



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA MINIMIZAR LOS DAÑOS PROVOCADOS EN LA ZONA URBANA POR EL DESBORDAMIENTO DEL BARRANCO DE LA ALBERCA, DÉNIA (ALICANTE)

Memoria

Trabajo final de grado

Titulación: Grado en Ingeniería de Obras Públicas

Curso: 2015/16

Autor: Marín Camacho, Álvaro

Tutor: Ferrer Polo, José

Cotutor: Aguado García, Daniel

Valencia, septiembre de 2016

Estudio de soluciones para minimizar los daños provocados en la zona urbana por el desbordamiento del barranco de La Alberca, Denia (Alicante).

Índice

Memoria

- 1. Introducción**
- 2. Antecedentes**
- 3. Objetivos**
- 4. Situación geográfica**
- 5. Datos de partida**
- 6. Condicionantes externos**
- 7. Metodología**
- 8. Motivación y justificación**
- 9. Estudio hidrológico**
- 10 Estudio hidráulico**
- 11. Estudio de Soluciones**
- 12. Conclusiones**
- 13. Bibliografía**

Anexos

- Anexo nº 1: Reportaje fotográfico de la situación aactual**
- Anexo nº 2: Estudio hidrológico**
- Anexo nº 3: Estudio hidráulico**
- Anexo nº 4: Estudio de soluciones**
- Anexo nº 5: Planos**

Estudio de soluciones para minimizar los daños provocados en la zona urbana por el desbordamiento del barranco de La Alberca, Denia (Alicante).

1. Introducción

El siguiente Trabajo de Fin de Grado, de ahora en adelante TFG, se ha realizado con el objetivo de conocer el alcance y peligrosidad, así como la búsqueda de soluciones, para evitar la problemática derivada del desbordamiento del barranco de La Alberca en la zona urbana de la Carretera de Las Marinas, al noroeste del núcleo urbano de Dénia (Alicante), durante episodios de lluvias torrenciales.

En primer lugar se realizarán una serie de definiciones, las cuales ayudarán al mejor entendimiento del trabajo realizado, cuyo desarrollo se presentará posteriormente.

- Régimen torrencial: Hace referencia al comportamiento irregular en el régimen de caudales de un río o barranco, estando este casi seco durante la mayor parte del tiempo y con crecidas violentas y destructoras en ciertos momentos.
- Barranco: La principal diferencia con el término "*río*" es la frecuencia con la que el agua fluye a través de dichos cauces, ya que el concepto de barranco está relacionado directamente con flujos torrenciales típicos de climas áridos y semiáridos.

Para el desarrollo del trabajo ha sido de gran ayuda contar con el Plan de Acción Territorial sobre prevención del Riesgo de Inundación de la Comunidad Valenciana, de ahora en adelante PATRICOVA. Este es un documento elaborado desde la Conselleria d'Habitatge, Obres Públiques i Vertebració del Territori a través de la Direcció General d'Ordenació del Territori, Urbanisme i Paisatge. Los principales objetivos de dicho plan, extraídos de la última revisión de Octubre de 2015, son:

1. Obtener un adecuado conocimiento y evaluación de los riesgos de inundación en el territorio de la Comunitat Valenciana.
2. Establecer procedimientos administrativos ágiles y rigurosos para incorporar la variable inundabilidad a los planes, programas y proyectos que tengan una proyección sobre el territorio
3. Lograr una actuación coordinada de todas la Administraciones Públicas y los agentes sociales para reducir las consecuencias negativas de las inundaciones sobre la salud de las personas y los bienes, el medio ambiente, el patrimonio cultural, el paisaje, la actividad económica y los equipamientos e infraestructuras.
4. Orientar los desarrollos urbanísticos y territoriales hacia las áreas no inundables o, en su caso, hacia las de menor peligrosidad de inundación, siempre que permitan el asentamiento, otorgando preferencia a los modelos urbanos y territoriales más eficientes.
5. Gestionar las zonas inundables dentro del sistema territorial de la Infraestructura Verde, favoreciendo la producción de los servicios ambientales, así como la conservación y mejora de los paisajes naturales y culturales en torno al agua.

Estudio de soluciones para minimizar los daños provocados en la zona urbana por el desbordamiento del barranco de La Alberca, Denia (Alicante).

El documento completo cuenta con un programa de actuaciones, divididas entre acciones estructurales e hidrológico-forestales, en esta programa aparece catalogado el barranco cuyo objeto de estudio es el TFG que se desarrollara a continuación.

Este programa es de gran importancia en el ámbito hidrológico e hidráulico de la Comunidad Valenciana debido al clima semiárido de la zona según la clasificación climática de Köppen. Este clima se caracteriza por la escasez de lluvias a lo largo del tiempo pero abundancia en el volumen, produciéndose lluvias torrenciales al final del verano, fenómeno conocido coloquialmente como la *"gota fría"*.

Estudio de soluciones para minimizar los daños provocados en la zona urbana por el desbordamiento del barranco de La Alberca, Denia (Alicante).

Los barrancos que provocan las inundaciones en la Carretera de Las Marinas son los codificados en la imagen anterior como EAC02, EAC03, EAC04, EAC05 y EAC06.

El documento que ha servido de punto de partida para el desarrollo de TFG ha sido el Programa de Actuaciones elaborado por el PATRICOVA, el cual cataloga todas las zonas inundables de la Comunidad Valenciana y propone diversas actuaciones de carácter estructural o hidrológico-forestal.

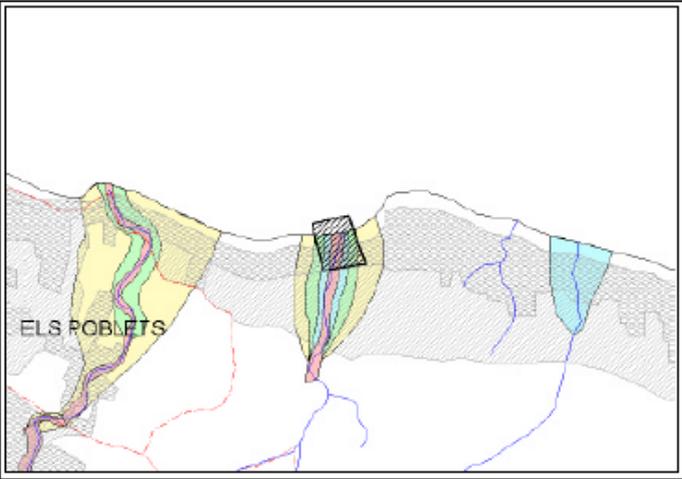
Título: Encauzamiento de la desembocadura del barranco de Fusta	
Zona: Barranco de Fusta (o de La Alberca);(AC03)	Código: EAC03
Descripción de la medida: Encauzamiento de la desembocadura del barranco de Fusta a su paso por la zona de Las Marinas (al oeste del núcleo urbano de Denia), con una longitud de 1000 metros y una capacidad recomendable de $Q(500) = 670 \text{ m}^3/\text{s}$.	
Municipios: Denia	Localización: 
Hojas: 796	
Objetivo:	Incremento umbral de desbordamiento
Descripción del problema resuelto: Disminuir el riesgo de inundación en el núcleo urbano de Denia.	
Oportunidad	Informe Municipal 1999
Efectos negativos:	1.- Impacto sobre el ecosistema ripario.
Alternativas:	Coordinación con: Denia
Agente encargado: COPUT - H	Tiempo estimado: 6 meses
Prioridad: BAJA	5.400.000 euros

Figura 2: Catálogo de Actuaciones PATRICOVA.

Los colores mostrados en el anterior documento gráfico vienen explicados en la leyenda que se muestra a continuación:

LEYENDA

ZONAS DE RIESGO DE INUNDACIÓN

- RIESGO 1. Frecuencia menor de 25 años; calado > 0,8 m.
- RIESGO 2. Frecuencia entre 25 y 100 años; calado > 0,8 m.
- RIESGO 3. Frecuencia menor de 25 años; calado < 0,8 m.
- RIESGO 4. Frecuencia entre 25 y 100 años; calado < 0,8 m.
- RIESGO 5. Frecuencia entre 100 y 500 años; calado > 0,8 m.
- RIESGO 6. Frecuencia entre 100 y 500 años; calado < 0,8 m.

Figura 3: Leyenda sobre zonas de riesgo de inundación de PATRICOVA.

El término municipal de Dénia tiene un gran historial de inundaciones, es uno de los 26 municipios catalogados dentro del PATRICOVA con una riesgo de inundación "muy alto". Es la única población de la comarca de La Marina con esta catalogación y sólo es superada por 6 municipios de toda la comunidad, catalogados como "Nivel IV", el de máxima alerta.



Figura 4: Imagen de inundación en Carretera de Las Marinas.

En la última década se ha hecho evidente la necesidad de regular los desarrollos urbanísticos en esta zona, ya que el desarrollo de estos puede incrementar el alto riesgo de inundación. La zona más sensible es la zona de Las Marinas, con especial incidencia en el área del Marjal de Pego, el río Girona y los barrancos de La Alberca, Las Brisas y L'Altet, así como el del Montgó.

Estudio de soluciones para minimizar los daños provocados en la zona urbana por el desbordamiento del barranco de La Alberca, Denia (Alicante).



Figura 5: Imagen de inundación en Carretera de Las Marinas.

3. Objetivos

El objetivo del presente proyecto es, por un lado, conocer el alcance y peligrosidad de las inundaciones que se producen en la zona urbana de la Carretera de Las Marinas, situada al noroeste del casco urbano de Dénia (Alicante). Por otro lado, la realización de un estudio de soluciones para solventar el desbordamiento del Barranco de La Alberca, uno de los 5 barrancos que debido a su desbordamiento producen las inundaciones de la zona.

El estudio de soluciones parte desde la propuesta planteada en el Programa de Actuaciones del PATRICOVA, el cual plantea una solución estructural, que consiste en el encauzamiento de 1.000 metros desde el punto de desembocadura del barranco hacia aguas arriba, utilizando un caudal de diseño asociado a un período de retorno $T=500$ años, igual a $670 \text{ m}^3/\text{s}$.

