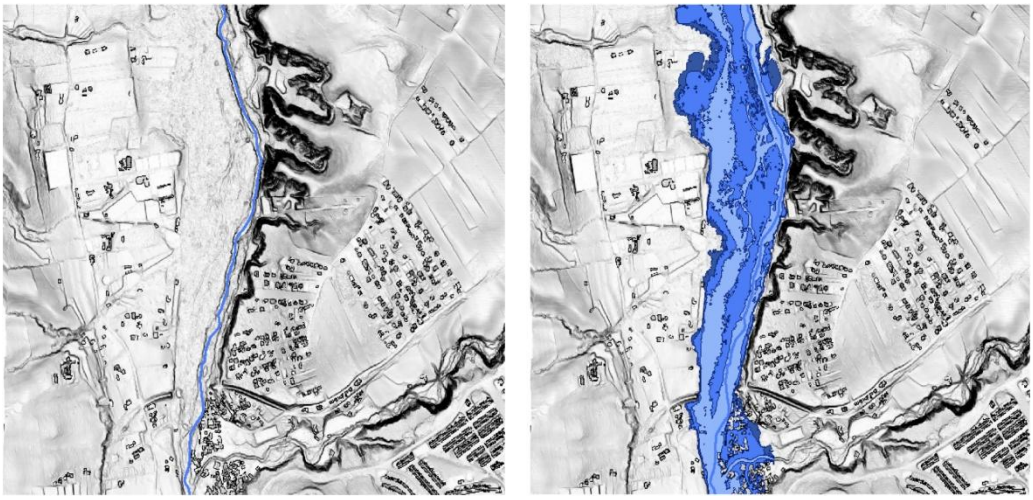


Figura 5. Comparativa en la zona denominada como tramo Alto, en relación a la evolución de las distintas superficies asociadas a las avenidas de distintos periodos de retorno

En la figura anterior podemos apreciar mediante la superposición de las capas de polígonos asociadas a cada periodo de retorno, sobre el mapa de pendientes generado a partir del MDT, la afección obtenida mediante la simulación del fenómeno de inundación. Esta afección se verá complementada con la información relativa a los usos del suelo y las ortofotos de la zona. Las superficies de inundación tienen una gradación de tonos de azul de tal forma que, el tono más claro corresponde a la superficie asociada a una avenida de periodo de retorno de 5 años, el siguiente tono corresponde a la avenida de 100 años y el más oscura a la avenida de periodo de retorno de 500 años.

En este caso, en la primera zona puede apreciarse como de forma general el comportamiento del cauce ante el desbordamiento producido por su caudal tiende a ocupar la llanura de inundación de la margen derecha en la que incluso pueden apreciarse algunos cauces secundarios que serán ocupados ante láminas de agua asociadas a periodos de retorno más bajos, que por su baja significación como inundación, no han sido estudiados en este trabajo. No existe una ocupación antrópica excesiva en esta zona, a excepción de la zona situada en el extremo de aguas abajo, dónde en la margen izquierda encontramos un asentamiento urbano disperso. Esta zona ocupa gran parte de la llanura de inundación y la confluencia con éste cauce de un arroyo.

Puede concluirse por tanto que es una zona de riesgo importante por ser la salida natural de las aguas a un cauce mayor y los resultados de las avenidas de T100 y T500 muestran la alta probabilidad de inundación. Dada la exposición de bienes personales y materiales existentes puede concluirse existe un nivel de riesgo y peligrosidad asociado al fenómeno de inundación importante y por tanto serán necesarias medidas de actuación preventiva para eliminar estos niveles.

