



Ayuntamiento de
Hondón de los Frailes

PLAN GENERAL ESTRUCTURAL DE HONDÓN DE LOS FRAILES

TOMO X
ESTUDIO DE
INUNDABILIDAD



PAISAJE
y desarrollo urbano

MARZO 2019

ÍNDICE

ESTUDIO INUNDABILIDAD

1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1.- Justificación.	3
1.2.- Metodología.	4
1.3.- Objetivos.....	6
1.4.- Encuadre geográfico.....	7
2. ANÁLISIS GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO.	8
2.1.- Análisis estructural y geológico del ámbito de estudio.	8
2.2.- Análisis geomorfológico y fisiográfico del ámbito de estudio.	10
2.2.1.- Sistema fluvial y sistema morfogenético semiárido. Análisis de la red de drenaje y de las cuencas vertientes.	10
2.3.- Análisis morfológico	12
2.4.- Características litológicas de la cuenca vertiente.....	13
3. ANÁLISIS DE LAS INUNDACIONES HISTÓRICAS ACAECIDAS EN EL ÁMBITO DE ESTUDIO.....	17
4. ANÁLISIS HIDROLÓGICO	19
4.1.- Caracterización del régimen de precipitaciones máximas.	20
4.1.1.- Cálculo del tiempo de concentración de las cuencas.	20
4.1.2.- Cálculo de la intensidad media de precipitaciones para los tiempos de concentración calculados.....	21
4.2. Cálculo de caudales	23
4.3. Hidrograma resultante.	28

5.- ANÁLISIS HIDRÁULICO.....	30
6.- CONCLUSIONES, VIABILIDAD DEL PROYECTO Y MEDIDAS.	33
ANEXO 1.- FOTOGRAFIAS	38
ANEXO 2: CARTOGRAFIA	40

ESTUDIO DE INUNDABILIDAD

1. INTRODUCCIÓN

1.1.- Justificación.

El presente Estudio de Inundabilidad se redacta con objeto de analizar la peligrosidad de inundación existente en aquellos ámbitos del término municipal de Hondón de los Frailes propuestos para el desarrollo urbanístico a partir de la aprobación del Plan General Estructural (PGE) es decir, las zonas urbanizadas y las de nuevos desarrollos.

La cartografía del PATRICOVA (Decreto 201/2015, de 29 de octubre, del Consell, por el que se aprueba el Plan de acción territorial sobre prevención del riesgo de inundación en la Comunitat Valenciana) establece que se localiza en el término municipal de Hondón de los Frailes una zona de peligrosidad de inundación identificada como de riesgo 6 (frecuencia baja, 500 años, con calado entre 15 y 80 cm), que se prolonga al sur del Camí Vell del Fondó de les Neus hacia el este. Al sur de este sector se identifica otra zona con peligrosidad de inundación de tipo geomorfológico, como consecuencia de la eventual acumulación de aguas procedentes de los barrancos en este fondo del valle. En el paraje de La Fondura se conforma un espacio semiendorreico, con difícil drenaje hacia el vecino municipio de Hondón de los Nieves por las Casas de Galiana. Existen evidencias históricas de este riesgo con citas en los años 1793 y 1797, cuando el agua llegó a penetrar incluso al nivel de la iglesia del pueblo.

La cartografía del PATRICOVA define la peligrosidad geomorfológica a aquella que identifica “diferentes procesos geomorfológicos, que, por sus características, actúan como un indicador de la presencia de inundaciones históricas, no necesariamente catalogadas, debiéndose identificar la probabilidad de reactivación de los fenómenos geomorfológicos y, en su caso, los efectos susceptibles de generarse”.

La cartografía del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (en adelante SNCZI) del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente no tiene estudiado ningún ámbito inundable en el término municipal de Hondón de los Frailes.

Por consiguiente, según el artículo 11 de la Norma Urbanística del PATRICOVA, al tratarse de un estudio regional realizado en origen a escala 1:25.000, es susceptible de ser concretado, ampliado e incluso modificado mediante estudios de inundabilidad más precisos, que, en todo caso, se realizarán de acuerdo con lo establecido en esta Normativa. Además, en la tramitación del PGE de Hondón de los Frailes, el Ayuntamiento ha recibido un informe sobre el riesgo de inundación emitido por el Servicio de Ordenación del Territorio de la Generalitat Valenciana, fechado en junio de 2018. En el mismo, los técnicos que suscriben consideran compatible la continuación de la tramitación del PGE, con el cumplimiento de una serie de consideraciones, en función de las determinaciones normativas del PATRICOVA, que serán incorporadas en la parte de eficacia normativa del PGE (fichas de gestión y planificación incluidas):

- Averiguar y aclarar las afecciones sobre el suelo urbanizado (al sur del núcleo urbano) y prever las condiciones a implantar, sui procede, tomando como referencia lo que se establece en el Anexo I de la Normativa del PATRICOVA.
- Evaluar la posible incidencia de los flujos que se vehiculan desde el paraje del Rincón de Maleno sobre el ámbito previsto como suelo urbanizable al NO del pueblo, recogiendo los condicionantes para minimizarla.
- En las dos zonas planteadas como minimización de impactos (camino de Casas de Galiana y camino del Xerec o Senda dels Moros) deberá justificarse la no incidencia de inundabilidad o eliminarse la propuesta de minimización.

1.2.- Metodología.

Para la determinación de la peligrosidad de inundación en el área de estudio se ha tenido en cuenta las determinaciones del PATRICOVA y, más específicamente el artículo 12 de su Normativa, que versa sobre la documentación de los estudios de inundabilidad. Así, se indica que documentación mínima exigible debe incluir:

- Delimitación precisa de la cuenca (o cuencas).
- Estudio geomorfológico de las zonas inundables.
- Estudio de las inundaciones históricas.
- Estudio hidrológico de la cuenca vertiente a la zona inundable.
- Estudio hidráulico de la zona inundable.
- Cartografía de peligrosidad de inundación y de riesgo de inundación, en el estado inicial y estado final.

- Determinación y explicación de las medidas correctoras, cuando estas se prevean.

En cumplimiento del epígrafe 2 del referido artículo 12, la metodología utilizada se adapta a las condiciones existentes y determinadas previamente en las propuestas de crecimiento urbanístico del PGE de Hondón de los Frailes, en torno al núcleo urbano y su pedanía de Casas de Galiana.

En este sentido, el método incluye cada uno de los apartados necesarios en la documentación exigida para los estudios de inundabilidad, pero, con especial énfasis en el análisis geomorfológico, topográfico y de cuencas vertientes, con su correspondiente red de drenaje para determinar la afección o no de cauces o arroyada hacia las áreas propuestas para el crecimiento urbanístico. El análisis geomorfológico determina las cuencas vertientes existentes, a partir de los sistemas morfogenéticos identificados, los cauces, las formas o huellas geomorfológicas propias del sistema de arroyada de un sistema morfogenético semiárido (conos de deyección, braileds, canales, etc.).

El apoyo de bibliografía y documentación previa para la observancia de la fenomenología geomorfológica, pero también para el análisis de las inundaciones históricas, ha sido fundamental para el presente estudio. En este punto, es necesario señalar las escasas reseñas localizadas, aunque sí se han constatado referencias orales de habitantes de la localidad, con especial significación de la acumulación de aguas en el paraje de La Fondura (topónimo geomorfológico evidente, como también lo es el del pueblo).

Los factores físicos o geomorfológicos identificados y priorizados en las cuencas vertientes analizadas han pasado a formar parte de datos para utilización y tratamiento e información cartográfica, con valores de escorrentía (usos del suelo, pendiente y litología) fundamentales en la estimación del umbral de escorrentía, mediante la utilización de herramientas SIG (aplicación IBER).

Por otro lado, la cartografía utilizada para la identificación hidráulica final procede del Proyecto LiDAR. La tecnología LiDAR (Light Detection And Ranking) se corresponde con un sistema telemático activo de captura de datos, recomendada por la administración para la realización de estudios de inundabilidad. Las ventajas de la tecnología LiDAR frente a la tradicional son importantes, destacando una mayor precisión en los puntos obtenidos. Del mismo modo, puesto que se calcula directamente en modelo digital de elevaciones, no es necesario interpolarlo a partir de la cartografía tradicional, con lo que mejora notablemente la precisión de los resultados.

El previo Modelo Digital del Terreno (MDT) generado a partir de esta cartografía LiDAR ha generado líneas de puntos de menor cota altitudinal, que están adaptadas a las necesidades de representatividad con una topología correcta y una resolución adecuada. Estas líneas de menor altitud se han utilizado como referencia fundamental, ante la ausencia de red de drenaje, que no ha podido ser identificada ni en las cartografías oficiales ni el trabajo de campo debido, básicamente a la alteración de los terrenos por la agricultura desde la década de 1950, cuando se inician las transformaciones masivas de secanos a regadíos en las comarcas del Vinalopó, con el aterrazamiento generalizado en los glacis que descienden desde las sierras que cierran la depresión tectónica por todos sus lados, generando un espacio prácticamente endorreico.

Finalmente, en aquellas áreas con identificación final de cuencas vertientes con cauces o sin ellos (vaguadas o línea de puntos de cota más baja) se ha procedido a un análisis hidrológico y, posteriormente, hidráulico basado en la utilización del software IBER que es un modelo 2D para el cálculo de las zonas inundables. Este programa permite la simulación de eventos de lluvia torrencial con coeficiente de escurrimiento variable, la producción de las direcciones de flujo para un análisis de la trayectoria de flujo, etc. Todo ello teniendo en cuenta los obstáculos de flujo (diques, terraplenes, etc.), no incluidos en el MDT (o mapa de sombras) y que han ayudado a determinar final el flujo de lámina libre consecuente.

