



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

DIRECCIÓN GENERAL
DEL AGUA

CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

REDACCIÓN DEL PLAN DIRECTOR DE DEFENSA CONTRA LAS AVENIDAS EN LA COMARCA DE LA MARINA BAJA (ALICANTE)

ESTUDIO DE SOLUCIONES BARRANC DEL GULAPDAR Y AFLUENTE



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y ÁMBITO DE ESTUDIO	5
2. OBJETO DEL ESTUDIO	6
3. MARCO LEGAL.....	7
4. DEFINICIÓN DEL TRAMO AFECTADO	8
5. DATOS DE PARTIDA.....	9
5.1. ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO	9
5.2. ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO	17
5.3. ESTUDIO HIDROLÓGICO	21
5.3.1. PUNTOS DE SIMULACIÓN.....	21
5.3.2. ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN ESTUDIOS HIDROLÓGICOS DE CRECIDAS	23
5.3.2.1. CAMBIOS EN TEMPERATURAS MEDIAS	23
5.3.2.2. CAMBIOS EN PRECIPITACIONES MEDIAS	24
5.3.2.3. CAMBIOS EN PRECIPITACIONES MÁXIMAS INSTANTÁNEAS.....	24
5.3.2.4. CAMBIOS EN ESTADO DE HUMEDAD INICIAL	24
5.3.2.5. APLICACIÓN A LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO	24
5.3.2.6. EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS MAREAS.....	25
5.3.3. HIDROGRAMAS DE DISEÑO	26
5.3.3.1. BARRANC DEL GULAPDAR Y BARRANC DE LA CANAL.....	26
5.4. ESTUDIO HIDRÁULICO.....	28
5.4.1. TOPOLOGÍA DEL MODELO	28
5.4.2. RUGOSIDAD	31
5.4.3. CONDICIONES INICIALES Y DE CONTORNO.....	31
5.4.4. RESULTADOS.....	32
6. SITUACIÓN ACTUAL	36
7. CRITERIOS DE DISEÑO	38
7.1. TIPOS DE MEDIDAS DE ACTUACIÓN	38
7.2. METODOLOGÍA	42
8. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS	44
8.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS	44
8.1.1. INTRODUCCIÓN	44
8.1.2. EFECTOS PRODUCIDOS DURANTE LAS AVENIDAS	44
8.1.3. SOLUCIÓN 0. NO REALIZAR NINGUNA ACTUACIÓN	44
8.1.4. SOLUCIÓN 1: ACTUACIONES DE TIPO NO ESTRUCTURAL.....	45
8.1.5. SOLUCIÓN 2: ACTUACIONES DE TIPO ESTRUCTURAL	45
8.2. ANÁLISIS ECONÓMICO	45
8.2.1. PLANTEAMIENTO	45
8.2.2. ANÁLISIS DE COSTES (VALORACIÓN DE LAS ACTUACIONES PROPUESTAS)	54
8.2.3. ANÁLISIS DE COSTES AMBIENTALES.....	55
8.2.4. ANÁLISIS DE RIESGOS.....	56

8.2.5. ANÁLISIS COSTES – BENEFICIO.....	57
8.3. ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS ALTERNATIVAS	57
8.3.1. METODOLOGÍA	57
8.3.2. ANÁLISIS DESDE EL PUNTO DE VISTA DE CONTROL DE AVENIDAS.	59
8.3.3. RESULTADO DEL ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.....	60
9. APÉNDICE 1: PLANOS.....	61
9.1. PLANEAMIENTO URBANÍSTICO	63
9.2. ACTUACIONES PROPUESTAS. PLANTA GENERAL	65
9.2.1. ACTUACIONES PROPUESTAS. PLANTA GENERAL. BARRANC DE LA CANAL Y DEL GULAPDAR.....	65

1. INTRODUCCIÓN Y ÁMBITO DE ESTUDIO

Año tras año se constata el carácter típicamente torrencial de los cauces que discurren por la comarca de la Marina Baja. Fundamentalmente los ríos Algar, Guadalest y Bolulla en la provincia de Alicante causan sobre el terreno los efectos propios debidos al paso de las aguas en su discurrir hasta conseguir desembocar en la costa.

Junto a estos cauces existen otros de características similares como los ríos Amadorio y Torres y barrancos como los de Finestrat, Derramador, Tapiada, Albir, Soler, los Arcos, etc, en los que habiéndose producido avenidas de consideración no se han manifestado recientemente efectos de la misma entidad que los primeros.

Los representantes de los ayuntamientos afectados manifestaron, en reuniones mantenidas con motivo de los daños causados por la torrencialidad de los cauces, su preocupación por la situación y su interés en la intervención y actuación de la Confederación Hidrográfica del Júcar en la prevención de futuras situaciones similares y la posible paliación de sus efectos.

Por todo lo anterior se hace necesario utilizar los instrumentos administrativos y técnicos de los que se pueda disponer al objeto de paliar el riesgo potencial que presentan las avenidas sobre las propiedades y la población.

Por dicho motivo con fecha 6 de febrero de 2008 fue solicitada por el Presidente de la Confederación Hidrográfica del Júcar autorización para la redacción del correspondiente Pliego de Bases para la ejecución de los oportunos trabajos y la redacción del estudio correspondiente denominado Plan Director de Defensa contra avenidas en la Marina Baja.

Dicho Plan Director se ha sometido a Evaluación Ambiental Estratégica por cuanto que se trata de un plan elaborado y aprobado por la administración pública y puede tener efectos significativos sobre el medio ambiente en materia de recursos hídricos.

El ámbito de actuación de los trabajos que se pretenden desarrollar con el presente estudio se refiere a la comarca de la Marina Baja en la provincia de Alicante y, dentro de ésta, a la población de **Polop**.

Las características de dicha comarca con una población de 190.620 habitantes y una superficie de 578 km², formada por 18 municipios con una densidad media de 330 hab./km², responden a una comarca dedicada principalmente a las actividades agrícolas en el interior, y a las relacionadas con la pesca en los municipios costeros durante gran parte de su historia.



Imagen 1: Ámbito del Plan. Comarca de la Marina Baja.

Actualmente las singulares peculiaridades de esta comarca y su climatología, junto con el desarrollo del turismo, han propiciado un cambio en el sector económico, evolucionando al sector terciario y sustentando las repercusiones del turismo residencial, sobre todo por la afluencia de numerosos habitantes foráneos españoles y europeos.

2. OBJETO DEL ESTUDIO

El objetivo final que se pretende conseguir con los trabajos y estudio propuestos es la redacción de un documento final donde poder recopilar información suficiente y determinar una serie de actuaciones de tipo estructural, completadas con las de tipo no estructural, con la finalidad de prever el resultado derivado de los riesgos potenciales ante las inundaciones y la paliación de sus efectos, reduciendo los daños asociados y su impacto sobre la población.

La necesidad del estudio objeto de este Pliego de Bases Técnicas se debe a los problemas potenciales de inundación y afecciones derivadas de la presencia de lluvias torrenciales que históricamente viene sufriendo la población de **Polop**. Desde este punto de vista, el presente documento servirá como punto de partida para el correspondiente Proyecto Constructivo que defina con detalle todos los aspectos necesarios para que puedan licitarse las obras.

Las actuaciones llevadas a efecto hasta la fecha han tenido un carácter aislado por lo que es necesario elaborar un estudio que aborde el conjunto de la problemática planteada en la actualidad y plantee una solución integral a la misma.

El Barranc del Gulapdar y el barranco de la Canal suman una cuenca de drenaje de unos 6,5 Km² hasta el final del tramo en el pueblo de Polop. Se trata de una cuenca de elevado relieve, puesto que los dos barrancos descienden 1000 m de desnivel en muy corto recorrido desde los imponentes relieves calizos del Ponoig (1186 m). Durante los episodios fríos del Cuaternario las condiciones son favorables para la meteorización física (gelifracción) desde las extensas cornisas calizas del Ponoig y el Morro Cabal, originándose a su pie extensas acumulaciones de clastos y derrubios. La elevada producción de sedimentos durante el Pleistoceno permitió el desarrollo de potentes conos torrenciales al pié del Ponoig, formándose potentes costras que sellan las superficie del cono.

3. MARCO LEGAL

Para la ejecución de los trabajos, así como en la especificación de sus contenidos, se ha tenido en cuenta la vigente legislación de aguas en particular el Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril.