Tramo Medio de la Zona de Estudio

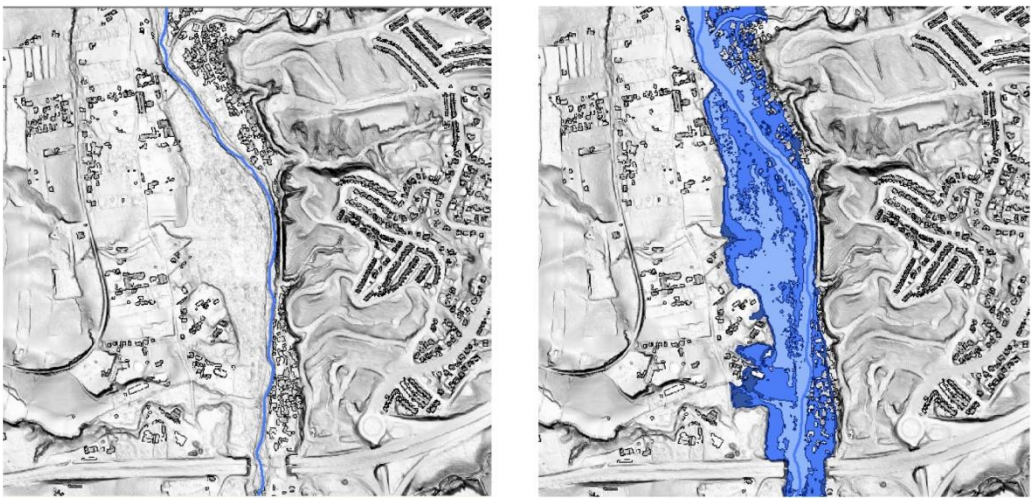


Figura 5. Comparativa en la zona denominada como tramo Medio, en relación a la evolución de las distintas superficies asociadas a las avenidas de distintos periodos de retorno

Los resultados en la zona denominada como tramo medio muestran nuevamente la afección de una zona situada en la parte superior, a continuación y formando parte del mismo núcleo de población disperso de la zona descrita anteriormente. En este caso, la afección es aún mayor pues además de la ocupación de la llanura de inundación, el mapa de pendiente muestra una elevación de la margen derecha del río que provoca una desviación y un aumento de la velocidad en la curva dónde se está ocupando el espacio fluvial. Consecuentemente las alturas de la lámina de agua en esa zona serán mayores y por tanto lo serán también los daños producidos.

En la parte inferior de la subzona podemos apreciar un nuevo núcleo de población disperso formado por un conjunto de viviendas de baja altura sin estructura (comúnmente se las conoce como chabolas). Está situado en la margen izquierda del Guadarrama, a la altura del puente de la autovía A-5. Las posibles consecuencias sobre estas edificaciones ante el paso de una avenida son muy importantes ya que resultarían gravemente dañadas por su falta de consistencia. También se debe considerar el efecto barrera que el talud y la propia estructura del puente hacen sobre las superficies de agua asociadas a la avenida. Los resultados de la simulación muestran como la ocupación del espacio fluvial por el agua de avenida es mayor aguas arriba que aguas abajo del puente, resultando este hecho en un aumento de la altura aguas arriba del mismo y por tanto una laminación del efecto aguas abajo.

Puede concluirse que el tramo medio de la zona de estudio es el que mayor grado de peligrosidad y riesgo asociado a futuros episodios de inundación tiene. La exposición a bienes personales, materiales y más concretamente la posible afección a la estructura del puente de una importante vía de trasporte de la red de carreteras estatales, justifican el diseño y la adopción de medidas preventivas y de ordenación territorial en esta zona del cauce del Guadarrama.

Tramo Bajo de la Zona de Estudio

Finalmente, en la zona denominada como tramo Bajo, encontramos una situación similar a la que encontrábamos aguas arriba en el tramo Alto, sólo que en este caso la densidad de edificaciones es menor, lo que se traduce en un menor grado de exposición. Consecuentemente el riesgo ante la avenida disminuye, aunque la peligrosidad sigue siendo alta y por tanto relevante para el estudio que aquí se presenta.

En la zona situada aguas abajo, cerca de los límites de la zona de estudio encontramos un nuevo núcleo de urbanización disperso de baja ocupación. En este caso puede apreciarse que está situado en la zona de confluencia de un arroyo con el cauce principal del Guadarrama y además también se produce un aumento brusco de la pendiente en la margen opuesta por una terraza artificial. Finalmente el río parece encajonarse en cierta medida en esta zona, pues se produce un aumento brusco de la pendiente debido a la presencia de una ladera, impidiendo la salida del agua en caso de una avenida suficientemente grande.

Por todo lo mencionado en los párrafos anteriores, puede afirmarse que en esta zona también existe una peligrosidad y riesgo relevantes asociados al fenómeno de futuras avenidas. Por tanto sería conveniente plantear una serie de medidas preventivas para controlar y evitar en la medida de lo posible las consecuencias negativas que pudieran tener lugar en caso de presentarse el fenómeno.