1.3.- Objetivos.

Los objetivos que contempla este estudio son los siguientes, en relación a las determinaciones del PATRICOVA y la legislación vigente:

- Caracterización de los cauces y de las cuencas de recepción que afectan tanto las zonas urbanizadas consolidadas como a las zonas de nuevos desarrollos propuestas y a la áreas de minimización de impactos territoriales identificadas en zonas rurales.
- Análisis geomorfológico del contexto territorial, con identificación de las huellas geomorfológicas que entrevén potencial de inundación.
- Realización de un análisis hidrometeorológico para las cuencas existentes, con el fin de estimar los caudales de avenida y sus periodos de retorno, en aquellas zonas identificadas como cuencas con red de drenaje (o vaguadas o línea de puntos de cota más baja, en su defecto) que suponen un peligro teórico por su proximidad a las áreas analizadas.

- Determinación de las zonas inundables, estableciendo el tipo de frecuencia a través del análisis hidráulico, mediante la utilización de programas adecuados al modelo.
- Elaboración de cartografía lo más precisa posible que sintetiza lo expuesto anteriormente.
- Evaluación de la necesidad de la adopción de medidas correctoras y, en su caso, descripción de las mismas.

1.4.- Encuadre geográfico.

El territorio analizado para este Estudio de Inundabilidad es el término municipal de Hondón de los Frailes, dentro de la comarca del Vinalopó Mitjà, situada al interior meridional de la Comunitat Valenciana, prácticamente en el límite con la Región de Murcia. Está separado del municipio de Abanilla por una estrecha franja de terreno que oscila entre los 600 y los 1.000 m de anchura, donde se localiza la pedanía oriolana de Barbarroja. Esta situación administrativa tan singular se debe a la sucesiva segregación de municipios de la matriz de Orihuela desde el siglo XV. De hecho, el pueblo de Hondón de los Frailes se funda en 1698 por unos agricultores procedentes del municipio de Novelda que cultivaban tierras propiedad de los Padres Dominicos de Redován, municipio segregado a su vez de Orihuela. Con la desamortización de Mendizábal en 1836, los frailes pierden sus tierras, y el Hondón se conforma como una pedanía de Redován hasta que, en 1839, uniéndose al municipio de Hondón de las Nieves, segregado de Aspe ese mismo año. Posteriormente, en 1926 se produce la segregación definitiva de Hondón de los Frailes, constituyéndose como municipio independiente. En 1930 tenía 876 habitantes, descendiendo progresivamente en las décadas sucesivas hasta los 528 habitantes de 1981. A partir de esa fecha, se produce un crecimiento poblacional, acentuado en la primera década del siglo XXI, cuando alcanza los 1.109 habitantes en 2011, debido a la llegada de residentes europeos a las tierras del interior alicantino que se asientan en buena parte de los municipios rurales de las comarcas del Vinalopó. Así, en 2018 alcanzó la cifra de 1.132 habitantes empadronados, la mitad de los cuales es de origen extranjero, con una importante colonia británica que ocupa buena parte de las viviendas rurales diseminadas.

Los ámbitos concretos de análisis para determinar la peligrosidad de inundación se centran en torno al pueblo de Hondón de los Frailes y la pedanía de Casas de Galiana, así como las vaguadas que descienden desde el paraje del Rincón de Maleno (al NO del núcleo) y las zonas de viviendas rurales en el entorno de los caminos de las Casas de Galiana y del Xerec (o Senda dels Moros).

2. ANÁLISIS GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO.

En el desarrollo de un estudio de inundabilidad resulta esencial el análisis y comprensión de las características geológicas y geomorfológicas del entorno de actuación, que serán influyentes en el régimen hídrico. Así, el análisis de los rasgos geológicos y geotécnicos de los materiales, junto a otros parámetros como la morfología, litología, edafología, erosionabilidad, estratificación, etc., serán cuestiones de gran relevancia a la hora de detectar los procesos y comportamiento del agua en este territorio, objetivo final del presente estudio de inundabilidad.

Las respuestas geológicas y geomorfológicas del terreno natural ante un episodio de inundaciones son muy variada y depende de diversos factores, de ahí la importancia de no pasar por alto ningún detalle al analizar la "efectividad geomorfológica" de las avenidas.

La morfología de un territorio viene determinada principalmente por los procesos morfogenéticos que en él se desarrollan. En estos procesos el factor fundamental y más importante es el clima que impera en ese espacio (precipitaciones y temperaturas). La combinación de este factor fundamental con otros elementos como la estructura geológica del relieve, la litología, la vegetación, la acción antrópica, etc., da lugar al desarrollo de un determinado proceso morfogenético que determinará en gran manera la morfología del territorio.

El análisis del ámbito de estudio desde el punto de vista geomorfológico contiene un especial interés a tenor de los objetivos del presente estudio de inundabilidad. La geomorfología fluvial se basa en el estudio de las formas asociadas principalmente a la escorrentía concentrada (modelado fluvial).

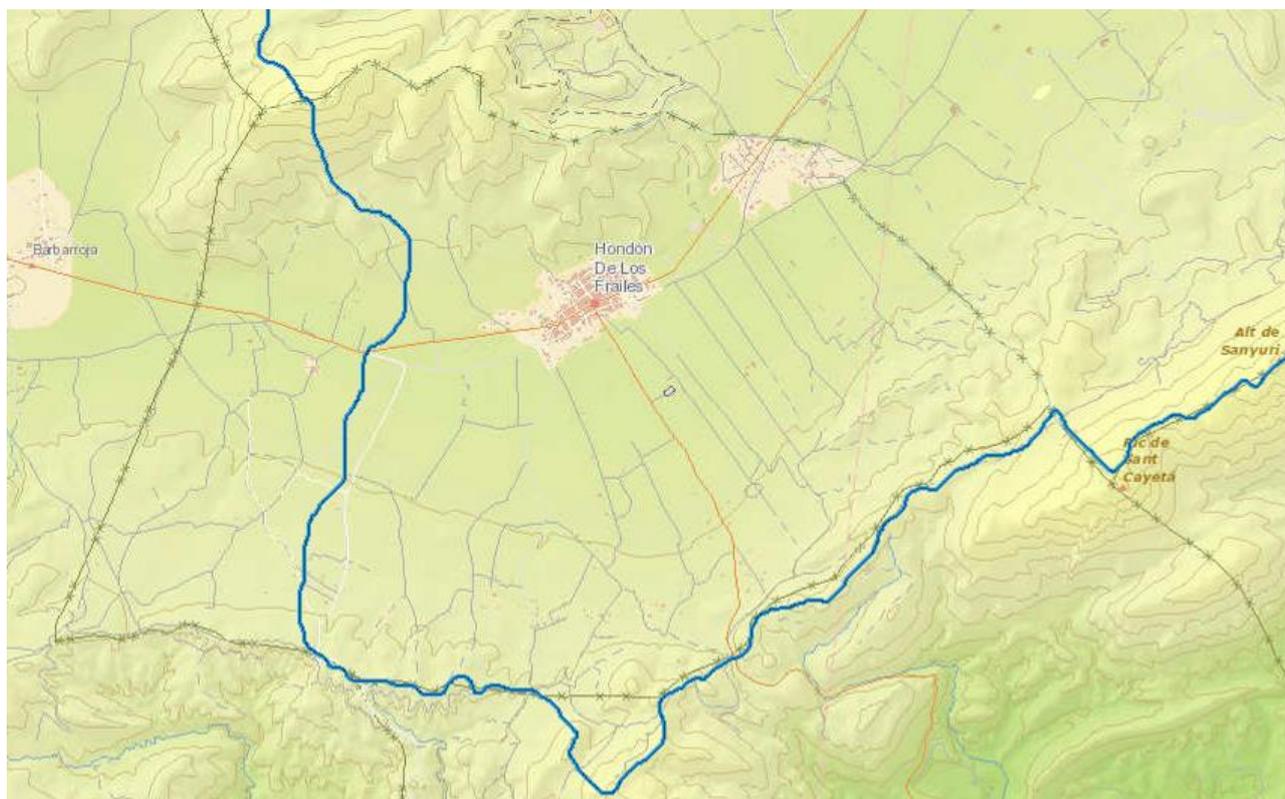
2.1.- Análisis estructural y geológico del ámbito de estudio.

El municipio de localiza en una depresión tectónica que forma valle endorreico de materiales cuaternarios aptos para el cultivo. Este valle se encuentra inserto en una fosa tectónica dentro de uno de los corredores occidentales que secciona la Fosa Estructural Triásica del río Vinalopó, quedando encajado entre las sierras subbética, al sur (Serra de Crevillent y Cerro del Agudo) y prebéticas, al norte (Serra de Cofer y Serra dels

Flares). Así, se produce un cabalgamiento de materiales de las segundas sobre las primeras. Ambas alineaciones montañosas están compuestas por materiales mesozoicos (dolomías, calizas y margas), cuya explotación tiene cierta relevancia económica, como lo demuestra la cantera del Duende, situada en el vecino término de Hondón de las Nieves, pero justo en el límite Hondón de los Frailes, entre el Collado del Xiquet, al norte, y el Racó de Maties, al sur; a escasos 500 m de Casas de Galiana y a unos 750 m lineales del pueblo de Hondón.