Conforme el desarrollo del proyecto fue avanzando se observó la inviabilidad de la solución planteada desde el Programa de Actuaciones del PATRICOVA, por lo que se decidió realizar un estudio de soluciones con el objetivo de encontrar una solución adecuada desde diversos puntos de vista, teniendo en cuenta la siguiente normativa:

Plan Hidrológico del Júcar (Confederación Hidrográfica del Júcar, 2016)

a. Se entiende como nivel de protección frente a una inundación aquel en que dejan de producirse daños significativos a las personas y bienes.

b. El nivel de protección para zonas urbanas e industriales será el correspondiente a avenidas comprendidas entre 100 y 500 años de período de retorno. En las zonas ya urbanizadas el nivel objetivo se establecerá, dentro de ese rango, a partir de los análisis coste-beneficio de las actuaciones estructurales.

c. Los nuevos desarrollos urbanísticos tendrán como mínimo un nivel de protección correspondiente a la avenida de 250 años si no existe una limitación de uso y/o medidas correctoras que minimicen los daños a las personas o bienes. Asimismo estos nuevos desarrollos dispondrán de los elementos necesarios para no producir un incremento significativo de la escorrentía ni de la peligrosidad preexistente.

d. El nivel de protección objetivo para zonas agrícolas será el correspondiente a avenidas comprendidas entre 10 y 100 años de período de retorno, estableciéndose el nivel objetivo a partir de los análisis coste-beneficio de las actuaciones estructurales.

En los apartados posteriores del TFG se desarrolla el estudio y justificación de la viabilidad de las diversas soluciones planteadas.

4. Situación geográfica

El barranco de La Alberca es un barranco formado por unión de otros dos, el propio barranco de La Alberca y el barranco de Fusta. Ambos nacen en los montes del Montgó durante los periodos de lluvia intensa, ya que durante la mayor parte del tiempo permanecen secos.

El barranco de la Alberca atraviesa la localidad de Ondara en la parte alta del barranco, zona en la cual se realizaron acciones para la adecuación del barranco al paso de la localidad. En segundo lugar el barranco de Fusta circula cerca del municipio de Pedreguer.

Ambos barrancos se unen dentro del término municipal de Dénia, en la comarca de La Marina dentro de la provincia de Alicante. La zona de la que se ocupa el presente TFG corresponde al tramo final del barranco, la zona cercana a la Carretera de Las Marinas, previamente a llegar a ésta el barranco transcurre por zonas rurales, formadas principalmente por campos de cultivo destinados principalmente a los cítricos.



Figura 6: Mapa de carreteras de la zona de estudio.

Estudio de soluciones para minimizar los daños provocados en la zona urbana por el desbordamiento del barranco de La Alberca, Denia (Alicante).

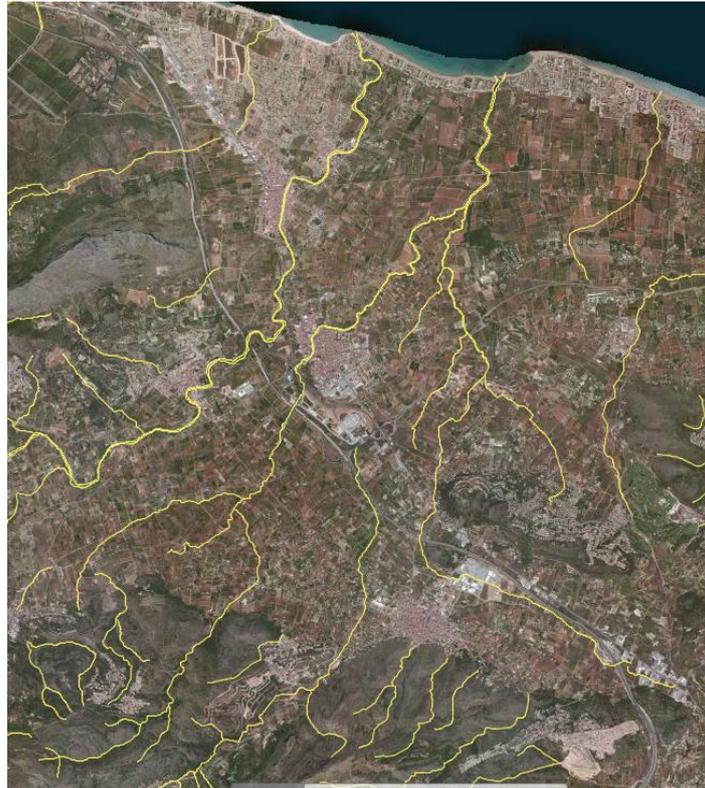


Figura 7: Imagen de satélite de la zona de estudio.

Por último una imagen en la cual se muestra la zona en la cual se realizarán las actuaciones que se presentarán posteriormente en el presente TFG.

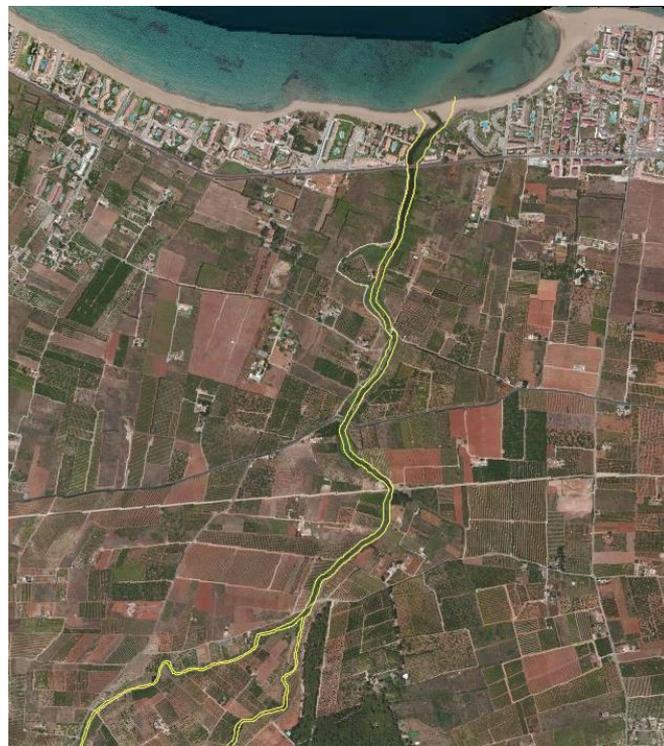


Figura 8: Imagen de satélite de la zona de actuación.

5. Datos de partida

Para el comienzo del proyecto se ha recopilado gran cantidad de datos de partida necesarios para la realización de los estudios, tanto hidrológicos como hidráulicos.

En primer lugar se obtuvo una gran cantidad de información, principalmente noticias e informes del ayuntamiento, acerca de los episodios de inundaciones que se habían producido en la zona en los últimos años. También se realizó una visita de campo con el fin de realizar una inspección visual in situ que permitiera conocer mejor las condiciones de la zona, así como realizar una reportaje fotográfico para conocer mejor la geometría del cauce natural y las obras de fábrica atravesadas por este.

Como punto de partida, para empezar, se necesitaron obtener los datos referentes a la topografía y cartografía de la zona, así como los usos del suelo. Todos estos datos se descargaron en formato digital, con extensión *.shp*, para poder ser utilizados con diferentes herramientas informáticas que permitieran y facilitaran el trabajo. Las fuentes principales de las que obtuvieron los datos fueron el Instituto Cartográfico Valenciano y el Instituto Geológico y Minero de España.

Una vez obtenidos los datos topográficos y cartográficos fue necesaria la obtención de datos pluviométricos para la realización del estudio hidrológico. Para la obtención de estos datos se recurrió al uso de la aplicación *MAXPLU*, elaborada por la Dirección de Carreteras del Ministerio de Fomento y publicada junto al documento "*Máximas lluvias diarias en la España Peninsular*". De esta publicación también se obtuvieron diferentes datos y parámetros necesarios para la elaboración del modelo.

Por último también se utilizó la información facilitada por el PATRICOVA, por un lado la Memoria y el Programa de Actuaciones publicado, así como diferentes capas digitales, en formato *.shp*, las cuales contenían los datos de las zonas inundables.

6. Condicionantes Externos

Como se ha dicho antes, el barranco de La Alberca está formado por la unión de otros dos, el alcance del estudio del presente TFG comienza en el punto en el que se unen ambos barrancos hasta la desembocadura en el mar.

La longitud de la zona de estudio es aproximadamente de 2000 metros, teniendo esta una pendiente de 0.003 m/m hasta el puente que cruza la Carretera de Las Marinas, del cual se hablará posteriormente. A partir de dicho puente la pendiente se vuelve negativa, del 0.0057 m/m, debido principalmente a los fenómenos de socavación cuando se producen grandes avenidas.

Los principales condicionantes externos, son en primer lugar, el encaje del cauce natural entre campos de cultivo, principalmente de cítricos, por lo que cualquiera ampliación conllevaría la realización de expropiaciones. Actualmente el cauce natural se encuentra ocupado por un gran volumen de vegetación.

Otro de los condicionantes será la existencia de dos cruces de carretera al nivel de la solera del cauce, lo que puede ocasionar desbordamientos y peligro para los usuarios de la misma.

También existen tres puentes que cruzan el cauce del río, uno de ellos se trata de un puente perteneciente a una vía ciclista que cruza la zona. Otro de ellos pertenece a una carretera, la CV-723 y por último el que atraviesa la Carretera de Las Marinas.

Por último se plantea el problema existente en la zona más cercana a la desembocadura, tras cruzar el puente de Las Marinas, debido a la existencia de edificaciones a ambos lados de los márgenes, sobre terreno de dominio público hidráulico, y el encajamiento y condicionamiento de estos para el diseño de una solución.

7. Metodología

Para el desarrollo del presente trabajo se han utilizado distintas herramientas informáticas, así como una gran cantidad de información digital referida a cartografía y documentación sobre la zona de estudio.

En primer lugar se utilizó la herramienta *ArcGIS* con el objetivo de obtener la cuenca vertiente al barranco objeto de estudio, debido al pequeño tamaño de la cuenca y la cartografía tan plana existente en la zona no dio resultado y se tuvo que obtener manualmente mediante el uso de *AutoCAD*, utilizando para ello la cartografía descargada del IGN.

También se empleó la extensión *HEC-GeoRAS* de *ArcGIS* para conocer la morfología de las distintas secciones del cauce natural, aunque la utilización de esta herramienta tampoco fue eficaz, otra vez debido a la problemática de lo plano de la cartografía.