Se ha prestado especial atención a las consideraciones realizadas y a los preceptos contenidos en este R.D 9/2008 sobre las determinaciones respecto al alveo o cauce y las máximas crecidas ordinarias, sobre las riberas y su protección y fines, sobre las zonas o vías de flujo preferente y vías de intenso desagüe, así como la determinación de zonas inundables.

Así mismo la Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación, establece un nuevo marco para la evaluación y gestión de los riesgos de inundación, destinado a reducir las consecuencias negativas para la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio cultural y la actividad económica, asociadas a las inundaciones.

4. DEFINICIÓN DEL TRAMO AFECTADO



DATOS GENERALES			
MUNICIPIO:	POLOP		
CAUCE:	BCO. DE LA CANAL - GULAPDAR		
CÓDIGO Z.P.I.:	POLOP_01		
TIPOLOGÍA:	ZONA INUNDABLE		
POSICIÓN GPS:	SISTEMA EUROPEAN DATUM_50. HUSO 30		
INICIO:			
	X UTM:	748406	
	Y UTM:	4279115	
FIN:			
	X UTM:	750017	
	Y UTM:	4278762	

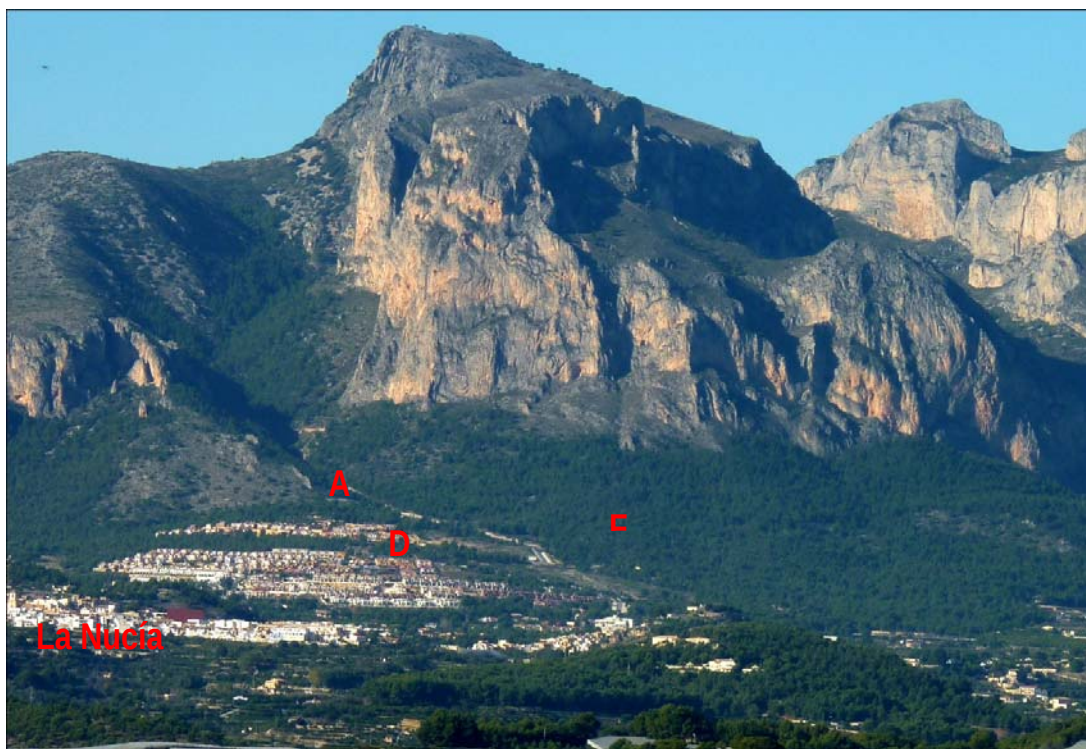
5. DATOS DE PARTIDA

5.1. ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO

Durante el Pleistoceno superior y Holoceno se produce el encajamiento de la red fluvial sobre el cono del Gulapdar, con una cuenca de mayores dimensiones, mientras en el caso de la Canal, la elevada relación sedimentos/caudal impide la incisión del cauce en su cabecera donde aún se depositan capas de clastos finos con abundante matriz limosa, encajándose en su tramo medio-distal.

El más meridional, el Barranc de la Canal, forma un cono torrencial sobre el cual desaparece el cauce natural hacia la cota 360 m, a la altura de una urbanización de reciente construcción. Dicho cono tiene una remarcada forma convexa con una pendiente cercana al 150 ‰. Como se aprecia en la fotografía aérea de 1956, la escorrentía del Barranc de la Canal se derramaba en la superficie del cono por diferentes regueros. Parte de las arroyadas volvían a concentrarse en un cauce encajado en la superficie encostrada del cono hacia la cota 260 m, inmediatamente al N de la urbanización La Paz. Dicho cauce desemboca en el Barranc del Gulapdar a la altura de Polop, aguas arriba del puente que cruza el barranco.

Recientemente, se ha encauzado el Barranc de la Canal desviando el cauce desde el ápice del cono por su margen izquierda hacia el N con el fin de evitar la inundación de las urbanizaciones construidas aguas abajo del punto de desaparición del cauce. La intensa urbanización de la superficie del cono aluvial se ha producido en pocos años puede apreciarse comparando fotografías aéreas de 1956, 1998 y 2006, especialmente al oeste de la nueva vía de circunvalación de Polop CV-70.

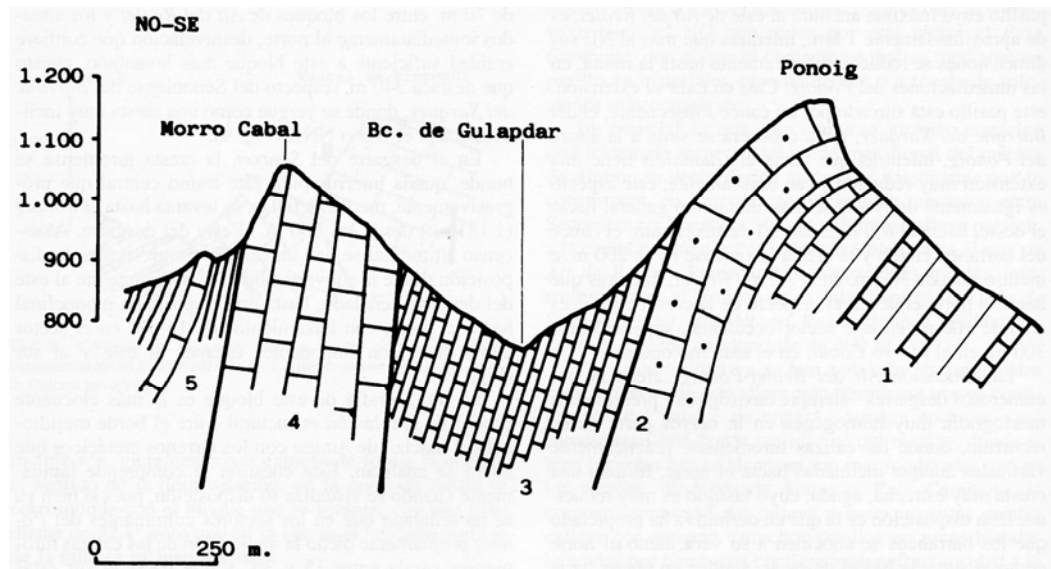


En la imagen anterior se puede ver una panorámica del Ponoig, a la izquierda “La Canal” y cono torrencial al pié, ocupado por urbanizaciones. A= ápice del cono e inicio desvío del cauce; D= desaparición del cauce natural; F= final encauzamiento.



Depósitos recientes de clastos finos con abundante matriz limosa en la parte media del cono del Barranc de la Canal.

Por el N se encuentra el Barranc del Gulabdar que forma también un potente cono torrencial y que, a lo largo de su recorrido, se encuentra encajado de forma natural sobre el margen derecho de dicho cono. El Cono del Gulapdar es más extenso y de menor pendiente, prácticamente la mitad que el de la Canal (75 %). La existencia de potentes niveles de costra calcárea impide la regularización del perfil longitudinal del cauce y produce una serie de rupturas de pendiente (nickpoints) en el lecho. Aguas arriba de dichos escalones la sección se reduce considerablemente, mientras aguas abajo se profundiza notablemente. El cauce del Barranc del Gulabdar transporta abundante carga gruesa, que se acumula localmente en forma de barras de gravas y cantos (figura).



Relieves estructurales del sector Ponoig-Morro Cabal. 1. Serie cenomaniense. 2. Calizas turonienses. 3. Calizas blancas tableadas senonienses. 4. Eoceno calizo. 5. Serie oligocena, predominantemente margosa.