La geomorfología del sector está condicionada por las alineaciones serranas de rocas carbonatadas del Subbético y del Prebético Alicantino que presentan una clara disposición general SSE-NNO, con altitudes que oscilan entre los 729 m de la cima de la Serra dels Flares y los 633 m en la Serra del Sastre, en el límite meridional con el término de Hondón de las Nieves. Desde estas zonas montañosas, los cauces de barrancos y ramblizos se encajan hasta deslizarse por los glacis de los piedemontes (ahora ocupados por cultivos y viviendas) hasta llegar a las zonas más bajas del valle donde se localiza el pueblo de Hondón de los Frailes, sobre materiales cuaternarios, formando un cierre endorreico entre el paraje de La Mineta, al oeste, y la Casa de la Campa, al este.

El término de Hondón de los Frailes se localiza en el límite de las confederaciones hidrográficas del Segura (en la que queda el sector más occidental, con los parajes de La Vereda, Lo Serrano, La Canyadeta, Canalis, Los Tasio, Les Saleres y l'Ombria de la Murada) y del Júcar (a la que pertenece el resto de las zonas centro-occidentales del término). En su territorio no existe ningún curso de agua permanente debido al clima semiárido y a la permeabilidad de los materiales litológicos que componen sus suelos. Sin embargo, existen numerosos barrancos y ramblizos en las sierras circundantes que presentan caudales de forma esporádica, asociados a precipitaciones de alta intensidad horaria. En la vertiente sur de la Serra dels Flares descienden, de este a oeste, los barrancos de la Cova del Santander, de la Campana, de Pepe Navarro, del Pi y de Plausides; mientras que en el sector oriental de la umbría de la Serra de Crevillent se localizan los barrancos dels Tesos y de l'Ombria. Se trata, por lo general, de colectores que apenas superan los 500 m lineales de recorrido hasta formar pequeños conos de deyección en el valle, cayendo sobre la zona endorreica de La Fondura.



Límites de las demarcaciones hidrográficas del Júcar (NO) y Segura (E y S).

Fuente: Geoportal (<https://sig.mapama.gob.es/geoportal/>)

2.2.- Análisis geomorfológico y fisiográfico del ámbito de estudio.

En la identificación de la red de drenaje y de las cuencas vertientes con afección directa e indirecta al área de estudio se ha tenido en cuenta la cartografía oficial del Instituto Geográfico Nacional, la consulta de fotografía aérea actual, la consulta de fotografía aérea del año 1956 del denominado “vuelo americano” y fotografía aérea de 1973 facilitadas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), el trabajo de campo realizado por el equipo redactor del presente estudio de inundabilidad, así como de herramientas generadas para el mismo como el Modelo Digital del Terreno (MDT) con cartografía de detalle del proyecto LiDAR.

2.2.1.- Sistema fluvial y sistema morfogénético semiárido. Análisis de la red de drenaje y de las cuencas vertientes.

Acompañando al trabajo de campo, la revisión bibliográfica, la fotointerpretación de ortofotos históricas y otras fuentes; se ha generado un Modelo Digital del Terreno (MDT) o Mapa de Sombras sobre cartografía de

detalle del proyecto LIDAR, pero también del IGN. Este MDT o mapa de sombras generado ha permitido la delimitación de cuencas vertientes, corroborada a través de las fuentes ya citadas y que han terminado por redelimitar las cuencas hidrográficas.

- Identificación de los cauces.

La definición de cauce según el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas es la del *“álveo o cauce natural de una corriente continua o discontinua es el terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinaria”*. El Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, el Reglamento de Planificación Hidrológica, aprobado por el Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, y otros reglamentos en materia de gestión de riesgos de inundación, caudales ecológicos, reservas hidrológicas y vertidos de aguas residuales atiende a la modificación del artículo 4 sobre la consideración de cauce. Atendiendo a la modificación del artículo 4 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico queda la definición de máxima crecida ordinaria considerando que *“en los tramos de cauce donde exista información hidrológica suficiente, se considerará caudal de la máxima crecida ordinaria la media de los máximos caudales instantáneos anuales en su régimen natural, calculada a partir de las series de datos existentes y seleccionando un período que incluirá el máximo número de años posible y será superior a diez años consecutivos. Dicho periodo será representativo del comportamiento hidráulico de la corriente y en su definición se tendrá en cuenta las características geomorfológicas, ecológicas y referencias históricas disponibles”*. A continuación, sigue textualmente *“en los tramos de cauce en los que no haya información hidrológica suficiente para aplicar el párrafo anterior, el caudal de la máxima crecida ordinaria se establecerá a partir de métodos hidrológicos e hidráulicos alternativos, y, en especial, a partir de la simulación hidrológica e hidráulica de la determinación del álveo o cauce natural y teniendo en cuenta el comportamiento hidráulico de la corriente, las características geomorfológicas, ecológicas y referencias históricas disponibles”*.

Para estos casos, conforme al comportamiento de la escorrentía en el área de estudio para determinación de la peligrosidad, las determinaciones del cauce se fundamentan en la búsqueda las líneas o puntos unidos y continuos de menor cota altitudinal. Así, se determina el aspecto morfométrico necesario para el cálculo hidrológico y determinaciones hidráulicas finales. Para ello, previamente se requiere la generación de un Modelo Digital del Terreno (MDT). El fondo plano en cubetas o cañadas de corta y escasa pendiente media

se concentran o unen su línea de puntos de cota más baja. Para la determinación de la peligrosidad de inundación inherente a dichas vaguadas tipificadas con peligrosidad de inundación geomorfológica y ante la falta de cauce evidente se ha tenido únicamente en cuenta la línea de puntos de menor cota altitudinal existente generado por el MDT o Mapa de Sombras.



El término municipal de Hondón de los Frailes supone el 90% de la superficie de una depresión tectónica que conforma un espacio endorreico entre las alineaciones subbéticas de la Serra de Crevillent y el Cerro del Agudo (al Sur) y las sierras prebéticas de Cofer y dels Flares al norte. Desde las montañas descienden numerosos ramblizos y vaguadas abancaladas que tienen un recorrido muy reducido de apenas 1500 m. en el mejor de los casos. En la práctica, los cauces de los escasos barrancos han desaparecido con el aterrazamiento de las superficies de glacis para el cultivo. Así, únicamente es posible identificar los cauces del barranc de la Umbria, que desciende desde el Monte Alto (Sierra de Albatera) por los parajes del Raco de Favanieller, l'Algepsar y el Rossat hasta alcanzar el camí d'Oriola, que hace las veces de cauce de este barranco en episodio de lluvias torrenciales. El tramo bajo de Barranc de l'Umbria desagua en el paraje del Derramador que ya conecta con el área endorreica de La Fondura, compuesto por materiales arcillosos

impermeables con una ligera pendiente hacia el noreste, hasta las inmediaciones de la Loma de l'Altet y la Casa de la Campa, ya en término de Hondón de las Nieves donde se cierra la depresión tectónica.

2.3.- Análisis morfológico

Para este análisis se ha procedido a delimitar las cuencas vertientes que indiquen directamente o indirectamente en los espacios urbanísticos propuestos. Las mismas son las tipificadas con riesgo geomorfológico en el PATRICOVA en relación al tamaño de sus cuencas vertientes para su modelación hidrológica e hidráulica y así prever su influencia en el área de estudio. El eje utilizado para el cálculo hidráulico será la línea que une puntos de menor cota altitudinal. El punto de control para el cálculo hidrológico será el área de contacto entre el final de los glaciares y el principio de la zona endorreica de La Fondura, reflejado en relación a las cotas altitudinales generadas por el MDT, a la cartografía del PATRICOVA y a la relación de análisis de ortofotografías históricas. La morfometría resultante es la siguiente.

MORFOMETRÍA	CUENCA
Área vertiente	9.20 km ²
Longitud del cauce principal	7.53 km*
Cota máxima	598 m
Cota mínima	420 m
Pendiente media	0,0235%

Fuente: Elaboración Propia

2.4.- Características litológicas de la cuenca vertiente.

Para definir las características litológicas de la cuenca se han utilizado los Mapas a escala 1:200.000 del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), en formato de Arc-Info, realizando la misma conversión que en la capa de usos del suelo. Dichas características litológicas nos darán una primera aproximación de la capacidad de infiltración de cada tipo de suelo. Para poder obtener resultados de la tabla de estimación del parámetro P0 del S.C.S., se debe agrupar los distintos materiales que componen la cuenca reduciéndolos solamente a cuatro (A, B, C y D), siendo A los terrenos más permeables y D los más impermeables. La descripción detallada de estos cuatro grupos de suelo es la siguiente:

- Grupo A: es el que ofrece menor escorrentía, ya que el agua se infiltra rápidamente, aun cuando estén muy húmedos. Comprenden los terrenos profundos, sueltos y de texturas gruesas con predominio de arena o grava y con muy poco limo o arcilla (Arenosos o areno-limosos). Están excesivamente drenados.
- Grupo B: cuando están muy húmedos tienen una capacidad de infiltración moderada. Comprenden los terrenos arenosos menos profundos que los del grupo A, aquellos otros de textura franco-arenosa, franco-arcillo-arenosa o franco-limosa de mediana profundidad y los francos profundos. Están bien o moderadamente drenados.
- Grupo C: cuando están muy húmedos la infiltración es lenta. La profundidad del suelo es inferior a la media por presentar un estrato impermeable que dificulta la infiltración o porque, en conjunto, su textura es franco-arcillosa, arcillosa o limosa. Son suelos imperfectamente drenados.
- Grupo D: es el que ofrece mayor escorrentía, ya que cuando están muy húmedos la infiltración es muy lenta. Incluye los suelos que presentan gran impermeabilidad, tales como los terrenos muy arcillosos profundos, los terrenos que tienen horizontes de arcilla en la superficie o próximos a ella y también se incluyen aquí los terrenos con nivel freático permanentemente alto y suelos de poco espesor (litosuelos). En general, están pobremente o muy pobremente drenados.