Por último se empleo *HEC-RAS* tanto para realizar simulaciones del cauce natural, como de las distintas alternativas.

8. Motivación y justificación

La motivación para la realización de este trabajo parte, en primer lugar, desde la búsqueda de un proyecto relacionado con la especialidad de Hidráulica y Medio Ambiente, escogiendo un TFG por concierto directo.

Surge a partir de lo aprendido a lo largo de los años estudiando en esta escuela, ya que debido a las condiciones climáticas de nuestra comunidad, los períodos extremos de inundaciones y sequías se llevan repitiendo décadas, lo que ha obligado a las autoridades pertinentes a desarrollar actuaciones tanto en el ámbito de gestión de recursos hídricos como en la defensa contra avenidas.

Debido a esto, me resultó interesante la realización de un TFG relacionado con lo antes descrito, concretamente en la zona elegida debido a mi estancia desde hace muchos años en la localidad de Dénia y habiendo observado, así como sufrido, durante todo este tiempo la intensidad y peligrosidad de estas lluvias.

Por lo que con la realización del presente TFG espero poder aprender métodos aplicables, tanto para la realización de estudios hidrológicos, como para el diseño hidráulico de estructuras y conocer la normativa existente en este ámbito, para con ello, poder poner punto y final a la titulación de grado y tener un punto de partida para desarrollarme en el mundo laboral.

9. Estudio hidrológico

En este apartado se desarrollan los pasos seguidos para la realización del estudio hidrológico en nuestra cuenca de estudio, el estudio hidrológico completo se desarrolla en profundidad en el Anexo nº2 : Estudio Hidrológico.

Para la realización de estudios hidrológicos se deben tener en cuenta diversos factores, dependientes totalmente de la zona, que influyen directamente sobre el sistema hidrológico de una cuenca.

9.1. Delimitación de la cuenca:

El primer paso para comenzar el estudio hidrológico es conocer el tamaño y situación de la cuenca vertiente al barranco de estudio. Para la realización de este apartado se comenzó trabajando con la herramienta informática *ArcGIS 10.2* pero debido al reducido tamaño de la cuenca y los pequeños desniveles existentes en la zona de desembocadura se descartó el uso de esta herramienta y se procedió a la delimitación manual mediante *AutoCAD*, atendiendo a la topografía de la zona descargada en formato digital.

Para obtener la geometría de la cuenca se utilizó la topografía descargada del Instituto Geológico y Minero de España en escala E1:25.000. Al igual que la topografía, también se descargó la red de barrancos de la zona, para en base a ellos poder trazar la cuenca que englobara a todos.

Una vez delimitada la cuenca se observó la posibilidad de dividirla en dos subcuencas, debido a la existencia de dos barrancos claramente delimitados que confluyen a dos kilómetros de la desembocadura en el mar. Cada una de estas pertenecería a un barranco y tendría un área de influencia sobre el total de las mismas, dividiéndose en:

- Subcuenca del barranco de la Alberca: A esta pertenece el barranco de La Alberca y tiene una superficie de 16,6 Km², siendo esta un 33% de la cuenca total.
- Subcuenca del barranco de Fusta: A esta pertenece el barranco de Fusta y tiene una superficie de 33,76 Km², siendo esta un 67% del total de la cuenca.

Se decidió tomar datos mediante la aplicación en la subcuenca más grande, en este caso la del barranco de Fusta, tomando datos en el municipio de Pedreguer, como representativa de nuestra cuenca de estudio por diversos motivos:

- La extensión de la cuenca es relativamente pequeña, de unos 50 Km² aproximadamente.
- Los datos escogidos abarcan la gran mayoría del territorio ocupado por la cuenca vertiente al barranco de estudio.
- La altitud de la toma de datos también es un condicionante, se deberá escoger un punto cuya altura se encuentre en el intervalo entre aguas arriba y aguas abajo, en este caso entre 0 y 430 metros, por lo que se decidió tomarla en Pedreguer a 85 metros de altura.

Estudio de soluciones para minimizar los daños provocados en la zona urbana por el desbordamiento del barranco de La Alberca, Denia (Alicante).

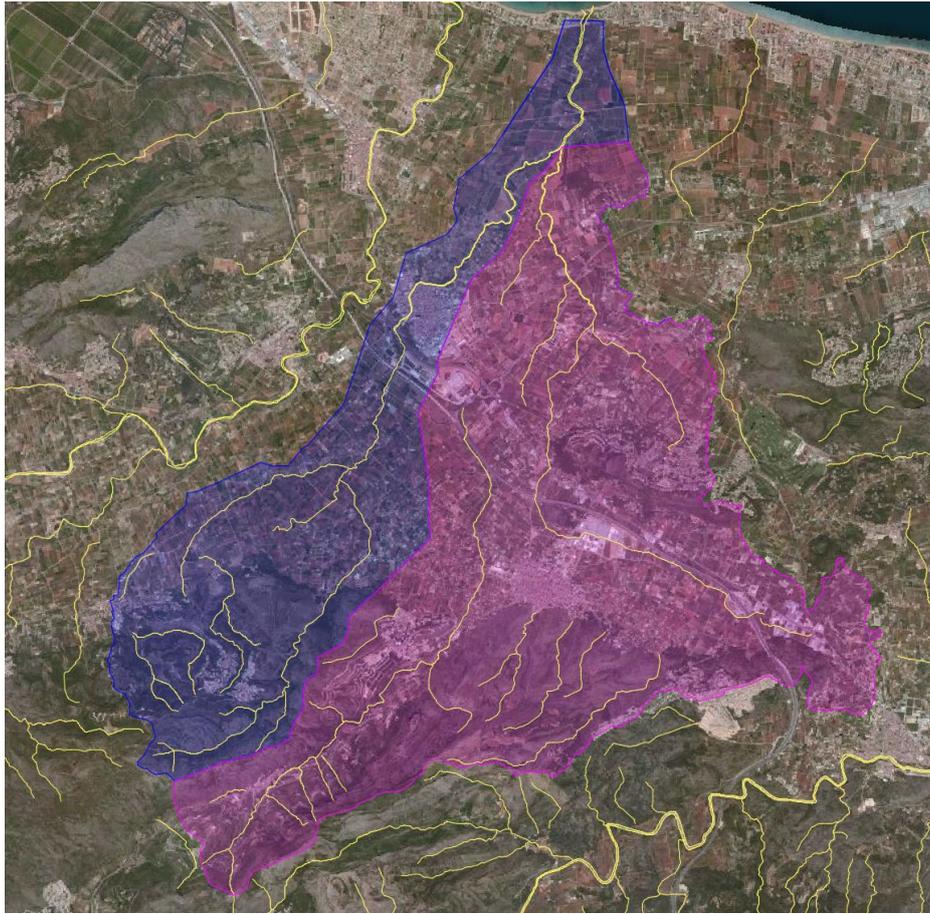


Figura 9: Imagen de satélite con subcuencas delimitadas.

9.2. Geología y geotecnia

Respecto a la geología y geotecnia no se ha podido realizar un estudio en profundidad, por lo que se ha utilizado la información facilitada por la 5.2-IC de *Drenaje Superficial*. Según la citada norma: los suelos pertenecientes a la zona de estudio son del tipo C.

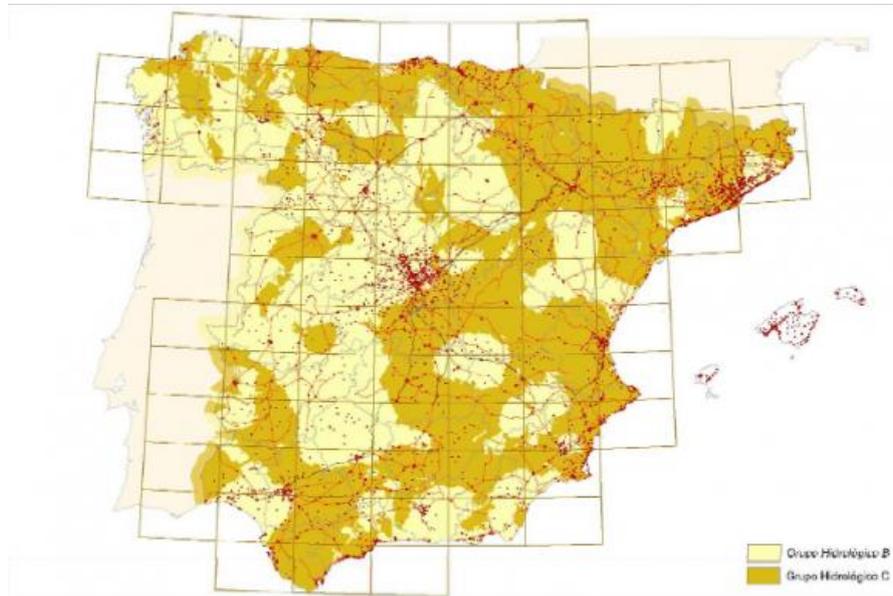


Figura 10: Mapas de grupos hidrológicos del suelo según 5.2-IC de *Drenaje Superficial*.

Este tipo de suelos tienen las siguientes características según la norma 5.2-IC de *Drenaje Superficial*:

Grupo	Infiltración (cuando están muy húmedos)	Potencia	Textura	Drenaje
A	Rápida	Grande	Arenosa Areno-limosa	Perfecto
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa Franca Franco-arcillosa-arenosa Franco-limosa	Bueno a moderado
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcillosa Franco-arcillo-limosa Arcillo-arenosa	Imperfecto
D	Muy lenta	Pequeño (litosuelo) u horizontes de arcilla	Arcillosa	Pobre o muy pobre

Nota: Los terrenos con nivel freático alto se incluirán en el Grupo D.

Figura 11: Explicación de grupos hidrológicos según 5.2-IC *Drenaje Superficial*.

9.3. Usos del suelo

Otro parámetro importante respecto al tipo de suelo para la realización del estudio hidrológico es el uso del suelo de la zona, esta información se extrae de la web del Instituto Cartográfico Valenciano, la información perteneciente al SIOSE 2011.

Esta información servirá para la obtención del parámetro del umbral de escorrentía (P_0), dependiente del tipo de uso de suelo y calculado como media ponderada para toda la cuenca.