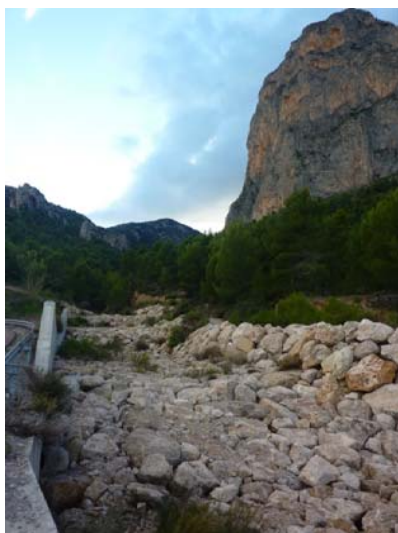
“Afluente del Barranc de la Canal”
encajado sobre superficies
encostradas de la parte media del
cono.



Superficie encostrada y con
revestimiento discontinuo de clastos
suelos en la cabecera del cono del
Barranc de la Canal bajo los
farallones del Ponoig.



Urbanización recién construida junto
al punto de desaparición del cauce
(centro) del Barranc de la Canal
(ahora desviado por su margen
izquierda).



Inicio del desvío del Barranc de la Canal. Muro de hormigón de altura irregular en el margen. Cauce revestido de grandes bloques



Vista desde el inicio del desvío aguas abajo.



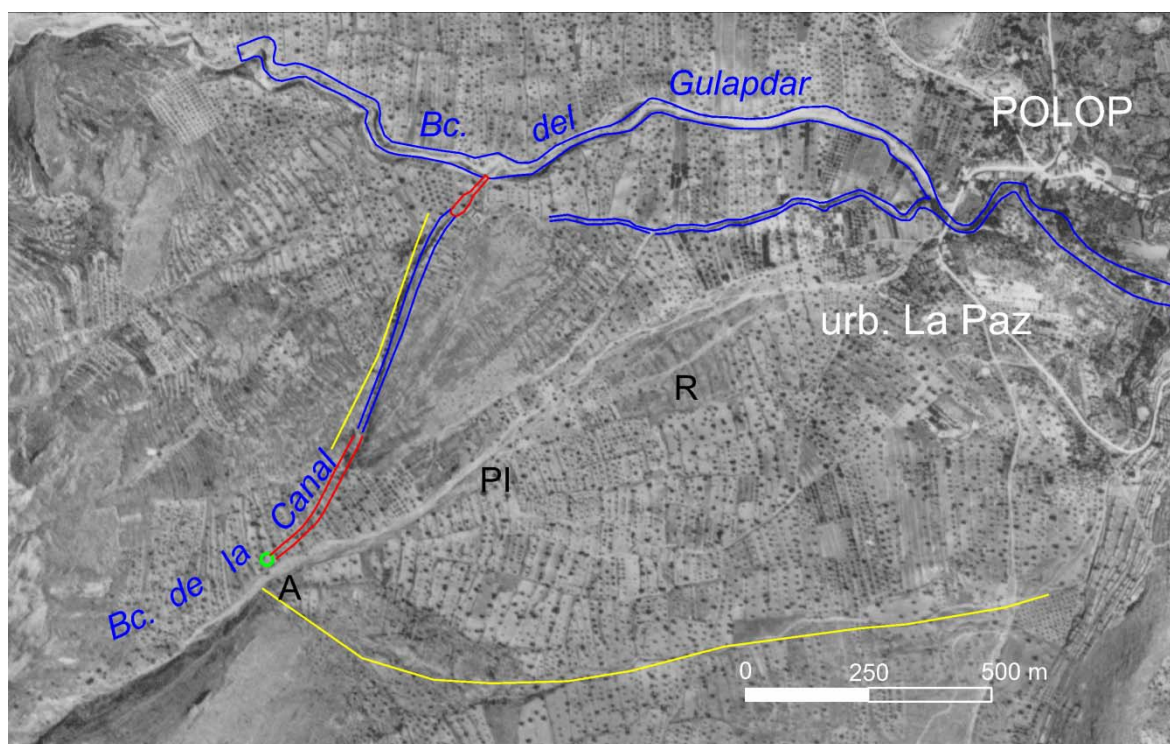
Depósitos en la cabecera del cono del Barranc de la Canal, se aprecian diferentes niveles con clasificación de clastos de diferentes tamaños.



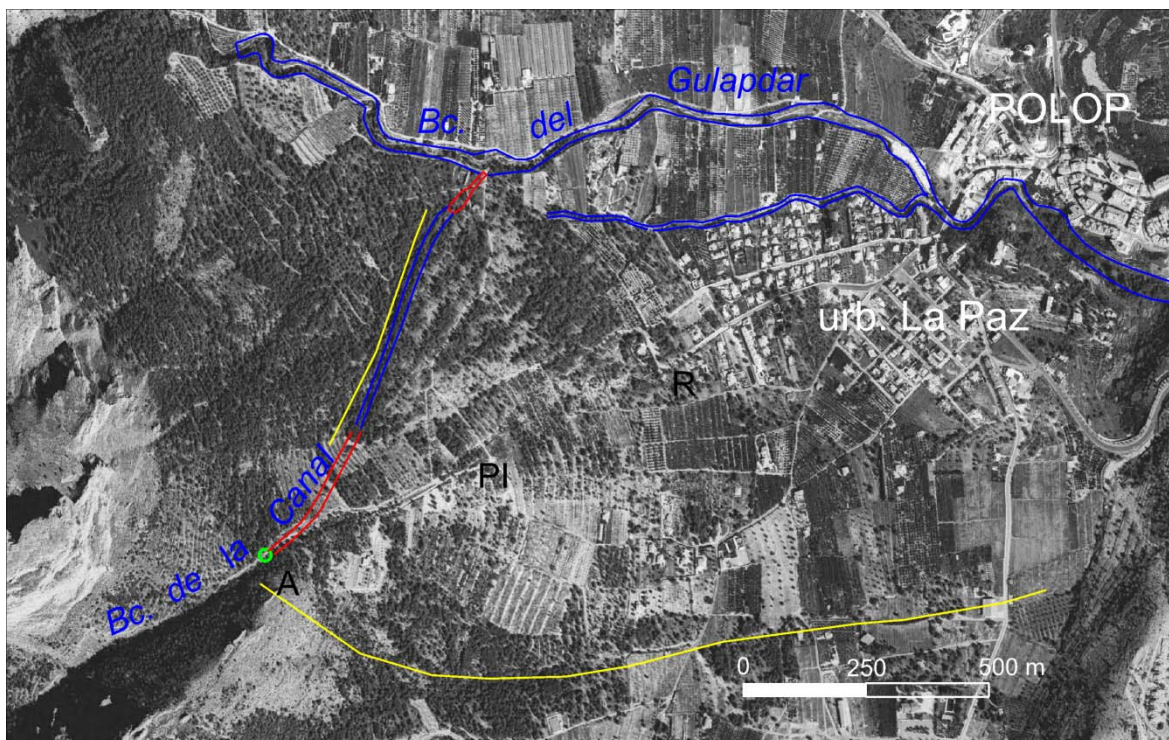
Tramo final del antiguo cauce y nueva urbanización en su margen derecha