La reclasificación litológica se ha hecho de acuerdo con la geología utilizada en el estudio de Delimitación del Peligrosidad de inundación a Escala Regional en la Comunidad Valenciana, que a su vez es consecuente con la utilizada en el PATRICOVA. La reclasificación litológica en grupos hidrológicos se detalla en siguiente tabla:

Abreviatura	Descripción litológica	Grupo hidrológico
SC 1	Conglomerados	B
SC 1-2	Conglomerados y areniscas	B
SC1-2-4	Conglomerados, areniscas y arcillas	B
SC 1-4	Conglomerados y arcillas	C
SC 1-10	Conglomerados y margas	B
SC 2	Areniscas	B
SC 2-4	Areniscas y arcillas	C
SC 2-10	Areniscas y margas	B
SC 4	Arcillas	C
SC 4-2	Arcillas y areniscas	C

Abreviatura	Descripción litológica	Grupo hidrológico
SC 4-10	Arcillas y margas	C
SC 5	Calizas	B
SC 5-2	Calizas y areniscas	B
SC 5-6	Calizas y calcarenitas	B
SC 5-7	Calizas y calizas margosas	B
SC 5-9	Calizas y dolomías	B
SC 5-10	Calizas y margas	B
SC 6	Calcarenitas	B
SC 6-10	Calcarenitas y margas	B
SC 7	Calizas margosas	B
SC 7-10	Calizas margosas y margas	B
SC 8	Calizas tobáceas	B
SC 9	Dolomías	B
SC 9-5	Dolomías y calizas	B
SC 9-10	Dolomías y margas	B
SC 10	Margas	C
SC 10-2	Margas y areniscas	C
SC 12	Arcillas, margas y yesos	D
SI 2	Cantos y gravas	B
SI 2<3	Cantos, gravas y arenas	B
SI 2<3-4	Cantos, gravas, arenas y limos	B
SI 2<3-5	Cantos, gravas, arenas y arcillas	B
SI 2-4	Cantos, gravas y limos	B
SI 2-5	Cantos, gravas y arcillas	B
SI 3	Arenas	B
SI 3-2	Arenas, gravas y cantos	B
SI 3-4	Arenas y limos	B
SI 3-5	Arenas y arcillas	C
SI 4	Limos	D
SI 4-2	Limos, gravas y cantos	D
SI 4<3	Limos y arenas	D
SI 4-5	Limos y arcillas	D
SI 5	Arcillas	D
SC =	ROCAS CONSOLIDADAS	
SI =	ROCAS NO CONSOLIDADAS	

El término municipal de Hondón de los Frailes, a pesar de sus reducidas dimensiones, presenta una variedad litológica fruto de su disposición estructural. Del análisis litológico realizado en las cuencas vertientes se expone que, mientras que las sierras son de naturaleza calcárea (muy permeables), la litología dominante en la depresión tectónica es la permeable o semipermeable con cantos, gravas, arenas y arcillas. Sin embargo, la zona central endorreica de La Fondura está dominada por materiales arcillosos totalmente impermeables, facilitando la acumulación sucesiva de las aguas en episodios de precipitaciones torrenciales de alta intensidad horaria.

Litología	Etiqueta	Área (m ²)
Margas y areniscas	SC/10-2	206399.87
Arcillas, margas y yesos	SC/12	11726.22
Arcillas	SC/4	1293567.26
Calizas	SC/5	662206.85
Calizas y dolomías	SC/5-9	1141151.60
Calcarenitas	SC/6	400884.39
Cantos, gravas, arenas y arcillas	SI/2-3-5	5487526.71

Así mismo, la distribución superficial por grupo hidrológico en la cuenca de estudio queda repartida de forma equitativa entre el grupo B, C y el D de la siguiente forma:

Grupo hidrológico	Área (m ²)
B	7691769.55
C	1499967.13
D	11726.22

3. ANÁLISIS DE LAS INUNDACIONES HISTÓRICAS ACAECIDAS EN EL ÁMBITO DE ESTUDIO

La recopilación de información referente a inundaciones históricas sufridas en el área de estudio es otra forma de identificar la peligrosidad de inundación.

Los reiterados episodios de lluvias intensas o torrenciales con consecuencias catastróficas a los que se ve sometida la franja mediterránea, y con muy alta frecuencia en la provincia de Alicante, han motivado numerosas líneas de investigación en la búsqueda de causas y consecuencias, con enfoques climáticos, hidrológicos, de riesgos, geomorfológicos, descriptivos y analíticos.

La labor de reconstrucción de las riadas pasadas resulta fundamental para comprender y poder prever el paso del agua por el municipio de Hondón de los Frailes, si bien muchas veces este seguimiento se vuelve difícil por la falta de información.

Debido a la falta de información concreta sobre el área que analizamos, hacemos referencia a acontecimientos de lluvias torrenciales e inundaciones acaecidas en la comarca del Medio Vinalopó en municipios cercanos a Hondón de los Frailes.

La segunda mitad del siglo XVIII fue convulsa en cuanto a episodios de crecida del río y barrancos en toda la comarca del Vinalopó. En los siguientes años hay constatadas fuertes crecidas 1751, 1767, 1785, 1793, 1797, destacan por su particular virulencia las acaecidas en el año 1751 y 1793, por los grandes daños ocasionados. La noche del 8 de septiembre y la madrugada del 9 de septiembre en el año 1793, los chubascos de fuerte intensidad horaria ocasionaron enormes destrozos en toda la comarca. (MARTINEZ, 2007). Existen evidencias históricas de este riesgo con citas en los años 1793 y 1797, cuando el agua llegó a penetrar incluso al nivel de la iglesia del pueblo de Hondón de los Frailes.

De las inundaciones producidas en el siglo XIX, se enumeran como más relevantes, las acaecidas en 1831, 1832, 1834, 1854, 1855, 1869, 1872, 1878, 1880, 1884, 1888 y 1892 (SANTONJA, 1998), pero no disponemos de información sobre los efectos producidos por las mismas. El periódico El Heraldo el 25 de noviembre

comenta las fuertes lluvias que tuvieron lugar el 11 de noviembre de 1853, en varios municipios de la provincia de Alicante.

En el siglo XX destacan los episodios de inundación registrados en toda la red de ramblas y barrancos del Medio Vinalopó en los años ochenta, sobre todo de los ocurridos el 19-20 de octubre de 1982. En dicho año se instalaron los registros pluviométricos, registrándose en los municipios cercanos a Hondón de los Frailes, 240 l/m². El 4 de octubre de 1987, una fuerte precipitación descargó 70 mm y ocasionó grandes pérdidas en la agricultura. El 3 y 4 de noviembre de 1987 en el se registraron 191,2 l/m². En el año 1988, de nuevo tienen lugar fuertes chubascos los días 4, 10 y 25 de junio y 14 de octubre (SÁNCHEZ, 2017). Los episodios del 4 al 7 de septiembre de 1989, tuvieron repercusiones catastróficas en infraestructuras agrarias, equipamientos industriales y zonas residenciales situadas en zonas de riesgo. En el observatorio de La Romana se registraron cuatro episodios con volumen de precipitación superior a 100 l/m² en 24 horas durante la década de los ochenta, destacando el del 4 de septiembre de 1989 con 149 mm.

4. ANÁLISIS HIDROLÓGICO

La modelación de los riesgos de avenidas implica la realización de un estudio de prognosis en el que se presenta una imagen global de los posibles efectos, con el fin de reducir la incidencia de las catástrofes. Generalmente, las hipótesis subyacentes implican que el comportamiento de los procesos naturales en el futuro próximo tendrá una evolución similar a la proyectada en el presente. Dicho cálculo permite, en la medida de lo posible determinar las áreas que pueden ser potencialmente afectadas y la frecuencia e intensidad de la propia inundación, constituyéndose, por tanto, en técnicas e instrumentos de planificación y gestión territorial que permiten definir limitaciones en ciertos usos del suelo y, en concreto, en la localización espacial de las actuaciones y actividades humanas. Sin embargo, la comprobación de las predicciones inherentes a este tipo de resultados representados en cartografías es bastante difícil, por lo que se hace compleja la verificación de la validez de la hipótesis que contiene.

El uso de métodos hidrometeorológicos de cálculo de avenidas es, actualmente, el procedimiento más empleado en la evaluación de crecidas de diseño. Estos métodos simulan el proceso lluvia-escorrentía y permiten obtener tanto la crecida con un determinado periodo de retorno, como aquella generada por la cuenca ante unas determinadas condiciones prefijadas: avenida máxima probable.

Esta metodología emplea como dato básico la lluvia sobre la cuenca, incluyendo no sólo la cantidad total, sino también su duración y su distribución temporal dentro de la misma. El tratamiento de la cuenca como unitaria o como un conjunto de subcuencas, tramos de red fluvial y nudos de conexión, es función del grado de homogeneidad que presentan las características de escorrentía y las tormentas de la zona en cuanto a su distribución espacial y temporal. La estimación de la lluvia neta se debe abordar desde la facilidad para estimar sus parámetros. En este sentido, el método S.C.S. presenta facilidades para la estimación de parámetros a partir exclusivamente de características físicas de la cuenca y de estados globales de humedad previa del complejo suelo-vegetación (seco, medio o húmedo).