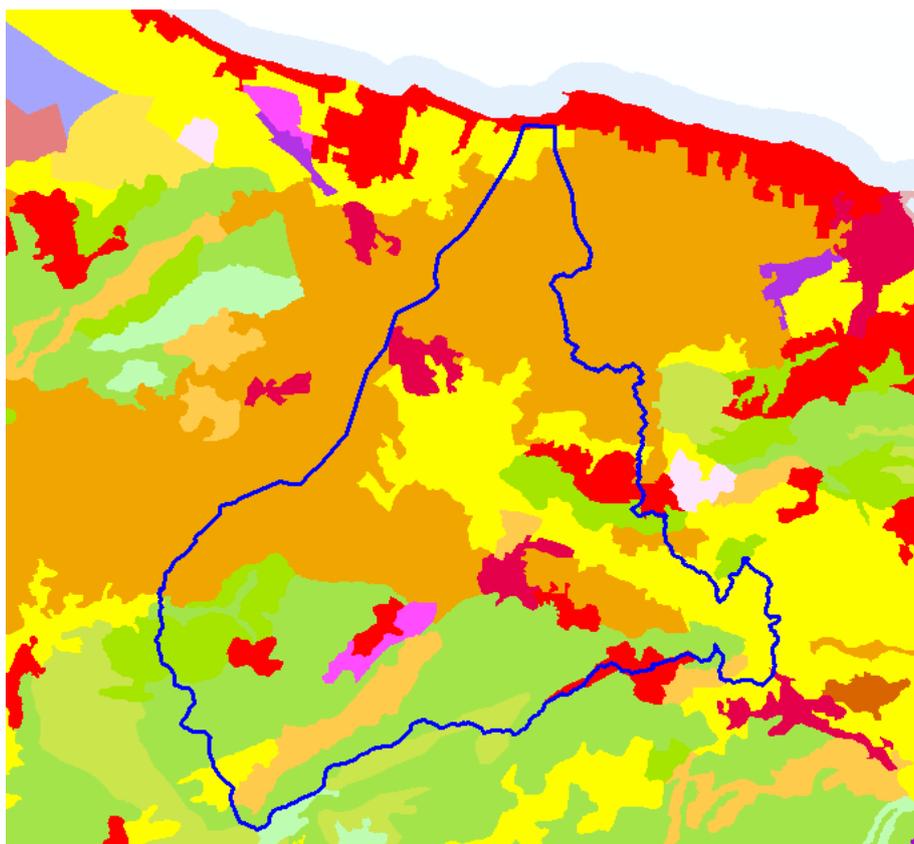


Figura 12: Usos del suelo según SIOSE 2011.

USO DE SUELO	AREA (m ²)	%	P ₀
Tejido urbano continuo	1.50497472	2.99	1
Tejido urbano discontinuo	2.52638819	5.02	8
Mosaico de cultivos <3%	8.52365678	16.92	22
Mosaico de cultivos >3%	0.40223722	0.80	18
Frutales <3%	18.3223868	36.38	22
Matorral boscoso de transición	3.22755431	6.41	22
Terreno ppalmente agrícola con vegetación <3%	1.52971557	3.04	17
Terreno ppalmente agrícola con vegetación >3%	1.94558142	3.86	14
Vegetación esclerófila	11.39700241	22.63	14
Pastizales naturales >3%	0.3728906	0.74	14
Zonas en construcción	0.61432477	1.22	8
Umbral de escorrentía TOTAL P ₀			18.14

Tabla 1: Área de distintos usos del suelo en la cuenca vertiente del barranco de La Alberca.

Con los datos referentes al tipo y uso de suelo y conociendo el área perteneciente a cada uso, así como el valor del umbral de escorrentía para cada uno de ellos, se calcula el umbral de escorrentía total de toda la cuenca a partir de la siguiente expresión:

$$P_0 = \frac{8 \cdot 6.24 + 22 \cdot 60.51 + 1 \cdot 2.99 + 14 \cdot 29.53 + 17 \cdot 0.74}{100} = 18.1$$

9.4. Estudio de los datos pluviométricos

Tras la realización del estudio del suelo para conocer la características que influyen en el sistema hidrológico de la zona, se procederá al estudio de las características pluviométricas mediante la obtención de datos pluviométricos en distintos puntos, los cuales se encuentran en la zona de influencia de cada una de las subcuencas, en este caso dos:

Municipio	Coordenadas Geográficas	UTM X	UTM Y
Ondara	38° 49' 34" N 0° 1' 27" E	241651.148	4301760.906
Pedreguer	38° 47' 25" N 0° 2' 20" E	242800.565	4297741.752

Tabla 2: Relación de datos pluviométricos próximos a la zona de estudio.

Una vez conocida la situación de cada una de los municipios, cada una perteneciente a una de las subcuencas, se procede a la utilización de la aplicación *MAXPLU*, elaborada por la Dirección de Carreteras del Ministerio de Fomento y publicada junto al documento "*Máximas lluvias diarias en la España Peninsular*". En esta aplicación, introduciendo las coordenadas y los datos correspondientes al periodo retorno que se busca, se obtiene la máxima precipitación diaria anual y el coeficiente de variación C_v , así como una estimación para la precipitación diaria máxima correspondiente a distintos periodos de retorno, partiendo del valor de su media y su coeficiente de variación, asumiendo una distribución SQRT-ET max.

Los datos obtenidos para cada municipio se muestran en las siguientes tablas:

Ondara				
T	X	C_v	Y_t	X_t
25	120	0.518	2.092	251
50	120	0.518	2.458	294
100	120	0.518	2.8518	343
200	120	0.518	3.2688	393
500	120	0.518	3.8478	463

Tabla 3: Precipitación máxima diaria anual para distintos períodos de retorno en la estación pluviométrica de Ondara.

Estudio de soluciones para minimizar los daños provocados en la zona urbana por el desbordamiento del barranco de La Alberca, Denia (Alicante).

Pedreguer				
T	X	C_v	Y_t	X_t
25	109	0.518	2.092	228
50	109	0.518	2.458	269
100	109	0.518	2.8518	312
200	109	0.518	3.2688	356
500	109	0.518	3.8478	420

Tabla 4: Precipitación máxima diaria anual para distintos períodos de retorno en la estación pluviométrica de Pedreguer.

Los valores Y_t , correspondientes a los cuantiles de precipitación de la distribución SQRT-ET max se han extraído de la siguiente tabla, elaborada por la Dirección de Carreteras del Ministerio de Fomento y publicada en el documento "*Máximas lluvias diarias en la España Peninsular*".

Estudio de soluciones para minimizar los daños provocados en la zona urbana por el desbordamiento del barranco de La Alberca, Denia (Alicante).

C _v	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
0.30	0.935	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541
0.31	0.932	1.198	1.385	1.640	1.854	2.068	2.296	2.602
0.32	0.929	1.202	1.400	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663
0.33	0.927	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724
0.34	0.924	1.213	1.423	1.717	1.930	2.174	2.434	2.785
0.35	0.921	1.217	1.438	1.732	1.961	2.220	2.480	2.831
0.36	0.919	1.225	1.446	1.747	1.991	2.251	2.525	2.892
0.37	0.917	1.232	1.461	1.778	2.022	2.281	2.571	2.953
0.38	0.914	1.240	1.469	1.793	2.052	2.327	2.617	3.014
0.39	0.912	1.243	1.484	1.808	2.083	2.357	2.663	3.067
0.40	0.909	1.247	1.492	1.839	2.113	2.403	2.708	3.128
0.41	0.906	1.255	1.507	1.854	2.144	2.434	2.754	3.189
0.42	0.904	1.259	1.514	1.884	2.174	2.480	2.800	3.250
0.43	0.901	1.263	1.534	1.900	2.205	2.510	2.846	3.311
0.44	0.898	1.270	1.541	1.915	2.220	2.556	2.892	3.372
0.45	0.896	1.274	1.549	1.945	2.251	2.586	2.937	3.433
0.46	0.894	1.278	1.564	1.961	2.281	2.632	2.983	3.494
0.47	0.892	1.286	1.579	1.991	2.312	2.663	3.044	3.555
0.48	0.890	1.289	1.595	2.007	2.342	2.708	3.098	3.616
0.49	0.887	1.293	1.603	2.022	2.373	2.739	3.128	3.677
0.50	0.885	1.297	1.610	2.052	2.403	2.785	3.189	3.738
0.51	0.883	1.301	1.625	2.068	2.434	2.815	3.220	3.799
0.52	0.881	1.308	1.640	2.098	2.464	2.861	3.281	3.860

Tabla 7.1 - Cuantiles Y_t de la Ley SQRT-ET max, también denominados Factores de Amplificación K_T , en el "Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular" (1997).

Tabla 5: Cuantiles Y_t para distintos coeficientes de variación C_v y distintos períodos de retorno.

Con los datos obtenidos con la aplicación *MAXPLU* y habiendo tomado la decisión de utilizar una única estación para la realización del estudio, los valores de P_{dmax} , siendo estos los que aparecen a continuación, correspondientes a cada período de retorno.

P_{dmax}				
T=25	T=50	T=100	T=200	T=500
228	269	312	356	420

Tabla 6: Precipitación diaria máxima anual para distintos períodos de retorno.

9.5. Período de retorno

La elección del período de retorno irá en función de los distintos condicionantes externos que existan, ya que a priori no se puede determinar con exactitud cuál será la mejor solución para evitar la problemática.

Para la determinación si se deberá tener en cuenta la normativa referente al "Plan Hidrológico del Júcar" de la Confederación Hidrográfica del Júcar, el cual en el artículo 46 de "Criterios de protección contra inundaciones" dice lo siguiente:

a. Se entiende como nivel de protección frente a una inundación aquel en que dejan de producirse daños significativos a las personas y bienes.

b. El nivel de protección para zonas urbanas e industriales será el correspondiente a avenidas comprendidas entre 100 y 500 años de periodo de retorno. En las zonas ya urbanizadas el nivel objetivo se establecerá, dentro de ese rango, a partir de los análisis coste-beneficio de las actuaciones estructurales.

c. Los nuevos desarrollos urbanísticos tendrán como mínimo un nivel de protección correspondiente a la avenida de 250 años si no existe una limitación de uso y/o medidas correctoras que minimicen los daños a las personas o bienes. Asimismo estos nuevos desarrollos dispondrán de los elementos necesarios para no producir un incremento significativo de la escorrentía ni de la peligrosidad preexistente.

d. El nivel de protección objetivo para zonas agrícolas será el correspondiente a avenidas comprendidas entre 10 y 100 años de período de retorno, estableciéndose el nivel objetivo a partir de los análisis coste-beneficio de las actuaciones estructurales.