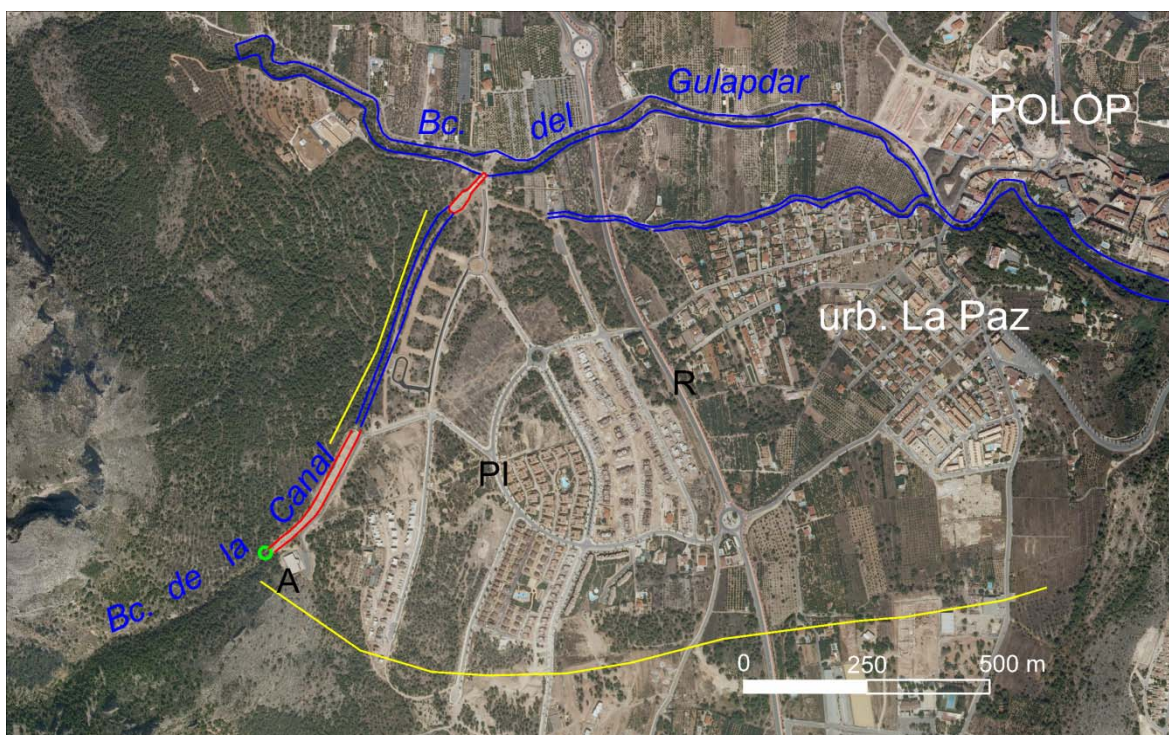
Bloque de grandes dimensiones desprendido de los farallones del Ponoig, aguas abajo del punto de desvío del cauce



Cono de la Canal en 1956, A: ápice, PI: punto de intersección del cauce; R: regueros. En amarillo, límite aproximado del cono.



Cono de la Canal en 1998, inicio del desarrollo urbanístico, reforestación.



Cono de la Canal en 2006, expansión de urbanizaciones por todo el cono. En rojo, desvío del cauce de la Canal hacia el Gulapdar.



Cauce del Barranc de Gulapdar a la entrada de Polop



Barranco del Gulapdar aguas abajo del puente de la carretera (final del tramo).



Puente sobre el Barranc del Gulapdar



Nivel de costra calcárea marcando una ruptura de pendiente en el Barranc del Gulapdar aguas arriba de Polop



Lecho del Barranc del Gulapdar revestido de abundante carga gruesa.

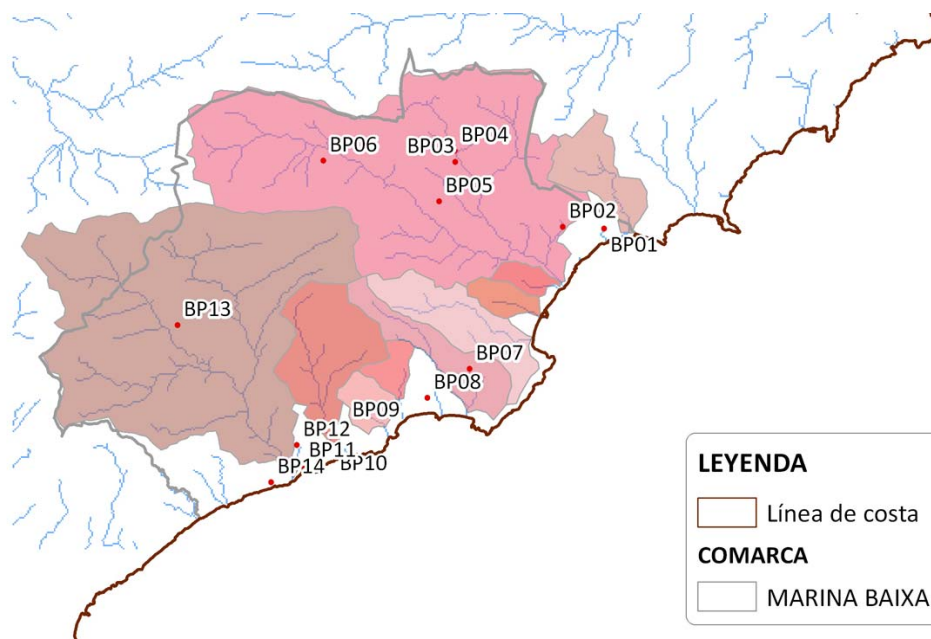


Vertidos en el Barranc del Gulapdar, en un punto donde se reduce considerablemente la sección del cauce

Puntos geográficos seleccionados

Dentro de la comarca de la Marina Baja, se han seleccionado un total de 14 puntos geográficos de interés, a efectos de extraer y definir el hietograma de intensidades de lluvia puntual a partir de cada uno de los eventos sintéticos generados. De estos hietogramas se determina el total acumulado, así como la “precipitación diaria equivalente” .

Los 14 puntos seleccionados son los siguientes:



Puntos geográficos para extracción de hietogramas y Pd equivalente.

Las coordenadas UTM de estos 14 puntos se indican en la siguiente tabla, junto con el código de denominación abreviada:

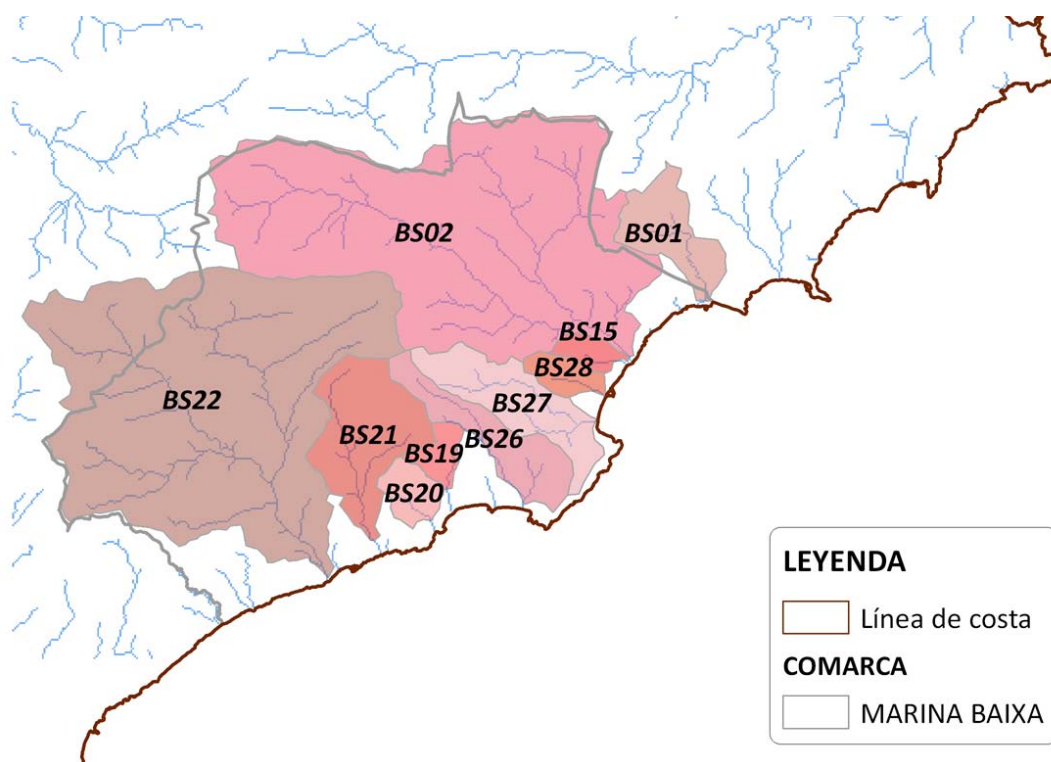
PUNTOS GEOGRÁFICOS - Marina Baja			
	*.txt	COORDENADAS	
nombre	fichero	X (UTM)	Y (UTM)
Barranc del Gorg (Altea)	BP01	760160	4280590
Barranc de la Vella (Altea)	BP02	757660	4280680
Barranc de la Font del Salt (Bolulla)	BP03	751099	4284670
Barranc Negre (Bolulla)	BP04	751072	4285360
Callosa d'En Sarria	BP05	750114	4282260
Barranc Sapena ó Muladar (Benimantell)	BP06	743059	4284740
Barranc de Barcelo (Benidorm)	BP07	751982	4271990
Benidorm	BP08	749393	4270210
Barranco de Ferrandis (Villajoiosa)	BP09	744436	4268510
Poligono del Torres (La Villajoiosa)	BP10	743681	4267260
Vila Joiosa	BP11	741786	4266050
Refoios (La Vila)	BP12	741454	4267310
Barranc de Bortolo (Relleu)	BP13	734188	4274670
N-332 en Platja del Paradis	BP14	739881	4265030