Para la consecución del caudal máximo probable se ha elegido la propuesta de Témez adaptada a las condiciones climáticas de España. Este método, conocido como Método Racional, ofrece estimar de forma sencilla la avenida punta y sus caudales máximos en un determinado período de retorno. Para la concreción del caudal máximo probable se ha elegido la propuesta de Témez adaptada a las condiciones climáticas de

España. Este método, conocido como Método Racional, ofrece estimar de forma sencilla la avenida punta y sus caudales máximos en un determinado período de retorno.

4.1.- Caracterización del régimen de precipitaciones máximas.

Las precipitaciones de carácter extraordinario, es decir, los aguaceros de gran intensidad horaria son una de las principales causas por las que se producen inundaciones en toda el área mediterránea, de ahí la importancia de su estudio. Son lluvias cuyo período de retorno en un mismo lugar va a ser de bastantes años.

Desde el punto de vista hidrológico, es importante diferenciar las distintas escalas temporales, ya que van a afectar de una manera u otra en función del período de respuesta de cada sistema. Estas situaciones de lluvias torrenciales se dan sobre todo al final del verano y principios de otoño, época en la que la temperatura del mar es más elevada que el aire en contacto, requisito primordial para la génesis de grandes fenómenos termoconvectivos.

El método de estimación de los caudales asociados a distintos períodos de retorno depende del tamaño y naturaleza de la cuenca aportante. Para cuencas pequeñas son apropiados los métodos hidrometeorológicos basados en la aplicación de una intensidad media de precipitación a la superficie de la cuenca, a través de una estimación de su escorrentía. Esto equivale a admitir que la única componente de esta precipitación que interviene en la generación de caudales máximos es la que escurre superficialmente.

4.1.1.- Cálculo del tiempo de concentración de las cuencas.

Según la metodología del Método Racional, el tiempo de concentración de la cuenca estudiada se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$T_c = 0,3 (L/J^{0,25})^{0,76}$$

T_c: tiempo de concentración (horas)

L: Longitud del cauce (Km).

J: Pendiente media (m/m) = (cota máx. – cota min.)/ L

CÁLCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	
	CUENCA
Longitud (Km)	7,53 km
Cota max. (m)	598 m
Cota min. (m)	420 m
Pendiente (m/m)	0,0235%
Tc (horas)	2,84

Fuente: Elaboración propia

Este tiempo de concentración equivale al tiempo que tardaría una gota de lluvia en recorrer el espacio entre la cabecera y la desembocadura del cauce (o el fondo endorreico del valle en este caso).

4.1.2.- Cálculo de la intensidad media de precipitaciones para los tiempos de concentración calculados.

El cálculo de caudales de avenida por métodos hidrometeorológicos se basa en el cálculo de las precipitaciones máximas para un periodo de retorno específico. La estimación de la lluvia con un determinado período de retorno suele abordarse a partir de los valores de lluvias diarias debido a la mayor densidad de estaciones con medida diaria. La metodología habitual para la asignación de períodos de retorno consiste en la modelación estadística de las series de máximos anuales. La elección del tipo de modelo y de la forma de estimar sus parámetros plantea dudas. La problemática del análisis regional de las precipitaciones cuenta con la dispersión territorial de las diferentes estaciones meteorológicas con datos de pluviometría. Por tanto, el objetivo es incrementar la “longitud estadística” de una estación considerando conjuntar las estaciones de una “región”, es decir, reducir la incertidumbre de los estimadores.

Se ha obtenido datos de máximos pluviométricos diarios mediante la aplicación del programa de software MAXPLU, adjunto a la publicación “Máximas lluvias en la España Peninsular”, ofrecida por el Ministerio de Fomento.

- Obtención del valor medio de la máxima precipitación diaria anual P y del Coeficiente de Variación Cv.
- Estimación de la precipitación diaria máxima correspondiente a diferentes períodos de retorno, partiendo del valor de su media y su coeficiente de variación, asumiendo una distribución SQRT-ET máx.

Cálculo de la intensidad máxima de precipitación cuenca			
T	P _m	C _v	P _d
25	46	0,5180	96
100	46	0,5180	131
500	46	0,5180	177

Fuente: Elaboración Propia a partir del programa MAXPLU. Ministerio de Fomento.

T: Periodo de retorno (años)

P_m: Precipitación media de las máximas diarias (mm)

C_v: Coeficiente de variación

P_d: Cuantil de precipitación máxima diaria (mm)

En el anterior cuadro se expresan los períodos de retorno estimados para los intervalos temporales de 25, 100 y 500 años. La elección de los periodos de retorno de 25, 100 y 500 años obedece a tipificación de riesgos según los seis tipos que contempla el PATRICOVA resultado de combinar diferentes calados con estos periodos de retorno. En cambio, el período de retorno de 10 años es el que sirve para definir el cauce legal según el artículo 4 del *Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas* que define al cauce como “el terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias”. Por otro lado, en el mismo artículo 4 se cita que “se considerará como caudal de la máxima crecida ordinaria la media de los máximos caudales anuales, en su régimen natural producidos durante diez años consecutivos, que sean representativos del comportamiento hidráulico de la corriente y que tengan en cuenta lo establecido en el apartado 1”.

La intensidad media I_t (mm/h) de precipitación a emplear en la estimación de caudales de referencia por métodos hidrometeorológicos se podrá obtener por medio de la siguiente fórmula:

$$I_t/I_d = I_1/I_d \frac{28^{0,1} - t^{0,1}}{28^{0,1} - 1}$$

I_d (mm/h): Intensidad media diaria de precipitación.

I_1 (mm/h): Intensidad horaria de precipitación.

t (h): Tiempo de concentración.

A continuación, aparece el mapa de isóneas establecidas por un factor de torrencialidad aplicada a escala regional en la Península Ibérica:



El valor de la razón $I1/I0$ que es la relación entre la intensidad horaria y diaria (factor de torrencialidad) se obtiene a partir de un estudio regional, resultando para la Comunidad Valenciana valores entre 11 y 11,5. Para el área de estudio consideraremos 11,5 como valor elegido.

Por tanto, el cálculo de la intensidad máxima de precipitación para las subcuencas vertientes depende de los factores variables del tiempo de concentración. Todos ellos se han utilizado para la estimación de los caudales del apartado siguiente.

4.2. Cálculo de caudales

El modelo hidrológico para la concreción de los objetivos del presente trabajo ha de orientarse en la relación y ciclo precipitación-escorrentía, es decir, la cantidad de precipitación caída que tras no ser infiltrada pasa a ser escorrentía directa (“lluvia neta”) a través de su traslación por laderas y red de drenaje hasta su desagüe.

La metodología elegida es la conocida como Método Racional, que pasa por la consideración de las cuencas de estudio como cuencas unitarias, ya que presentan bastante homogeneidad en cuanto a las características de la escorrentía y las tormentas de la zona en cuanto a su distribución espacial y temporal.

En un aguacero ideal, de duración indefinida, con intensidad de lluvia neta constante, el caudal al punto de desagüe de la cuenca (o zona endorreica en este caso) que, al principio, sólo acusará la presencia del agua caída en sus proximidades, pero irá creciendo hasta alcanzar una situación de equilibrio. En ese momento, la intensidad de salida de agua se igualará con la de entrada en la cuenca, estabilizándose el caudal a partir de entonces.

- Cálculo del coeficiente de escorrentía:

El coeficiente de escorrentía “C” define la proporción de la intensidad de lluvia “I” que genera escorrentía superficial y obviamente está relacionado con el concepto de lluvia neta expuesto en apartados anteriores. El método racional expuesto obtiene dicho dato basándose en la formulación del *Soil Conservation Service* (S.C.S.) y la determinación del umbral de escorrentía “Po” en una determinada cuenca según sus características edafológicas, de vegetación, etc. El umbral de escorrentía para cada la cuenca estudiada estará sujeto a variables según el uso de su suelo. Si la razón Pd/Po fuera inferior a la unidad, el coeficiente C de escorrentía podrá considerarse nulo. En caso contrario, el valor de C podrá obtenerse de la fórmula. A partir de ello, el coeficiente instantáneo de escorrentía C se halla a través de la siguiente formulación:

$$C = \frac{(P_d/P_o - 1) ((P_d/P_o) + 23)}{((P_d/P_o) + 11)^2}$$

P_d (mm): la precipitación total diaria

P_o: umbral de escorrentía

El umbral de escorrentía es el parámetro del modelo de infiltración. Este parámetro se encuentra tabulado y es función de la vegetación (o uso de suelo), la pendiente y del tipo de suelo edáfico. Aparece, por consiguiente, tabulada para unas condiciones medias de humedad inicial (S.C.S y MOPU, 1990). Además, el umbral de escorrentía debe afectarse por un coeficiente corrector que tiene en cuenta la humedad antecedente y otras correcciones experimentales. Este coeficiente regionalizado toma el valor de 3 en el área de estudio.

La cuenca objeto de este análisis se ubica en un espacio principalmente dominado litológicamente por materiales cuaternarios, terciarios y cretácicos al oeste (arenas, limos, calizas o calcarenitas y margas) acompañados por materiales triásicos al este (yesos y arcillas), que le confiere al terreno una irregular capacidad de infiltración.