Por lo que según lo dicho en la norma, la actuación debe realizarse teniendo en cuenta un período de retorno situado entre 100 y 500 años.

9.6. Tiempo de concentración

Este parámetro se define como el intervalo de tiempo que tarda en llegar a la zona de estudio una gota de agua caída en el punto más lejano de la cuenca natural.

La expresión utilizada para el cálculo de dicho parámetro será la siguiente:

$$T_C = 0,3 \cdot \left(\frac{L}{J^{0,25}}\right)^{0,76}$$

Las variables de la expresión serán las siguientes:

L: Longitud del cauce principal de la cuenca (Km).

J: Pendiente promedio del recorrido principal de la cuenca (m/m).

T_C: Tiempo de concentración de la cuenca (h).

Tiempo de concentración LA ALBERCA	
L (m)	14487
L (Km)	14.487
Z _{ag. arriba} (m)	430
Z _{ag. abajo} (m)	0
J (m)	0.02968178
t _c (h)	4.46366697

Tabla 6: Tiempo de concentración de la cuenca vertiente al barranco de La Alberca.

9.7. Máxima intensidad

Para el cálculo de la máxima intensidad de lluvia para una duración igual al tiempo de concentración se utilizará la siguiente expresión:

$$I(t_c) = \frac{P_{dmaxC}}{24} \cdot K \frac{28^{0.1-t_c^{0.1}}}{28^{0.1}-1}$$

Las variables de la expresión serán las siguientes:

P_{dmaxC} : Precipitación máxima anual correspondiente a un período de retorno corregida mediante el coeficiente de reducción areal.

t_c : Tiempo de concentración de la cuenca.

K : Factor de torrencialidad, característico de la zona de estudio, que relaciona la intensidad diaria con la intensidad horaria para un mismo período de retorno. Para la zona objeto de estudio, dicho valor será igual a 11,5 según:

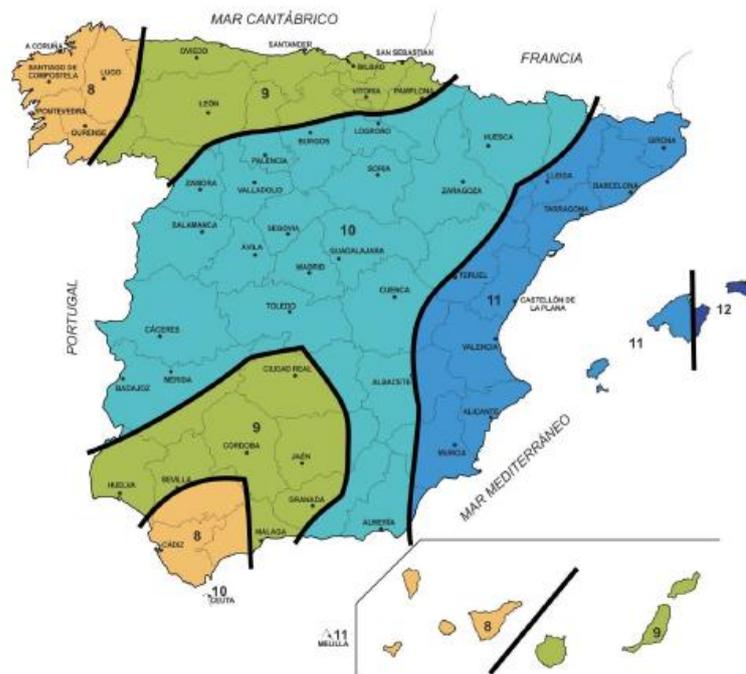


Figura 13: Mapa del índice de torrencialidad según 5.2-IC Drenaje Superficial.

Aplicando la expresión antes citada y teniendo en cuenta los parámetros necesarios, obtenemos que la intensidad de lluvia para un tiempo igual al tiempo de concentración de la cuenca será la siguiente:

	T=25	T=50	T=100	T=200	T=500
I (t _c)	35.751	42.180	48.923	55.822	65.858

Tabla 7: Intensidad de lluvia para distintos períodos de retorno.

9.8. Curvas IDF de tormenta de diseño

Una vez obtenidas las intensidades para una duración igual al tiempo de concentración se deberá diseñar una tormenta de diseño de duración mayor al tiempo de concentración y múltiplo de 6 según las recomendaciones, en nuestro caso una duración de 6 horas.

T=25		
t (min)	t (h)	I (mm/h)
15	0.25	223.046
30	0.5	151.636
45	0.75	119.467
60	1	100.273
75	1.25	87.228
90	1.5	77.659
10	1.75	70.275
120	2	64.368
135	2.25	59.513
150	2.5	55.437
165	2.75	51.958
180	3	48.946
195	3.25	46.308
210	3.5	43.975
225	3.75	41.895
240	4	40.026
255	4.25	38.336
270	4.5	36.799
285	4.75	35.394
300	5	34.105
315	5.25	32.916
330	5.5	31.816
345	5.75	30.795
360	6	29.843

Tabla 8: Tabla de intensidades para T=25 años.

T=50		
t (min)	t (h)	I (mm/h)
15	0.25	262.449
30	0.5	178.424
45	0.75	140.571
60	1	117.987
75	1.25	102.638
90	1.5	91.378
10	1.75	82.690
120	2	75.739
135	2.25	70.026
150	2.5	65.231
165	2.75	61.136
180	3	57.592
195	3.25	54.489
210	3.5	51.744
225	3.75	49.296
240	4	47.097
255	4.25	45.108
270	4.5	43.300
285	4.75	41.647
300	5	40.130
315	5.25	38.731
330	5.5	37.436
345	5.75	36.235
360	6	35.115

Tabla 9: Tabla de intensidades para T=50 años.

Estudio de soluciones para minimizar los daños provocados en la zona urbana por el desbordamiento del barranco de La Alberca, Denia (Alicante).

T=100		
t (min)	t (h)	I (mm/h)
15	0.25	305.065
30	0.5	207.396
45	0.75	163.397
60	1	137.145
75	1.25	119.304
90	1.5	106.216
10	1.75	96.117
120	2	88.037
135	2.25	81.397
150	2.5	75.823
165	2.75	71.064
180	3	66.944
195	3.25	63.336
210	3.5	60.146
225	3.75	57.300
240	4	54.744
255	4.25	52.433
270	4.5	50.331
285	4.75	48.410
300	5	46.646
315	5.25	45.020
330	5.5	43.515
345	5.75	42.118
360	6	40.817

Tabla 10: Tabla de intensidades para T=100 años.

T=200		
t (min)	t (h)	I (mm/h)
15	0.25	348.625
30	0.5	237.010
45	0.75	186.728
60	1	156.728
75	1.25	136.339
90	1.5	121.383
10	1.75	109.841
120	2	100.608
135	2.25	93.020
150	2.5	86.649
165	2.75	81.211
180	3	76.503
195	3.25	72.380
210	3.5	68.734
225	3.75	65.482
240	4	62.561
255	4.25	59.920
270	4.5	57.518
285	4.75	55.322
300	5	53.306
315	5.25	51.448
330	5.5	49.729
345	5.75	48.132
360	6	46.646

Tabla 11: Tabla de intensidades para T=200 años.

Estudio de soluciones para minimizar los daños provocados en la zona urbana por el desbordamiento del barranco de La Alberca, Denia (Alicante).

T=500		
t (min)	t (h)	I (mm/h)
15	0.25	411.084
30	0.5	279.472
45	0.75	220.182
60	1	184.807
75	1.25	160.766
90	1.5	143.129
10	1.75	129.520
120	2	118.633
135	2.25	109.685
150	2.5	102.173
165	2.75	95.760
180	3	90.209
195	3.25	85.348
210	3.5	81.048
225	3.75	77.214
240	4	73.769
255	4.25	70.655
270	4.5	67.822
285	4.75	65.233
300	5	62.857
315	5.25	60.666
330	5.5	58.638
345	5.75	56.756
360	6	55.002

Tabla 12: Tabla de intensidades para T=500 años.

La representación gráfica de las curvas IDF correspondientes será la siguiente:

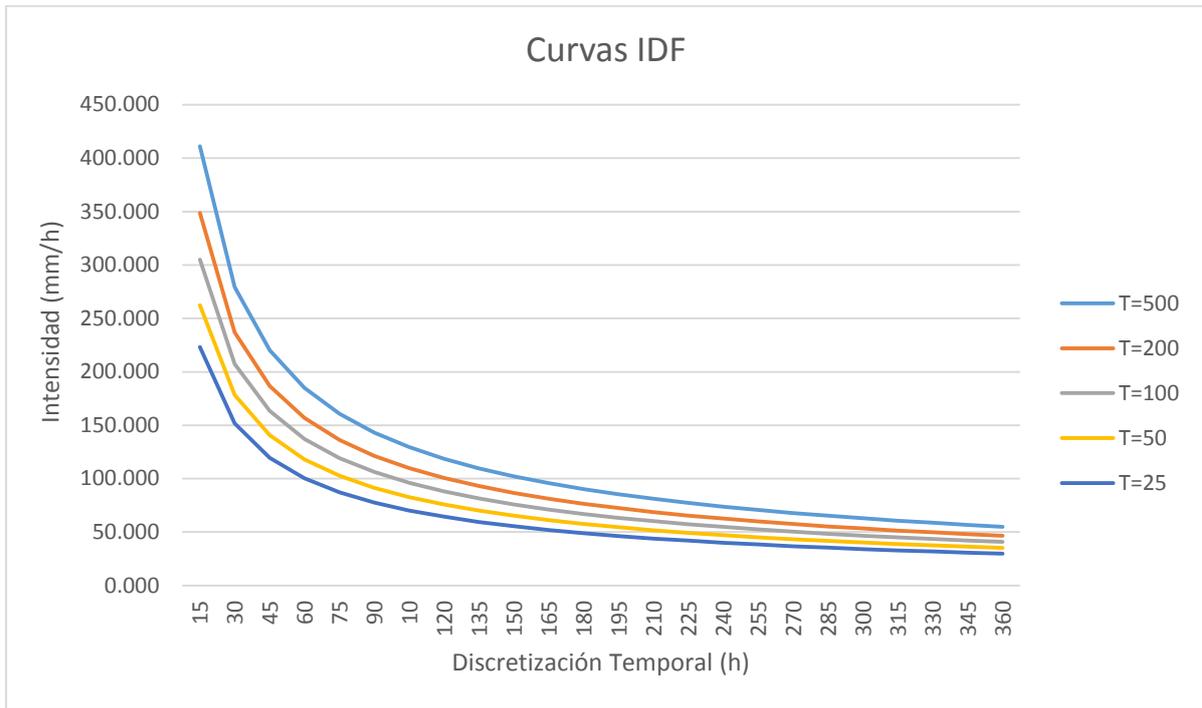


Figura 14: Representación de Curvas IDF.