Coordenadas UTM de los puntos geográficos seleccionados

Subcuencas en la comarca de la Marina Baja

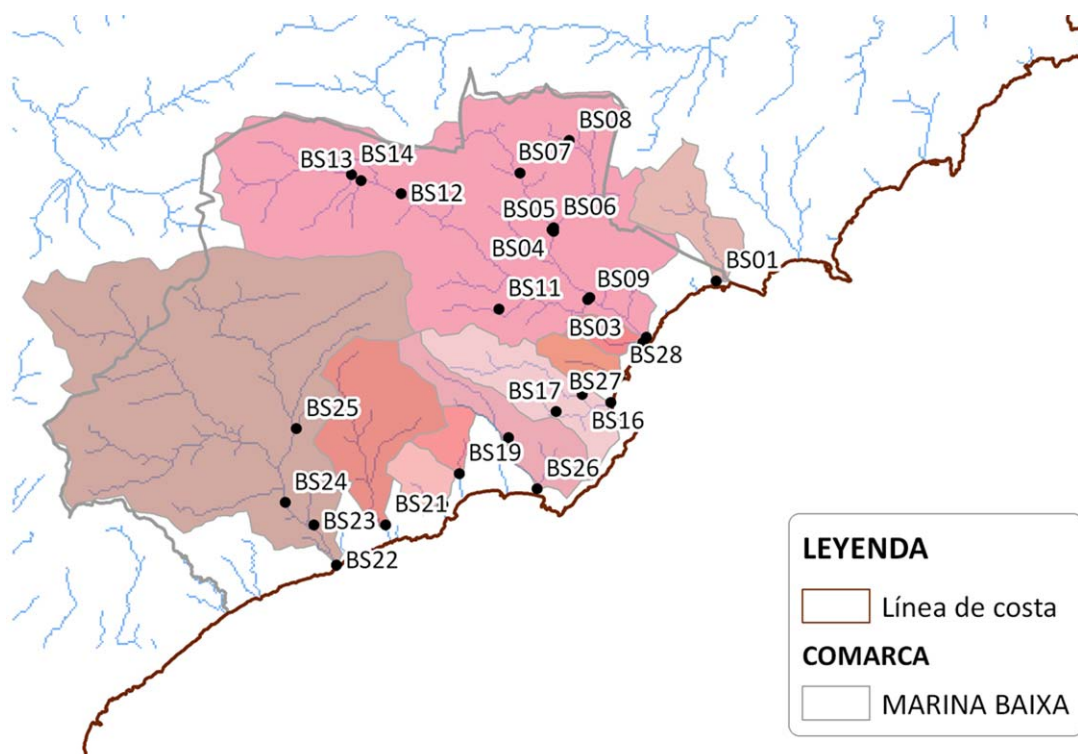
Se han definido 28 zonas ó subcuencas, a efectos de promediación areal de la precipitación, aparte de la totalidad de la extensión de la comarca. En cada una de estas zonas, se determina para cada evento sintético el total acumulado de lluvia (promedio areal), y también la “precipitación diaria equivalente (puntual)”, por el procedimiento descrito en el capítulo correspondiente de este informe dedicado a la asignación de periodo de retorno del evento de lluvia.

En primer lugar, se definen 10 zonas correspondientes a cuencas totales y barrancos hasta su desembocadura en el mar mediterráneo. Se muestran en la siguiente figura:



Cuencas vertientes al mar consideradas para promediación areal de la precipitación

Aparte de las anteriores, se definen 18 subcuencas intermedias adicionales, cuyos puntos de desagüe se muestran en el siguiente gráfico de localización:



Cuencas intermedias consideradas a para promediación areal de la precipitación

Las áreas en km² y las coordenadas del punto de desagüe se indican en la siguiente tabla, correspondiendo a Polop, el área BS11.

SUBCUENCAS - Marina Baja				
	*.txt	km ²	COORDENADAS DESAGÜE	
descripción	fichero	AREA	X (UTM)	Y (UTM)
Barranc Salat (Altea)	BS01	20.40	761374	4280280
Río Algar hasta desembocadura (Altea) - ALG00	BS02	213.75	757740	4277040
Confluencia R.Algar con R.Guadalest - ALG01	BS03	194.61	754655	4279520
Confluencia R.Algar con R. Bolulla	BS04	57.84	752642	4282868
Río Bolulla	BS05	29.41	752642	4282868
Cabecera del R. Algar hasta confluencia con R. Bolulla	BS06	28.34	752642	4282868
Cabecera del R. Bolulla (Bolulla)	BS07	18.45	750655	4286940
Barranc de Binarreal (Tàrbena)	BS08	5.84	752955	4288170
R. Guadalest hasta confluencia con el R. Algar	BS09	120.87	754380	4278970
R. Guadalest en La Nucia (a.abajo confluencia Barranc de la Canal)	BS10	110.56	751558	4279750
Barranc de la Canal	BS11	6.74	749796	4278890
Embalse de Guadalest	BS12	62.16	744350	4285230
Barranc de L'Anouer hasta confluencia con R.Beniardá (Beniardá)	BS13	6.66	742645	4285710
Barranc de Fabara hasta confluencia con R. Beniardá (Beniardá)	BS14	7.07	742101	4286140
Barranquet (Altea) hasta el mar - BAR00	BS15	5.11	756168	4275170
Riuet Seguet (Alfaz del Pi) - SEG02	BS16	14.21	754245	4274440
Barranc de Soler (Alfaz del Pi) - SEG01	BS17	6.42	752782	4273590
Barranc de Liriet (Benidorm)	BS18	9.30	750462	4272020
Barranc de la Tapia - Murtal (Benidorm)	BS19	6.29	747821	4270480
Barranc de la Cala (Finestrat)	BS20	8.43	746343	4269090
Río Torres (La Vila)	BS21	37.53	743807	4267570
Río Amadorio hasta desembocadura al mar - AMA00	BS22	219.48	741181	4265090
Río Amadorio en AP7	BS23	212.67	740032	4267510
Embalse de Amadorio - AMA01	BS24	204.04	738540	4268770
Río Sella en Orxeta	BS25	78.43	739084	4272580
Barranco de Barceló hasta el mar (Benidorm) - BAC00	BS26	23.57	751783	4269110
Riuet Seguet hasta el mar - SEG00	BS27	28.81	755631	4273780
Barranc del Arc (hasta el mar - Puerto Altea) - ARC00	BS28	7.11	756181	4275180

Zonas y subcuencas – RAINGEN consideradas. Coordenadas UTM-desagüe y áreas

5.3. ESTUDIO HIDROLÓGICO

Para el estudio hidrológico de la zona se ha aplicado un modelo de tipo conceptual con base física y distribuido en el espacio denominado TETIS en su versión 8.0. El modelo pertenece a la clase de modelos distribuidos: la modelación geomorfológica e hidrológica es efectuada sobre una malla de celdas, de manera que cada celda tiene asociado un valor para cada parámetro necesario para una correcta caracterización, y conceptual, por eso necesita de partida datos hidrometeorológicos observados para poder permitir su calibración. Su utilización es recomendada en los casos de estudio donde sea disponible una cantidad de información ya sea geomorfológica o meteorológica y de aforo bastante completa.