El ámbito además se caracteriza por la coexistencia de varios tipos de usos de suelo, siendo dominantes las zonas agrícolas y forestales que determinará finalmente el umbral de escorrentía.

El valor del umbral de escorrentía para cada cuenca estudiada se ha obtenido a partir del tratamiento de cartografía mediante la herramienta SIG denominada ArcMap. Como se ha indicado, el umbral de escorrentía está en función de los usos de suelo, de la pendiente y del grupo de suelo del área de estudio. Con este fin, la cartografía utilizada en cada caso ha sido:

- Proyecto SIOSE (Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España) y fotografía aérea del PNOA (Plan Nacional de Ortofotografía Aérea), para la determinación de los usos del suelo.
- Modelo digital de terreno procedente del proyecto LiDAR, con un tamaño de celda de 5 m², a partir del que se ha obtenido el mapa de pendiente del municipio.
- Mapa litológico, extraído del Mapa Geológico (Serie MAGNA del IGME), con el que se han determinado los grupos de suelo presentes en las áreas vertientes.

Los umbrales de escorrentía para cada uso del suelo se definen a partir de la correspondiente tabla específica (para unas condiciones medias de humedad inicial según S.C.S y MOPU) en donde se diferencia, también, valores según los parámetros de pendiente y litología. Por ello, previamente, se ha procedido a una conversión de los usos del suelo hallados en el SIOSE para ver su correlación con los usos del suelo de la citada tabla y, así, estimar finalmente el umbral de escorrentía. Partiendo de las fuentes indicadas se ha obtenido la siguiente distribución del parámetro “umbral de escorrentía” con un valor de **27,925** para la cuenca objeto de estudio.

CÁLCULO DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA DE LA CUENCA						
Usos	Pendientes	Grupo	Po (mm)	Área (m ²)	%	Po ponderado (mm)
Bosques de coníferas de hojas aciculares	>3	B	47	290.98	0.003	0.001
Grandes formaciones de matorral denso o medianamente denso	<3	D	16	11666.20	0.127	0.020
Grandes formaciones de matorral denso o medianamente denso	<3	C	22	206266.93	2.241	0.493
Grandes formaciones de matorral denso o medianamente denso	<3	B	34	3484911.95	37.86 5	12.874
Matorrales sub-arbustivos o arbustivos muy poco densos	<3	B	24	441119.08	4.793	1.150
Mosaico de cultivos permanentes en seco	>3	D	10	60.02	0.001	0.000
Mosaico de cultivos permanentes en seco	>3	C	15	301259.18	3.273	0.491
Mosaico de cultivos permanentes en seco	<3	C	19	925629.16	10.05 7	1.911
Mosaico de cultivos permanentes en seco	>3	B	28	3517444.09	38.21 9	10.701
Tejido urbano continuo	<3	B	1	161300.32	1.753	0.018
Urbanizaciones exentas y/o ajardinadas	>3	B	14	115732.16	1.257	0.176
Urbanizaciones exentas y/o ajardinadas	<3	B	25	29713.22	0.323	0.081
Zonas de extracción minera	<3	B	9	8069.61	0.088	0.008
Bosques de coníferas de hojas aciculares	>3	B	47	290.98	0.003	0.001
TOTALES				9203462.90	100	27.925

Fuente: elaboración propia

- Aplicación de la fórmula básica:

El caudal de referencia Q en el punto en el que desagüe una cuenca o superficie se obtendrá mediante el método de Témez, que se basa en la aplicación de la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{C I A}{3,6} K$$

Q = caudal punta para un determinado período de retorno (en m³/seg.).

I = máxima intensidad horaria de precipitación para dicho periodo de retorno (en mm/hora).

A = superficie de la cuenca.

C = coeficiente de escorrentía.

K = coeficiente de uniformidad.

3,6 = cambio de unidades.

El coeficiente de uniformidad “K” varía de unos episodios a otros, pero su valor medio en una cuenca concreta depende fundamentalmente del valor de su tiempo de concentración, y de forma tan prevalente que, a efectos prácticos, puede despreciarse la influencia de las restantes variables tales como la torrencialidad del clima, etc. Para su estimación, en valores medios, se efectúa la siguiente expresión:

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

T_c: tiempo de concentración en horas.

El valor finalmente obtenido es:

Coficiente de Uniformidad “K” Cuenca	1.2082
---	---------------

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se aplica la fórmula básica para los períodos de retorno considerados.

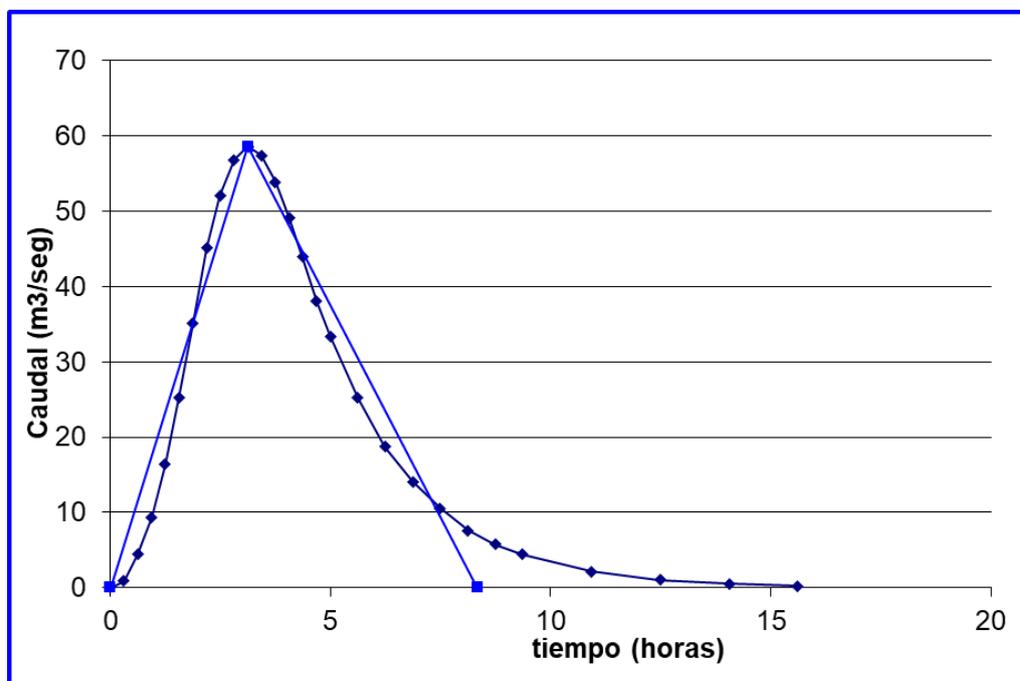
CÁLCULO DE CAUDALES DE AVENIDA					
T (años)	A (km²)	I (mm/h)	C	K	Q (m³/s)
25	9.20	21,835	0,0120	1,2082	0.805
100	9.20	29,796	0,0730	1,2082	6.683
500	9.20	40,259	0,1450	1,2082	17.928

Fuente: Elaboración propia

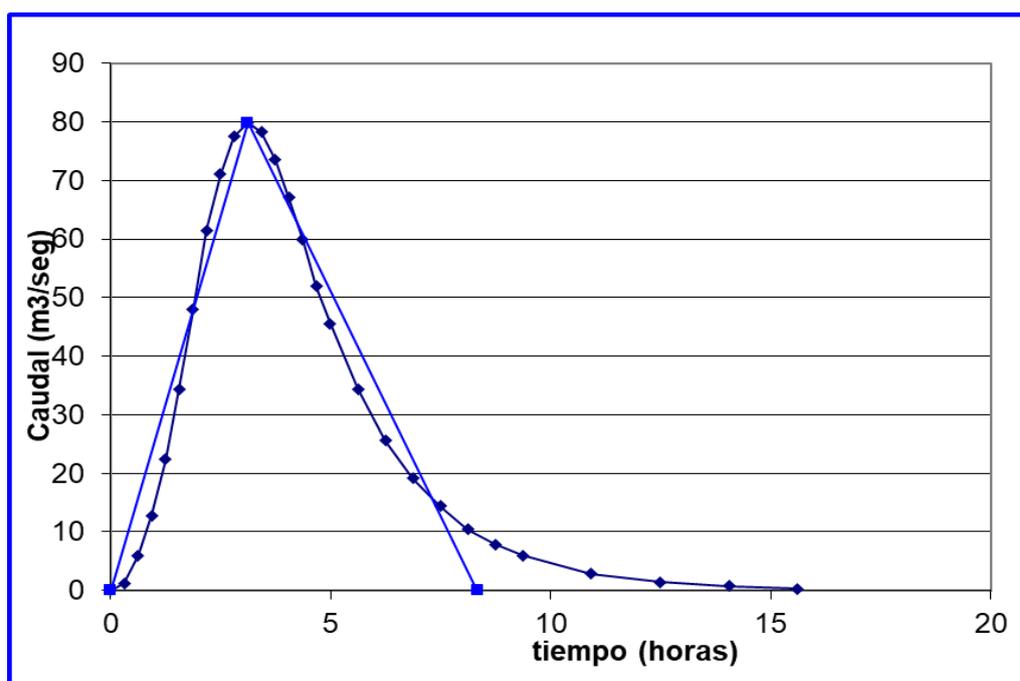
4.3. Hidrograma resultante.