9.9. Caudales pico

	T=25	T=50	T=100	T=200	T=500
Q (m ³ /s)	270.983	364.870	470.207	583.611	756.119

Tabla 13: Caudales picos para distintos períodos de retorno.

10. Estudio hidráulico

En este apartado se desarrolla de forma resumida el estudio hidráulico de la situación actual del barranco, el cual se desarrollará con más detalle en el Anexo nº3: Estudio Hidráulico.

La metodología empleada para el desarrollo del estudio se ha basado en el uso del programa informático *HEC-RAS* (Hydrologic Engineering Center-River Analysis System), desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejercito de los Estados Unidos.

Los datos necesarios para introducir al programa, serán por un lado la geometría del cauce, así como las condiciones de contorno, datos necesarios para poder realizar la simulación en *HEC-RAS*.

Para definir a geometría del barranco se empleo la cartografía descargada del Instituto Geográfico Nacional a escala 1:25.000, concretamente las hojas que se numeran a continuación:

- Hoja 796 - 3
- Hoja 796 - 4
- Hoja 822 - 1
- Hoja 822 - 2

Se emplearon más hojas de las de la propia zona de actuación debido a la necesidad de realizar un estudio hidrológico, ya que se necesitaba conocer toda la cuenca vertiente al barranco que se estaba estudiando.

Estos documentos se descargaron en formato *.shp* con el objetivo de poder ser utilizados en distintas herramientas informáticas, tales como *Arc-GIS* o *AutoCAD*. También se utilizo el documento 03036 - Denia - Vuelo2005, elaborado por el Instituto Cartográfico Valenciano y descargado desde el portal Terr@sit.

Para elaborar las secciones transversales del barranco se utilizó en primer lugar el programa *Arc-GIS* con la extensión *HEC-GeoRAS*, la cual a partir de un MDT (Modelo Digital del Terreno) y marcando las líneas de sección transversal escogidas proporciona unos archivos de importación para *HEC-RAS*. La utilización de esta herramienta no fue eficaz debido a lo poco encajado del cauce en el terreno, ya que la topografía de la zona es muy plana y el resultado no era el adecuado.

Después de no poder realizar las secciones transversales mediante el método citado anteriormente, se utilizó el programa *AutoCAD*, en el cual se marcaron secciones transversales cada 100 metros, así como en los puntos que se consideraron conflictivos y los atravesados por obras de fábrica.



Figura 15: Secciones transversales marcadas en AutoCAD.

Estudio de soluciones para minimizar los daños provocados en la zona urbana por el desbordamiento del barranco de La Alberca, Denia (Alicante).

Una vez marcadas las secciones transversales en *AutoCAD* y con ayuda del reportaje fotográfico y el documento 03036 - Denia - Vuelo2005 se comenzaron a definir las secciones utilizando una hoja de cálculo *EXCEL*.

El reportaje fotográfico se utilizó para conocer la morfología de los distintos tramos, con la ayuda de los documentos *.shp* se midió el ancho de las secciones y por último, el documento 03036 - Denia - Vuelo2005 se utilizó para conocer la cota de los márgenes, con los datos tomados en la visita de campo se obtuvo la diferencia de alturas entre el lecho y los márgenes.

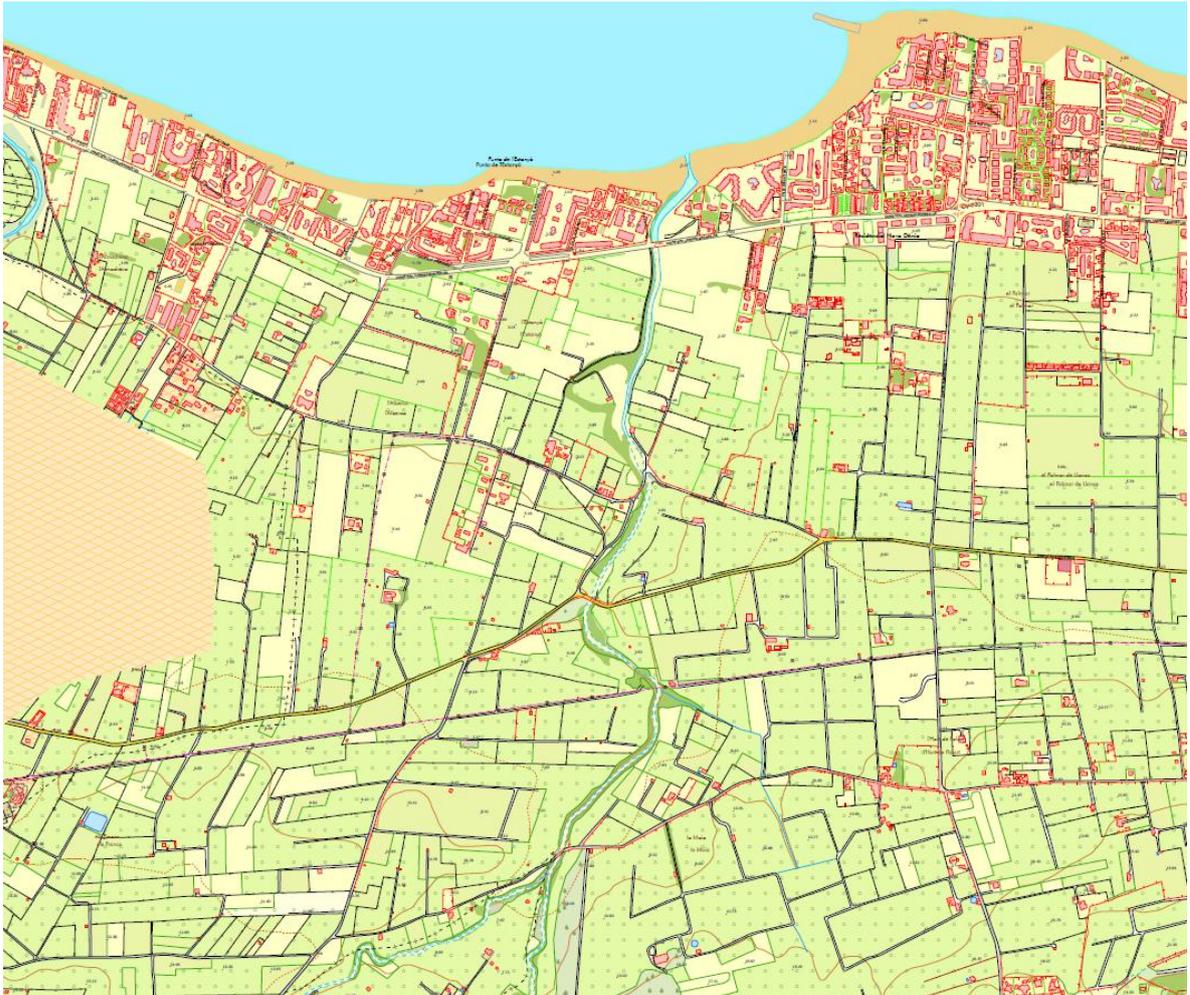


Figura 16: Recorte de 03036 - Denia - Vuelo2005.

Se utilizó una hoja de cálculo *EXCEL* en la cual aparecieran todos los datos necesarios para la introducción al programa *HEC-RAS*, otro dato necesario para diseñar el modelo fueron las distancias entre los márgenes derecho e izquierdo entre secciones.

Estudio de soluciones para minimizar los daños provocados en la zona urbana por el desbordamiento del barranco de La Alberca, Denia (Alicante).

Perfil Longitudinal Natural									
Posición	Cota del lecho (msnm)	Cota del Terreno		Distancia (m)	Achura (m)	Pendiente (m/m)	Longitud Izq. (m)	Longitud Traza (m)	Longitud Der. (m)
Bifurcación	4.08	7.89	7.9	2094.549	17.47	0.0011	52.7211	52.519	53.3606
Carretera Cajeros	4.02	7.57	7.6	2042.03	16.85	0.0026	47.8268	42.03	44.1819
2 000	3.91	7.1	7.1	2000	13.33	0.0039	107.924	100	104.571
1 900	3.52	5.61	5.6	1900	8.27	0.0035	104.318	100	104.185
1 800	3.17	7.45	7.5	1800	8.86	0.0039	104.01	100	103.569
1 700	2.78	7.93	7.9	1700	9.27	0.0026	99.9237	100	105.477
1 600	2.52	7.59	7.6	1600	9.10	0.0047	68.0578	65.43	68.4932
Puente Ciclista	2.21	7.71	7.7	1534.57	14.00	0.0035	31.9827	34.57	37.8656
1 500	2.09	6.22	6.2	1500	8.31	0.0011	101.955	100	101.469
1 400	1.98	4.82	4.8	1400	9.07	0.0010	105.521	100	98.2896
1 300	1.88	6.49	6.5	1300	12.24	0.0014	98.4682	93.81	91.7925
Puente CV-723	1.75	6.66	6.7	1206.19	17.50	0.0032	6.37319	6.19	6.16917
1 200	1.73	5.93	5.9	1200	12.71	0.0049	89.4103	87.581	88.982
Naranjos	1.3	4.307	4.3	1112.419	9.25	0.0024	12.4368	12.419	12.6834
1 100	1.27	3.86	3.1	1100	9.64	0.0023	100.967	100	102.328
1 000	1.04	2.63	2.8	1000	8.48	0.0018	99.9136	100	103.414
900	0.86	2.85	3.4	900	13.97	0.0029	44.1505	44.73	48.2795
Cruce	0.73	3.07	4	855.27	11.57	0.0029	58.596	55.27	56.4939
800	0.57	2.765	3.3	800	19.23	0.0022	103.952	100	100.814
700	0.35	2.46	2.5	700	8.26	0.0028	102.325	100	101.211
600	0.07	2.46	2.5	600	8.76	0.0029	100.431	100	102.986
500	-0.3	2.02	2	500	12.92	0.0031	102.283	100	101.203
400	-0.73	2.37	2.4	400	12.50	0.0032	99.4954	100	103.864
300	-1	1.76	1.7	300	16.60	0.0033	49.3889	46.14	46.8047
Puente Las Marinas	-1.45	2.9	2.9	253.86	18.40	-0.0063	58.8324	53.86	51.6716
200	-0.86	2.28	2.3	200	18.34	-0.0069	25.5557	24.527	25.27
Final de tramo	-0.59	1.32	1.3	175.473	17.38	-0.0052	141.531	146.473	159.166
Arena	0.27	0.27	0.3	29	7.32	0.0093	28.4809	29	31.285
Mar	0	0	0	0	15.67	-	-	-	-

Tabla 14: Tabla EXCEL con datos de secciones para introducir a HEC-RAS.