Coordenadas X e Y: coordenadas UTM en m (DATUM ETRS89)

Área drenada: superficie de la subcuenca drenada por el punto de simulación en Km²

Río: curso de agua en el que yace el punto de simulación

Descripción: breve descripción de la ubicación del punto y de las principales afecciones

Tipología: "hidráulica" si el punto forma parte de las condiciones de contorno de un modelo hidráulico, "hidrológica" si no se han efectuado simulaciones hidráulicas

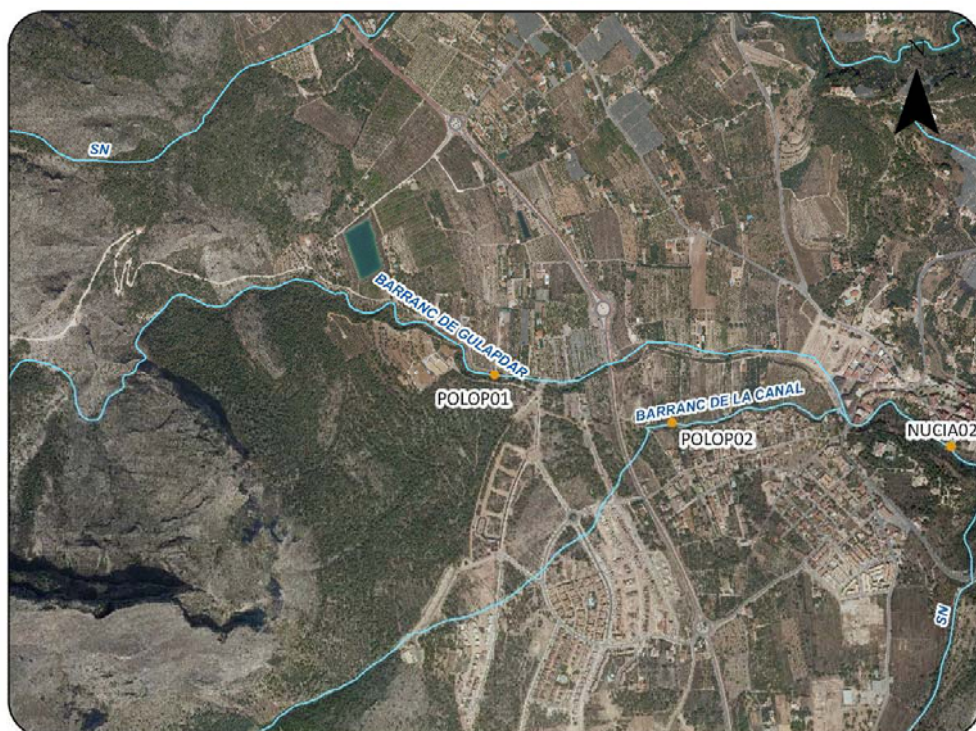
Zona sim. hidráulica: número identificativos de la zona de inundación (sólo para los puntos de simulación clasificados con tipología "hidráulica").

5.3.1. PUNTOS DE SIMULACIÓN

Los puntos de simulación elegidos para el caso de **Polop** han sido:

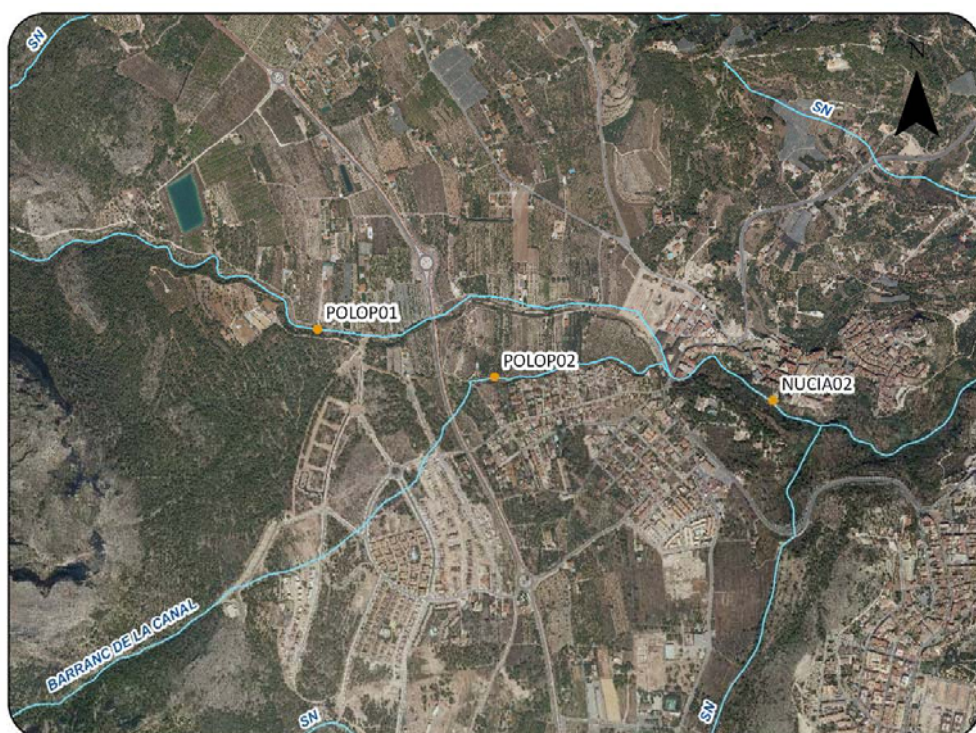
Polop 01

Coordenadas	748436 – 4279060
Sup. drenada	3.72
Curso de agua	Barranc de Gulapdar
Descripción	Barranc de Gulapdar aguas arriba de la población de Polop
Tipología	Hidráulica
Nº zona	02



Polop 02

Coordenadas	748939 – 4278750
Sup. drenada	1.29
Curso de agua	Barranc de la Canal
Descripción	Barranc de la Canal aguas arriba de la población de Polop
Tipología	Hidráulica
Nº zona	02



5.3.2. ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN ESTUDIOS HIDROLÓGICOS DE CRECIDAS

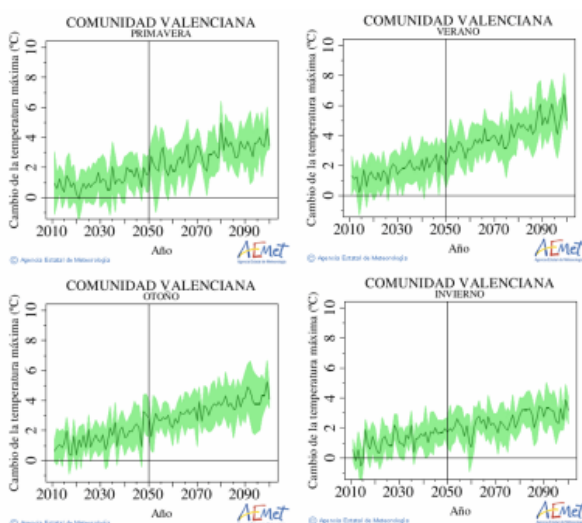
La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 1992 (CMNUCC), define el cambio climático como: “Cambio del clima atribuido directa o indirectamente a actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera mundial, y que viene a añadirse a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”.

La modelización hidrológica utiliza el pasado hidrológico para establecer una guía en la toma de decisiones. La creciente preocupación por los efectos del cambio climático en relación con la gestión de los recursos hídricos, ha provocado que los registros de las condiciones hidrológicas pasadas no se consideren una guía fiable para el futuro.

La forma de abordar los estudios a futuro es mediante escenarios. Los escenarios de cambio climático son futuros múltiples, posibles y plausibles; no son predicciones sino relatos alternativos de cómo puede evolucionar en el futuro el entorno general o global que permiten explorar diferentes hipótesis.. En el año 2009, la Agencia Española de Meteorología (AEMET) ha generado escenarios regionalizados de cambio climático de las dos variables meteorológicas principales, temperatura y precipitación, a escala temporal diaria y con una resolución espacial de 20 km para toda España..

5.3.2.1. CAMBIOS EN TEMPERATURAS MEDIAS

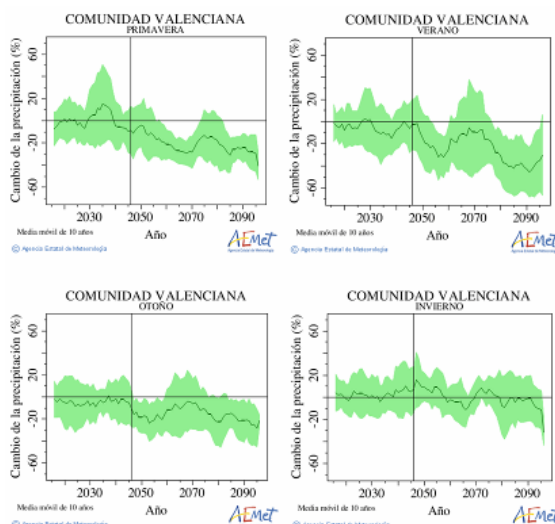
Según los escenarios regionalizados de la AEMET, todos los escenarios indican un patrón de incremento generalizado de las temperaturas diarias para el centenario, que casi con toda seguridad ,superará los 5°C a finales del mismo en la estación estival y alcanzará los entre los 2 y 4°C en la estación invernal en términos de temperaturas máximas. En las gráficas mostradas a continuación, los cambios esperados en temperatura están referidos al periodo de referencia 1961-1990.