La modelización se ha realizado con los hidrogramas para un tiempo de concentración de **2,837h** siguientes:

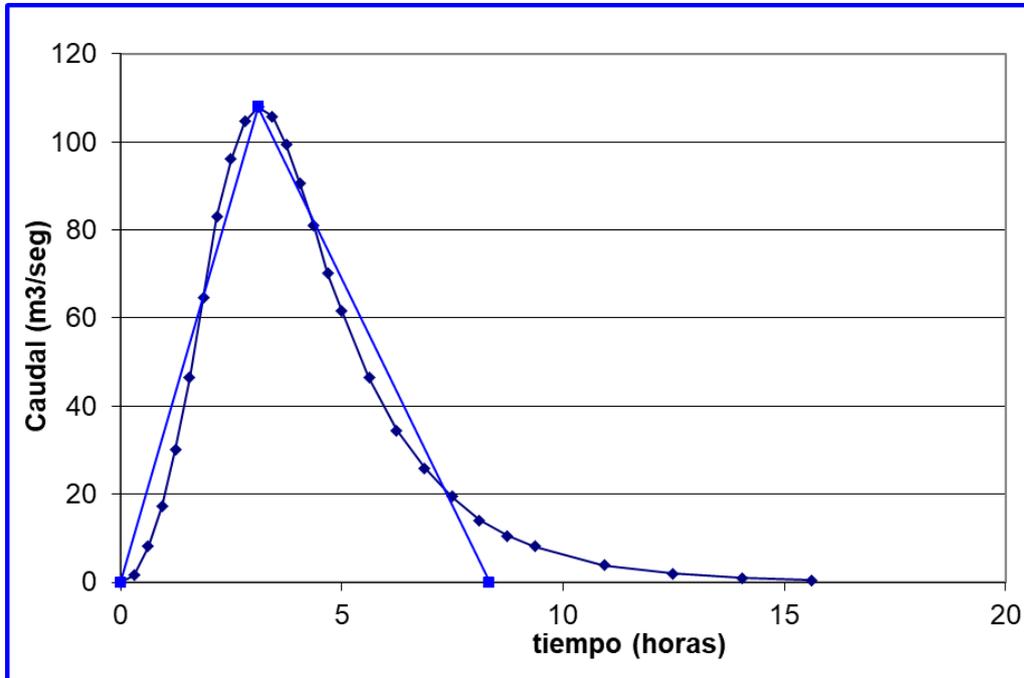
- **Período de retorno 25 años**



- **Período de retorno 100 años**



- Período de retorno 500 años



5.- ANÁLISIS HIDRÁULICO.

El análisis hidráulico nace de la necesidad de estudiar el funcionamiento de las escorrentías vertientes de las cuencas delimitadas. Estas cuencas con su aportación de caudal son las obtenidas en el estudio hidrológico para estimar la zona inundable de los cauces y sus márgenes.

Para el análisis hidráulico de la situación de partida y futura se ha tomado la consideración de su análisis a través de la utilización del software IBER que es un modelo 2D para el cálculo de las zonas inundables.

- Modelo de simulación a través del IBER

La modelación a través del IBER consigue modelar la hidrodinámica de las áreas inundadas y las profundidades de inundación, la simulación de represas y diques de brechas, la simulación de eventos de lluvia torrencial con coeficiente de escurrimiento variable (riesgo de escorrentía pendiente), la producción de las direcciones de flujo para un análisis de la trayectoria de flujo, etc.; todo ello teniendo en cuenta los obstáculos de flujo (diques, terraplenes de ferrocarril, etc.), no incluidos en el modelo de terreno.

Este modelo puede generar automáticamente videos de recreación de episodios de flujo y escorrentía.

El cálculo de las áreas de inundación se basa en un enfoque hidrodinámico. Todos sus módulos trabajan sobre una malla, de volúmenes finitos (formada por elementos triangulares o cuadrados). El volumen de descarga a las células vecinas se calcula utilizando la fórmula de Manning-Strickler.

$$V = k_{St} \cdot r_{hy}^{2/3} \cdot I^{1/2}, \text{ with } r_{hy} \text{ being the hydraulic radius and } I \text{ the gradient.}$$

La calidad de los resultados de simulación depende en gran medida del uso de valores de rugosidad adecuados desde la velocidad del flujo está relacionada linealmente con rugosidad.

La profundidad de flujo durante un intervalo de iteración se toma de la diferencia entre el nivel de agua y la elevación máxima del terreno a lo largo de la trayectoria de flujo.

$$flow_depth = water_level - \max(elevation_a, elevation_b)$$

La inclinación y la dirección de la tabla de agua se vuelve a calcular en cada paso de iteración y la pendiente más pronunciada utilizado como la inclinación en la fórmula de Manning-Strickler.

$$slope = \sqrt{\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2}$$

$$aspect = 270 - \frac{360}{2\pi} \cdot \arctan 2 \left[\frac{\partial z}{\partial y}, \frac{\partial z}{\partial x} \right]$$

La velocidad de flujo como se deriva por la fórmula se multiplica por la sección transversal de flujo y la etapa de iteración tiempo con el fin de obtener el volumen de agua intercambiada entre las células para la iteración actual.

La fórmula de Manning-Strickler fórmula es generalmente válida sólo para descarga normal, donde la pérdida por fricción es igual a la ganancia en energía potencial. En otros casos, los valores velocidades calculadas pueden ser demasiado alta. Para controlar esto, los valores de velocidad se comprueban para el criterio de umbral.

Junto con el volumen se pasan también los vectores de velocidad para la siguiente iteración. La velocidad media del flujo se define como la media aritmética del cálculo velocidad de la corriente y la suma de vectores.

- Resultado hidráulico y del comportamiento de la escorrentía

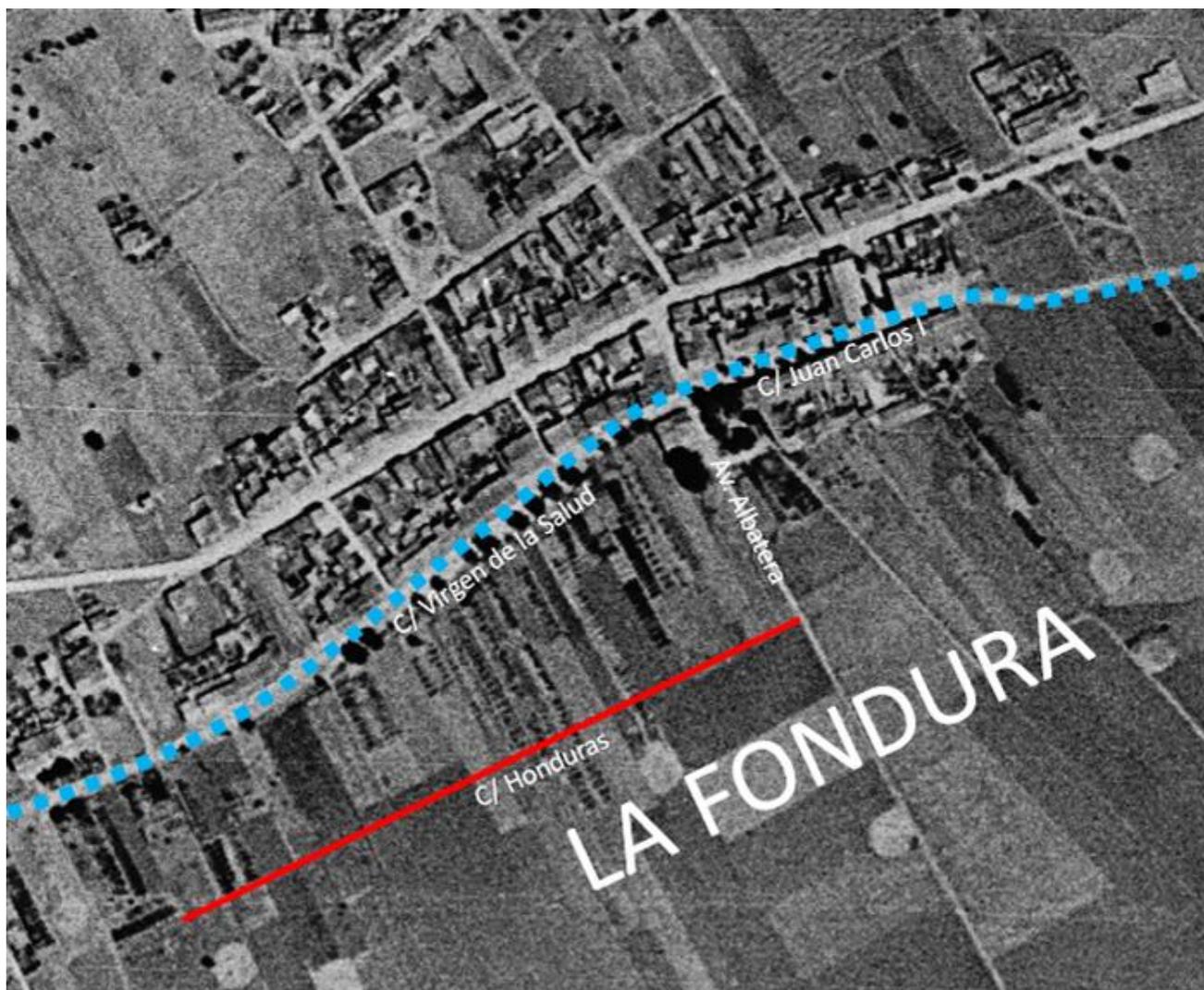
Finalmente, en la cuenca vertiente analizada y con la utilización de la modelización hidráulica basada en la utilización del software IBER, es decir, de un modelo 2D para el cálculo de las zonas inundables se ha estimado directamente el flujo a partir de la simulación de eventos de lluvia torrencial para distintos

periodos de retorno con coeficiente de escurrimiento variable, producción de las direcciones de flujo para un análisis de la trayectoria de flujo, etc. Todo ello teniendo en cuenta los obstáculos de flujo, incluidos en el modelo digital del terreno (MDT o Mapa de Sombras) y que han ayudado a determinar finalmente el flujo de lámina libre consecuyente.