En primer lugar se introdujeron los datos geométricos de las distintas secciones transversales a través de la ventana *View/Edit Geometric Data*, en esta ventana pide introducir los datos de los coeficientes de contracción y expansión, en este caso se dejaron los valores por defecto proporcionados por el programa, correspondiente a transiciones graduales.

Una vez definidas todas las secciones transversales, se definieron todas las obras de fábrica que atraviesan el cauce, en este caso son tres, en primer lugar el puente que cruza la vía ciclista, el puente atravesado por la carretera CV-723 y por último el puente de la carretera de Las Marinas.

Otro de los datos solicitados por el programa son los correspondientes al coeficiente de rugosidad o Manning. Los valores de este no son constantes a lo largo de todas las secciones, así como en algunas son distintos los del lecho y los márgenes derecho e izquierdo de una misma sección. En la siguiente tabla se muestran los valores determinados para las distintas secciones.

Estudio de soluciones para minimizar los daños provocados en la zona urbana por el desbordamiento del barranco de La Alberca, Denia (Alicante).

Zona	Nº de Manning		
	Margen derecho	Lecho	Margen izquierdo
General	0.04	0.04	0.04
Carretera de cajeros	0.015	0.015	0.015
Puente ciclista	0.015	0.015	0.015
Puente CV-723	0.015	0.015	0.015
Naranjos	0.04	0.04	0.03
Cruce	0.015	0.015	0.015
Puente Las Marinas	0.015	0.015	0.015
Aguas abajo Las Marinas	0.03	0.03	0.04
Arena	0.025	0.025	0.025

Tabla 15: Valores del número de Manning introducidos en *HEC-RAS*.

El caudal escogido para realizar la simulación del cauce natural con el programa *HEC-RAS* es el correspondiente a un período de retorno $T=500$ años, tal como recomienda el PATRICOVA, calculado en el apartado anterior: Estudio Hidrológico, este caudal será igual a $756,12 \text{ m}^3/\text{s}$.

Por otro lado, para realizar la simulación es necesario introducir las condiciones de contorno del modelo. Para definir estas, teniendo en cuenta que la simulación se va a realizar en régimen permanente se puede introducir la pendiente del terreno, que en este caso coincidiría con la pendiente de energía. La pendiente del terreno se calculará mediante la siguiente expresión:

$$J = \frac{\Delta H}{L} = \frac{2094.55 - 600}{4.08} = 0.00273$$

El objetivo de esta simulación es reafirmar el hecho del desbordamiento del barranco en la mayoría de sus puntos debido a la incapacidad hidráulica del cauce para trasegar el caudal de diseño calculado. Esta simulación se realizó en régimen supercrítico debido al carácter torrencial de las lluvias, las cuales provocan episodios muy fuerte y rápidos.

A continuación se muestran diversas imágenes de distintas secciones proporcionadas por el programa *HEC-RAS* tras haber realizado la simulación con la geometría y condiciones impuestas anteriormente.

Estudio de soluciones para minimizar los daños provocados en la zona urbana por el desbordamiento del barranco de La Alberca, Denia (Alicante).

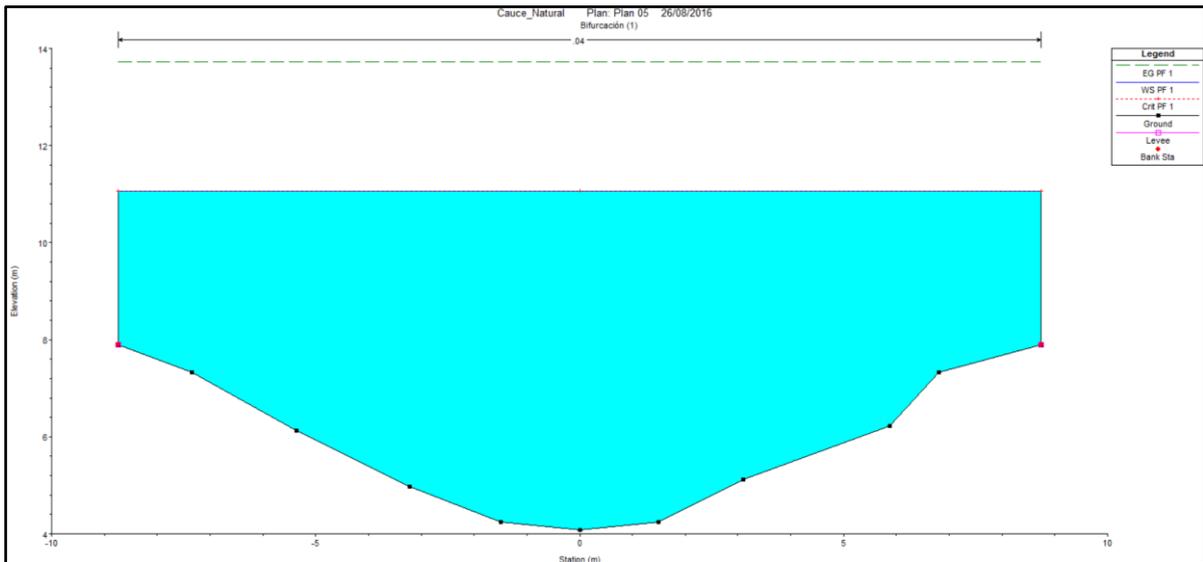


Figura 17: Sección transversal tras confluencia de los barrancos.

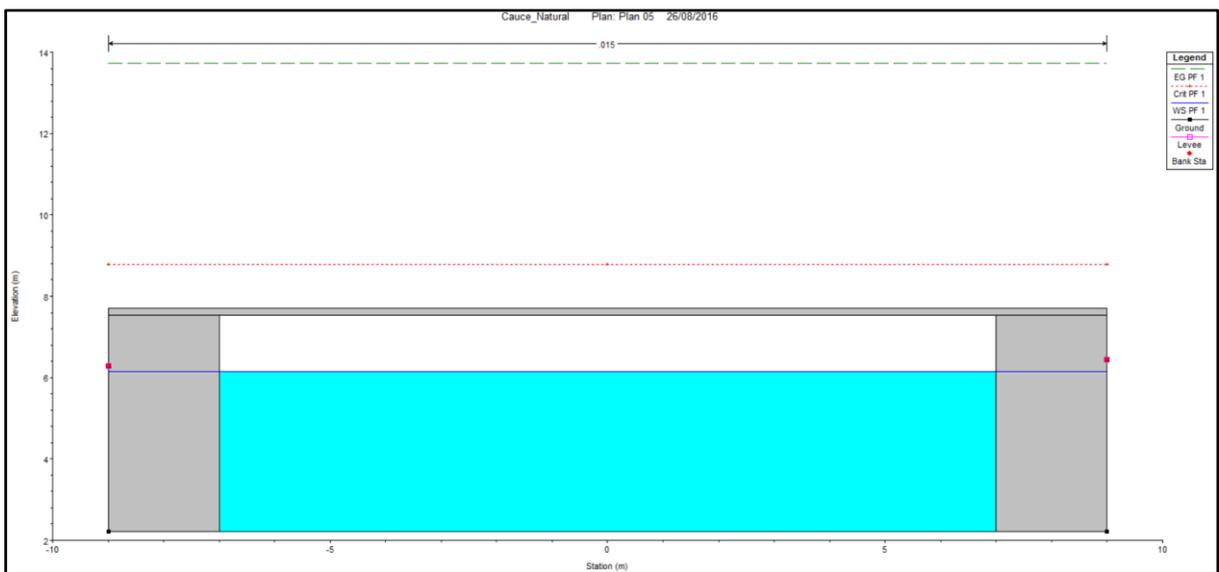


Figura 18: Sección transversal del puente de la Vía Ciclista.

Estudio de soluciones para minimizar los daños provocados en la zona urbana por el desbordamiento del barranco de La Alberca, Denia (Alicante).

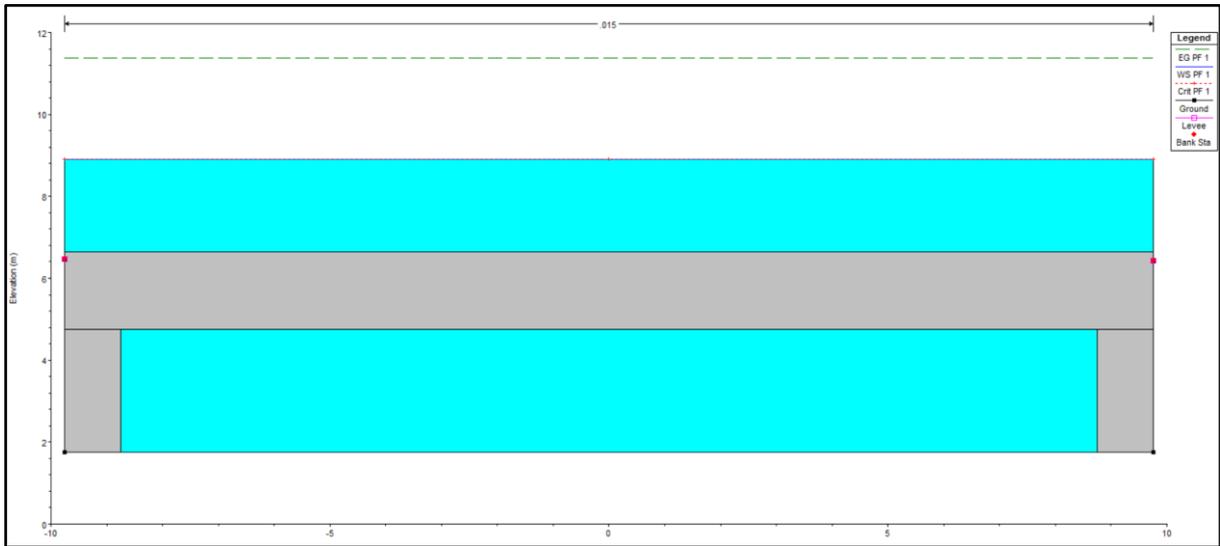


Figura 19: Sección transversal del puente de la carretera CV-723.