Cambios (°C) de la temperatura máxima en la Comunidad Valenciana, para las diferentes estaciones del año.
Fuente: Agencia Estatal de Meteorología (http://www.aemet.es/es/elclima/cambio_climat/proyecciones)

5.3.2.2. CAMBIOS EN PRECIPITACIONES MEDIAS

Según los escenarios regionalizados de la AEMET no se puede hablar de un patrón de descenso generalizado de las precipitaciones diarias para el centenario, pudiéndose observar en la imagen siguiente tanto la variabilidad anual y estacional de las mismas como las amplias bandas de incertidumbre. En las gráficas que se presentan, los cambios esperados en precipitación se refieren al periodo de referencia 1961-1990.



Cambios (%) de la precipitación en la Comunidad Valenciana, para las diferentes estaciones del año.
Fuente: Agencia Estatal de Meteorología (http://www.aemet.es/es/elclima/cambio_climat/proyecciones)

5.3.2.3. CAMBIOS EN PRECIPITACIONES MÁXIMAS INSTANTÁNEAS

Si bien es cierto que la generación de los escenarios más recientes supone un avance importante tanto en resolución espacial como temporal respecto a escenarios disponibles previos, no se dispone todavía de escenarios de precipitación máxima instantánea o de variabilidad en la intensidad de las mismas, imprescindibles para analizar los posibles impactos del cambio climático en estudios de las crecidas.

5.3.2.4. CAMBIOS EN ESTADO DE HUMEDAD INICIAL

Estudios recientes, como el realizado por Lehener et al., en 2006 indican que la zona de estudio es más vulnerable a un incremento del periodo de retorno de los eventos de sequía que de crecidas. Sin ser consistentes los resultados arrojados por el análisis de los diferentes escenarios de incremento de la frecuencia de las crecidas extremas, si existe un mayor consenso en los resultados del análisis del descenso en el periodo de retorno de las sequías, por lo que a raíz de los mismos se espera que efectivamente los niveles de humedad inicial del suelo sean menores que en la situación actual.

5.3.2.5. APLICACIÓN A LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO

A modo de resumen de los puntos analizados anteriormente, podemos afirmar que:

1.- La ausencia de proyecciones de intensidad de precipitación en escenarios de cambio climático limita en la actualidad el análisis cuantitativo de los posibles cambios en avenidas con un periodo de retorno concreto.

2.- El incremento generalizado de las temperaturas, la posibilidad de un descenso de las precipitaciones, así como una mayor frecuencia y duración de los eventos de sequía previstos por los diferentes escenarios de cambio climático, hace que se espere un descenso considerable del estado de humedad inicial del suelo. Esto implica que frente a eventos de crecida futuros, existirá una cierta capacidad para amortiguar el hipotético incremento, no evidenciado para la zona de estudio, de los riesgos asociados a dichos eventos de crecida.

3.- La ausencia de homogeneidad en los resultados de los diferentes escenarios de cambio climático en la zona de estudio, impide que se pueda considerar que exista una fuente fiable de escenarios que permita actualmente evaluar los efectos del cambio climático sobre los eventos de crecida y las áreas de inundación en el caso de estudio

Incluir el cambio climático en los estudios hidrológicos es necesario. Sin embargo, la necesidad de disponer de escenarios de futuros no está cubierta en la actualidad para la mayoría de los procesos que se están analizando. Dada la incertidumbre y la frecuente obtención de resultados en sentidos contrarios, se ha considerado que el esfuerzo necesario para elaborar un estudio detallado con las diferentes propuestas de escenarios, con contradicciones importantes para la zona de estudio, no está justificado. Es por estos motivos por los cuales estas labores no se han realizado en el marco del presente proyecto.

5.3.2.6. EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS MAREAS

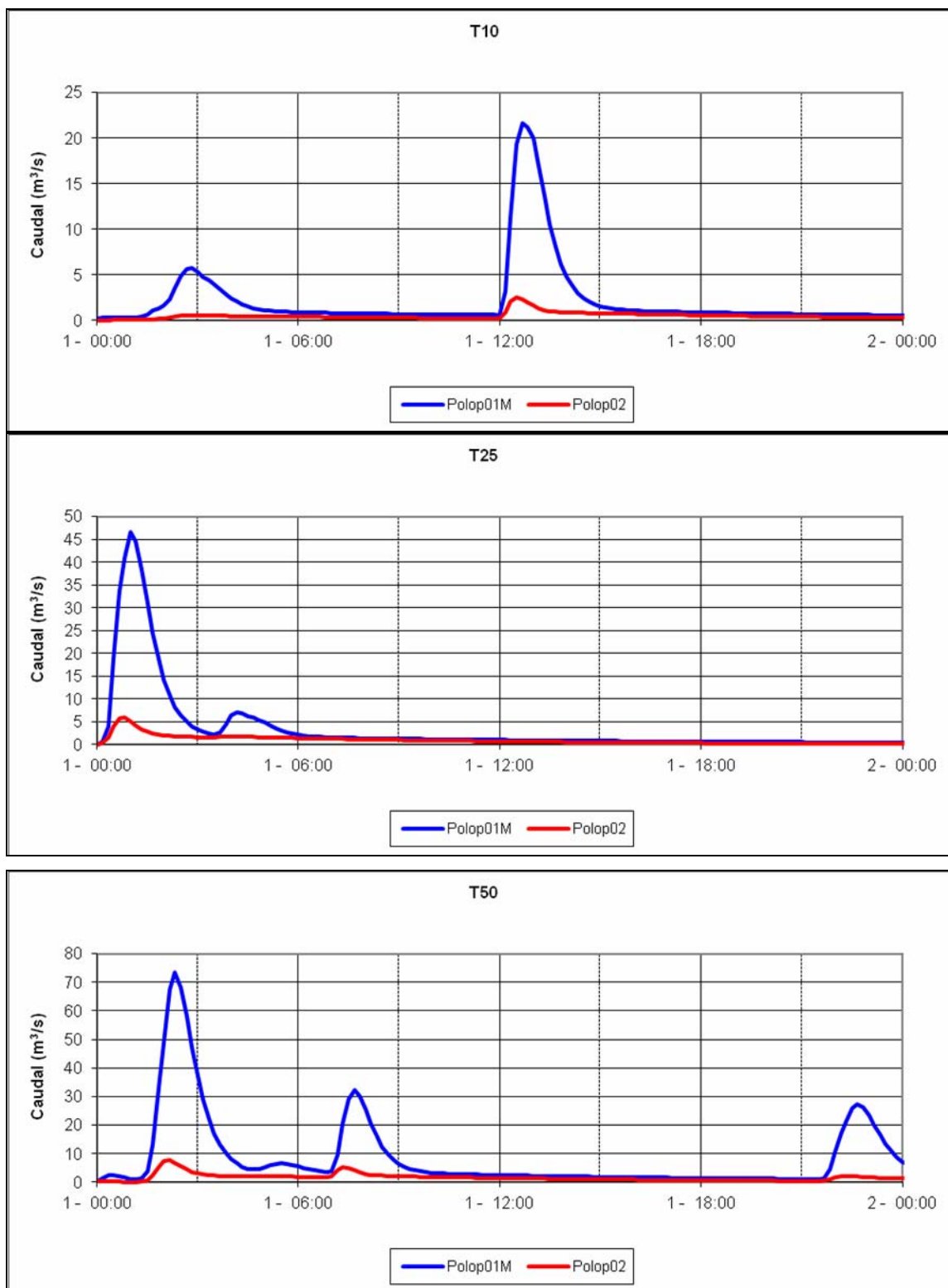
Después de analizar la situación actual y las previsiones futuras, se pueden resumir algunas conclusiones de cara a la modelación hidráulica de las zonas inundables de la Marina Baja. La tendencia de cambio es claramente hacia un aumento de nivel del mar, aunque la fuerte incertidumbre y la ausencia de proyecciones fiables hacen que sea muy difícil cuantificar este incremento, de cara a su aplicación a la modelación hidráulica. En general, no existen estudios que asignen un valor de incremento del nivel para la zona de estudio, ya que todos los valores proporcionados se refieren a una genérica alteración a escala mundial, y los estudios existentes están, a veces, en desacuerdo entre sí.