Por consiguiente, la peligrosidad de inundación resultante (véase anexo cartográfico) muestra que, para el periodo de retorno de 25, 100 y 500 años y para la estimación de caudal a partir de una tormenta de diseño se inicia un flujo de caudal de la cuenca vertiente analizada en la zona endorreica de la depresión tectónica de Hondón de los Frailes.

La peligrosidad de inundación varía desde el nivel 1 según la actual normativa del PATRICOVA, es decir, se produce Peligrosidad de nivel 1 cuando la probabilidad de que en un año cualquiera se sufra, al menos, una inundación es superior a 0'04 (equivalente a un periodo de retorno inferior a 25 años), con un calado máximo generalizado alcanzado por el agua superior a ochenta centímetros (80 cm) y peligrosidad de nivel 6, es decir, cuando la probabilidad de que en un año cualquiera se sufra, al menos, una inundación se encuentra entre 0'01 y 0'002 (equivalente a un periodo de retorno entre 100 y 500 años), con un calado máximo generalizado alcanzado por el agua inferior a ochenta centímetros (80 cm) y superior a quince centímetros (15 cm).

Los modelos teóricos ofrecen unos resultados más restrictivos que los existentes en la cartografía del vigente PATRICOVA. Así, se producen escasas diferencias superficiales entre los niveles de peligrosidad de inundación que afectan al paraje de La Fondura, compuesto por materiales impermeables arcillosos en el fondo del valle endorreico que coincide con el término municipal, prácticamente en su totalidad. Como evidencia la trama histórica del pueblo, las primeras zonas afectadas del núcleo urbano se sitúan inmediatamente al sur de las actuales calles Virgen de la Salud, Juan Carlos I y Padre Claret, afectando las edificaciones ya consolidadas en las calles de la Fuente, Honduras, San Isidro, Avenida de Albaterra y el camino Colorado.



Localización de los viales sobre la fotografía aérea de 1956 (vuelo americano)

Fuente: ICV (<https://visor.gva.es/visor/>)

Los terrenos afectados por peligrosidad de inundación de nivel 1 (frecuencia alta, 25 años; calado alto, $>0,80$ m) se extiende desde la calle de la Fuente, por el oeste, hasta las inmediaciones del camino de las Casas de Galiana, por el este, como una franja de anchura de 300 m, aproximadamente, como puede observarse en los planos correspondientes del anexo cartográfico. Los terrenos afectados por peligrosidad de niveles 2 (frecuencia media, 100 años; calado alto, $>0,80$ m) y 3 (frecuencia alta, 25 años; calado bajo, $<0,80$ m) forman una orla en torno a los afectados por el nivel 1, de apenas unos pocos metros de anchura. Mientras que no aparecen áreas significativas afectadas por peligrosidad de nivel 5 (frecuencia baja, 500 años; calado alto $>0,80$ m), aquellas afectadas por peligrosidad de nivel 6 (frecuencia baja, 500 años; calado bajo $<0,80$ m)

vuelven a orlar la zona más deprimida de La Fondura (con una estrecha franja que no llega a la decena de metros).

De otra parte, las zonas afectadas por peligrosidad de nivel 4 (frecuencia media, 100 años; calado bajo, <0,80 m) se sitúan al oeste de la calle de la Fuente, en los parajes de La Mineta, El Vergeret, l'Olivar y El Derramador (topónimo de claras connotaciones de arroyada en el curso bajo del barranc de l'Ombria). De igual forma, los cursos bajos de las vaguadas analizadas que descienden desde los parajes del Racó del Maleno y del Racó de Sepulcre hasta la zona más occidental del pueblo de Hondón de los Frailes; como también ocurre con las que alcanzan las Casas de Galiana desde el Racó del Polaco (al NE) y del Racó de Tabarillo (al SO).

6.- CONCLUSIONES, VIABILIDAD DEL PROYECTO Y MEDIDAS.

Una vez realizados los cálculos, con los resultados obtenidos expuestos en el apartado anterior, el equipo redactor ha propuesto al Ayuntamiento de Hondón de los Frailes una serie de medida para ser incorporadas en la ordenación y la normativa del PGE:

- **MEDIDAS PREVENTIVAS**

- Redelimitación de las zonas urbanizadas en el frente meridional del pueblo, ajustándose únicamente a los sectores efectivamente urbanizados, edificados y consolidados, donde será de aplicación directa lo dispuesto en el Anexo I de la Normativa del PATRICOVA sobre Condiciones de Adecuación de las Edificaciones y la Urbanización
- Redelimitación de las zonas de nuevos desarrollos al oeste del pueblo (La Llometa y Cases Altes), por la afección de las vaguadas del Racó del Maleno (peligrosidad de inundación de nivel 4), atendiendo a las consideraciones de la Normativa del PATRICOVA, en función de la afección de los diferentes niveles de peligrosidad de inundación.
- En ordenación de las zonas de nuevos desarrollos de La Lometa y Cases Altes, las zonas verdes se localizarán en el área más occidental de ambos sectores, con el fin de favorecer la infiltración de las aguas y no incrementar los posibles efectos de las escorrentías, además de establecer una zona de transición en la interfaz urbano-rural.
- Supresión de las dos zonas planteadas como minimización de impactos territoriales de núcleos consolidados de viviendas en zona rural del camino de las Casas de Galiana (peligrosidad de inundación de nivel 4) y del camino del Xerec (o Senda de los Moros).

- **MEDIDAS PROTECTORAS**

- Mantenimiento expedito de las zonas inundables tanto de edificación y usos intensivos reflejadas por la cartografía de peligrosidad del PATRICOVA, así como las diagnosticadas para la peligrosidad de inundación resultante del análisis de mayor detalle del presente estudio de inundabilidad.
- Incorporación a la Infraestructura Verde municipal las zonas afectadas por peligrosidad de inundación de niveles 1 a 4 en el fondo de valle endorreico de la depresión tectónica:

parajes de La Fondura, La Mineta, El Vergeret, l'Olivar y El Derramador. En estas zonas no se autorizarán nuevas edificaciones.

- Cualquier licencia municipal en las zonas afectadas por peligrosidad geomorfológica delimitada en la cartografía del PATRICOVA, deberá incorporar un estudio de inundabilidad específico.
- Los caminos que transiten por zonas inundables de peligrosidad de niveles 1 a 4 deberán estar convenientemente señalizados como zonas de riesgo para las personas en episodios de fuertes precipitaciones mediante la colocación de señales de advertencia.

- **MEDIDAS CORRECTORAS**

- Como norma general se atenderá a lo dispuesto en el Anexo I de la Normativa del PATRICOVA sobre Condiciones de Adecuación de las Edificaciones y la Urbanización.
- Como medida particular se atenderá a la corrección de las condiciones hidráulicas fruto de la existencia del depósito incontrolado de vertidos y residuos inertes que se definen en unos calados altos (peligrosidad de inundación preferentemente de tipo 1 y 2). El planteamiento de la minimización de la peligrosidad de inundación a asumir por el plan general correrá a cargo de la limpieza de los vertidos incontrolados y redefinición de motas.

En Hondón de Los Frailes a 11 de marzo de 2019

IRENE CAMPILLO LÓPEZ



Arquitecta

SANDRA GALVAÑ CORTÉS



Ingeniera Geóloga

IGNACIO QUESADA LLEDÓ



Abogado

ESTELA GARCÍA BOTELLA



Geógrafa

ANEXO 1.- FOTOGRAFIAS



Panorámica general del fondo de la depresión tectónica de Hondón de los Frailes. En el centro de la imagen se observa la zona inundable de La Fondura (marcada con flecha azul), compuesta por arcillas impermeables, entre el pueblo y la pedanía de Casas de Galiana, que quedaría a la derecha de la imagen.



Aspecto de la zona central de la depresión tectónica de La Fondura (marcada en azul). Las tonalidades rojizas de los suelos muestran los materiales arcillosos impermeables. Al fondo se aprecian las Casas de Galiana, cuya elevación cierra la zona inundable por el este.



Vista del tramo bajo de la vaguada que desciende desde el Racó de Maleno (en el centro al fondo) hasta alcanzar el sector oriental del pueblo. Se trata de una vaguada abancalada con almendros y eriales.



Vista de la vaguada que desciende desde la Serra de Crevillent por el camino de las Casas de Galiana, salvando un desnivel importante en apenas 1 km de recorrido.

ANEXO 2: CARTOGRAFIA

- EI.01.- LOCALIZACIÓN
- EI.02.- PELIGROSIDAD POR INUNDACIÓN PATRICOVA
- EI.03.- CUENCA HIDROGRÁFICA
- EI.04.- PELIGROSIDAD: PERIODO RETORNO 25 AÑOS
- EI.05.- PELIGROSIDAD: PERIODO RETORNO 100 AÑOS
- EI.06.- PELIGROSIDAD: PERIODO RETORNO 500 AÑOS
- EI.07.- PELIGROSIDAD POR INUNDACIÓN.