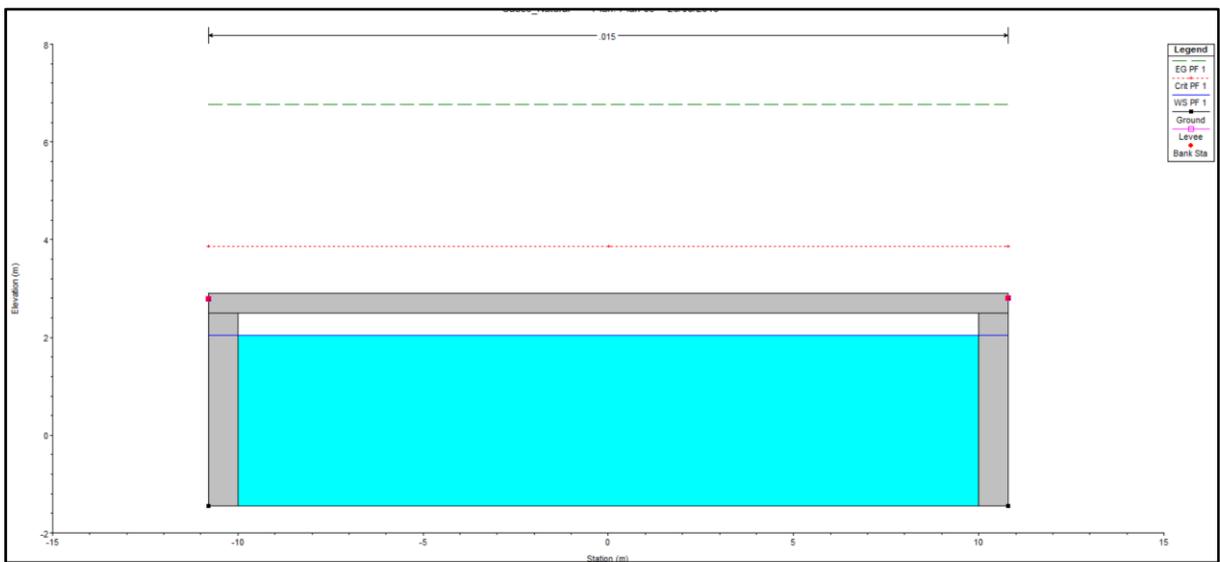


Figura 20: Sección transversal de la carretera de Las Marinas.

11. Estudio de soluciones

En este apartado se desarrolla el estudio de soluciones que se desarrollará más detalladamente en el Anexo nº 4: Estudio de soluciones.

Para solventar los problemas derivados del desbordamiento del barranco de La Alberca se plantearon diversas soluciones, encaminadas en distintas direcciones con el objetivo de encontrar la solución más viable desde el punto de vista constructivo, funcional y económico.

En primer lugar se planteó el revestimiento del canal, realizándolo con distintos materiales, con distintos coeficientes de rugosidad o Manning, lo cual daba como resultado distintas secciones en función de dicho coeficiente. Los materiales a partir de los cuales se calcularon las secciones son:

- Hormigón Armado (HA), $n=0,015$.
- Geoceldas (GEO), $n=0,035$.
- Gavión Recubrimiento (GR), $n=0,022$.
- Escollera (E), $n=0,03$.

Se tomó 0,75 metros como valor del resguardo, tanto de los canales como de las obras que atraviesan el cauce, tal como recomienda SIMONS (1977).

Se realizaron los cálculos pertinentes para determinar las secciones mínimas en cada tramo, así como conocer la velocidad y el número de Froude, estos cálculos se realizaron por medio de la programación de una hoja *EXCEL*. Los cálculos para los distintos materiales se adjuntarán en el Anexo nº 4: Estudio de Soluciones.

Una vez obtenidas las dimensiones de todas las secciones para todos los materiales citados anteriormente se descartó una actuación de estas características, basada únicamente en el recubrimiento del cauce, debido a que las secciones dimensionadas eran excesivamente grandes en anchura, ya que las alturas están más condicionados por las cotas del terreno y el lecho. Un dimensionamiento tan excesivo en anchura conllevaría un excesivo coste en expropiaciones, ya que las zonas aledañas al cauce están ocupadas por propiedades privadas, principalmente campos de cultivo. Otro de los problemas también sería encajar el canal en la última zona, justo antes de la desembocadura, ya que se encuentra encajada entre zonas residenciales.

Otra de las soluciones que se planteó fue el encauzamiento hasta llegar hasta la carretera de Las Marinas y utilizar dicha carretera como dique, realizando la función de una presa, manteniendo la posible inundación en la zona de los campos de cultivo y evitando que esta llegue las zonas residenciales. Para realizar las simulaciones se ampliaron las secciones transversales hasta los límites de la llanura de inundación formada por el barranco, según el PATRICOVA.

Estudio de soluciones para minimizar los daños provocados en la zona urbana por el desbordamiento del barranco de La Alberca, Denia (Alicante).

Esta última solución también fue descartada debido a que la inundación excedía la llanura de inundación indicada en el PATRICOVA, realizando aportaciones de agua a la cuenca contigua perteneciente al Río Girona.

En último lugar se optó por realizar una solución basada en la realización de un canal con Hormigón Armado, ya que es el material que deja trasegar mayor caudal en una sección de mismas dimensiones que otros materiales, realizando un desvío de caudal por medio de diversos cajones de hormigón hasta un depósito de retención. La derivación de dicho caudal se realizaría entre las confluencia de los dos barrancos afluentes y el puente de la vía ciclista.

La elección de este punto de derivación viene motivada por el hecho de que el puente de la vía ciclista no tiene capacidad hidráulica para dejar pasar el caudal de diseño, así como el puente de la carretera CV-723 tampoco tiene capacidad para dejar pasar el caudal estipulado.

El desarrollo del estudio de soluciones se muestra en el Anexo nº 4: Estudio de soluciones, en el cual se desarrollan los cálculos y se aportan imágenes, los cuales justifican la solución adoptada.

12. Conclusiones

En este TFG se decidió estudiar el comportamiento hidráulico del barranco de La Alberca, situado en el término municipal de Denia, concretamente en la carretera de Las Marinas. Este aparece recogido en el PATRICOVA como zona inundable de alto riesgo, en el programa de actuaciones del mismo recomendaba el encauzamiento del barranco a su paso por la zona urbana para un período de retorno de 500 años.

Tras buscar diversas soluciones para el caudal asociado al período de retorno de 500 años y no encontrar ninguna totalmente viable se decidió realizar un estudio hidrológico de la cuenca para conocer caudales asociados a distintos períodos de retorno, con el objetivo de encontrar soluciones más viables al problema que experimentaba la zona.

Una vez obtenidos los caudales se decidió tomar el caudal asociado al período de retorno de 100 años como caudal de diseño para la alternativa, diseñando una tormenta de diseño asociada a dicho caudal.

Se plantearon diversas alternativas, buscando diversas soluciones hasta encontrar la más adecuada, en primer lugar el revestimiento del cauce con distintos materiales, esta solución no solventaba las inundaciones. A continuación se planteó la opción de revestir el canal y utilizar la carretera de Las Marinas como dique, dejando la inundación al otro lado de la carretera, impidiendo su paso a la zona urbana e inundando los campos de cultivo previos a la zona urbana pero esto tampoco funcionó ya que ocasionaba aportes de caudal a las cuencas aledañas.

Por último la decisión que se tomó y la cual fue escogida como solución óptima para el problema fue el revestimiento del canal con hormigón y la derivación del 65% del caudal a través de dos canales de derivación y dos marcos de hormigón hasta un depósito de retención que acumulara agua hasta que se pudieran hacer sueltas a través de tuberías de PEAD para poder devolver el agua de vuelta al propio canal.

Con esta solución se evita que la zona urbana de la carretera de Las Marinas cercana a dicho barranco se inunde para lluvias de período de retorno igual o menos a 100 años.

Me ha resultado interesante realizar un TFG de estas características, ya que me ha hecho conocer mejor algunas de las herramientas que se han utilizado y que son de gran utilidad para la vida laboral. Por otro lado ha sido una motivación añadida el hecho de ser un TFG escogido por concierto directo y ubicado en una zona conocida por mí, ya que es una zona en la que vivo parte del año, y en la que me he visto afectado por la problemática que se ha estudiado.

13. Bibliografía

- Reportaje fotográfico de inundaciones de la web: <http://lamarinaplaza.com>
- Chow, V. (1.982). Hidráulica de los canales abiertos. México: Diana
- Comunidad Valenciana. Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transports; Comunidad Valenciana; Direcció General d'Urbanisme i Ordenació Territorial Valencia (2013). PATRICOVA: Plan de Acción Territorial sobre Prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana. Valencia: Generalitat Valenciana.
- España. Ministerio de Obras Públicas (1.990). Instrucción 5.2- IC. Drenaje superficial. Madrid: Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.
- Mapas de usos del suelo: SIOSE 2011 (Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España).
- España. Dirección General de Carreteras; Ministerio de Fomento. Secretaría General Técnica (1.999). Máximas lluvias diarias en la España peninsular. Madrid: Ministerio de Fomento.
- Francés García, F., Albentosa Hernández, E., Bellver Jiménez, V. y Marco Segura, J.B. (2.003). Hidrología básica para Ingenieros. Valencia: Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia.
- Nanía, L.S., Molero, E. (2.007). Manual básico HEC-RAS 3.1.3. y HEC-Geo RAS 3.1.1. Granada: Universidad de Granada.
- Témez Peláez, J.R. (1.978). Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo de España. Madrid: Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.