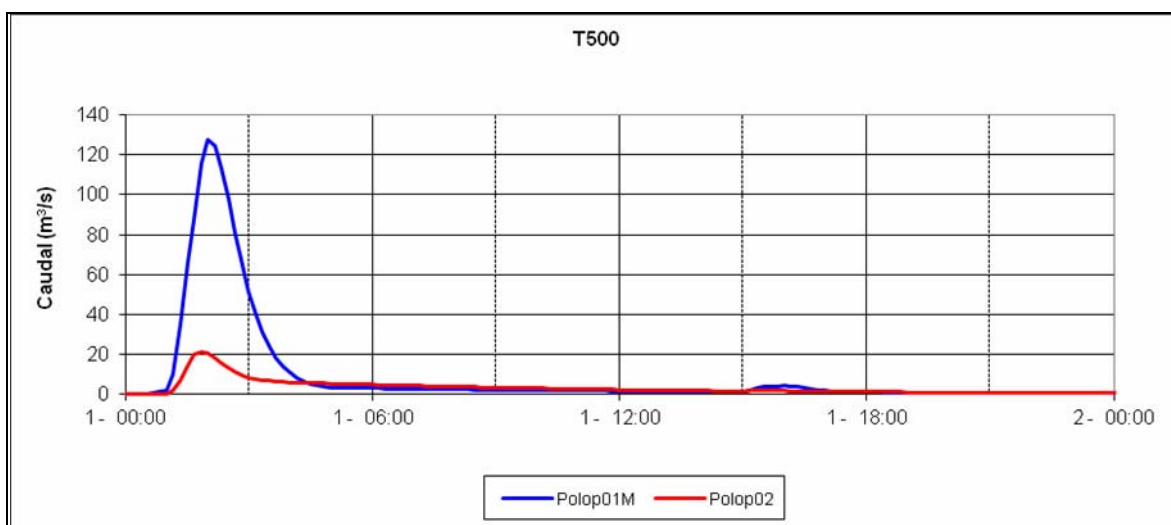
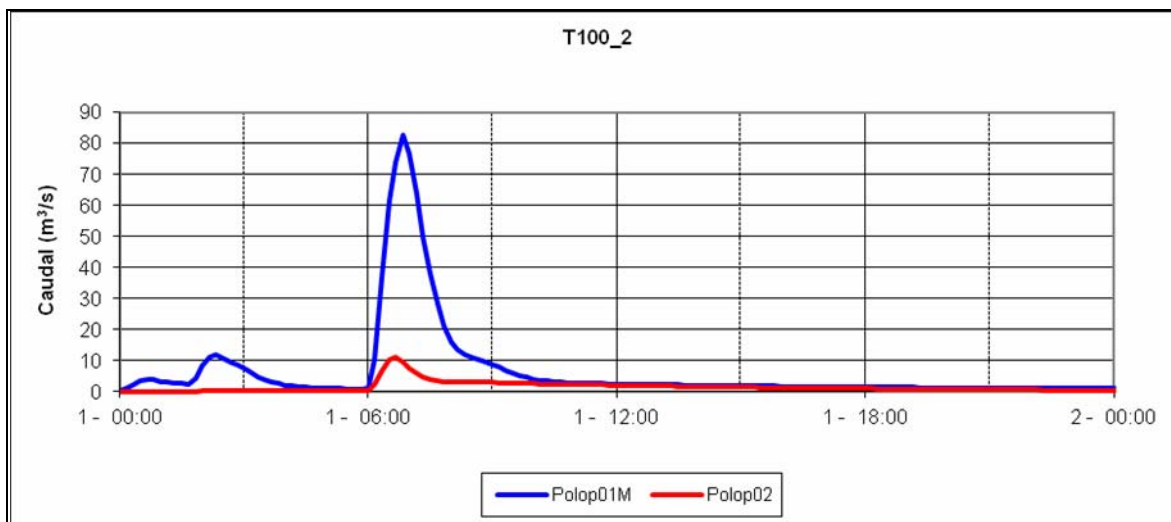
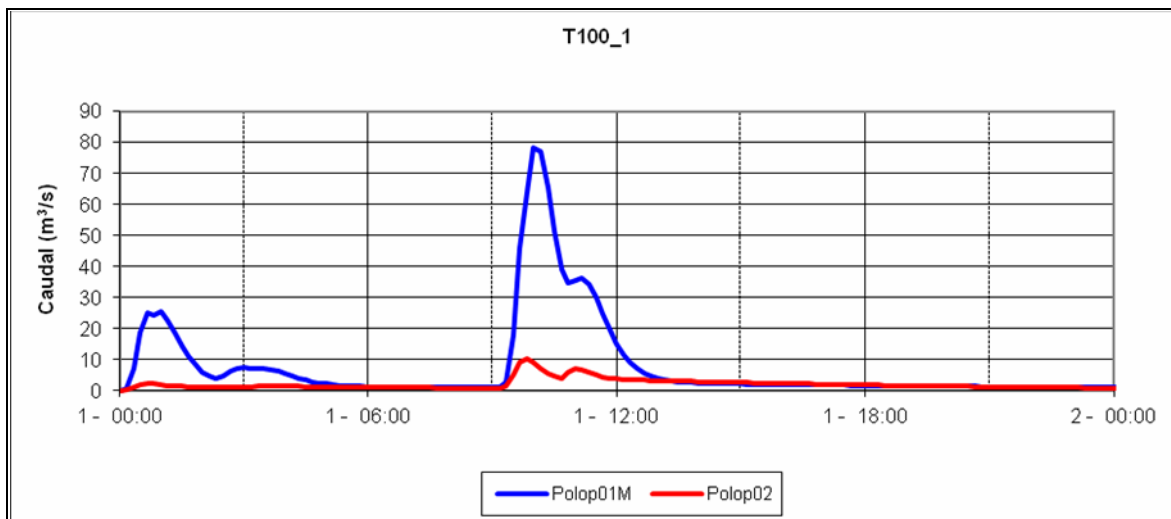
Si se analizan, además, los valores proporcionados por los escenarios analizados, se puede observar que las modificaciones en el medio plazo son relativamente pequeñas, del orden de algunos centímetros o decenas de centímetros. Una tan ligera modificación en la condición de contorno de los modelos hidráulicos costeros no supondría ningún cambio en la dinámica de propagación de la inundación.

5.3.3. HIDROGRAMAS DE DISEÑO

5.3.3.1. BARRANC DEL GULAPDAR Y BARRANC DE LA CANAL

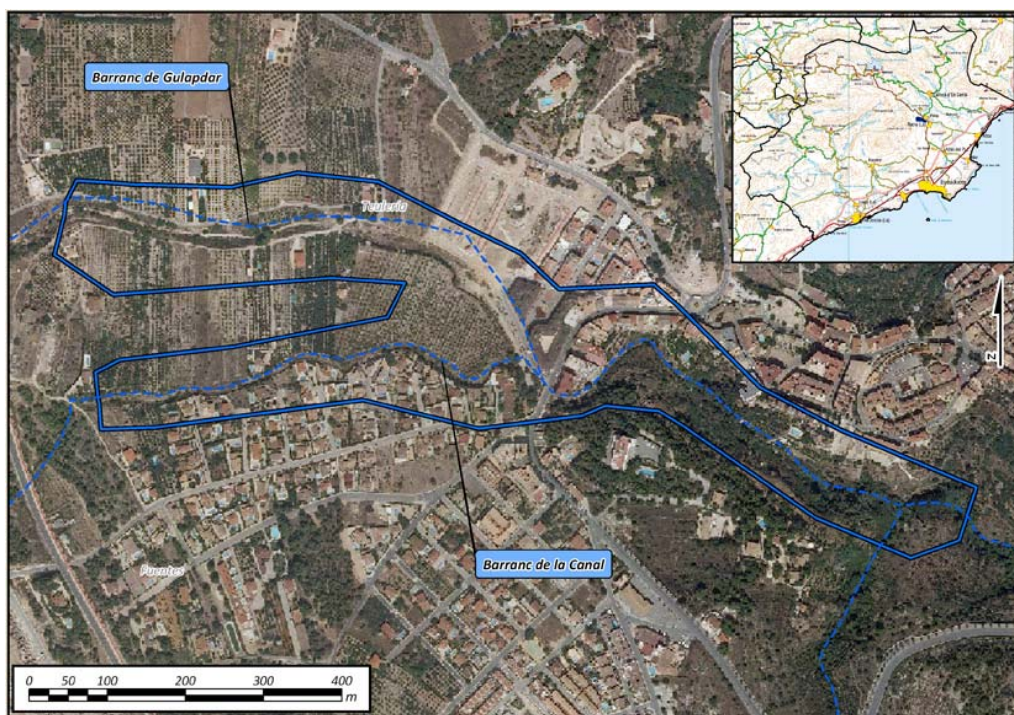
En los siguientes apartados se muestran los hidrogramas para los diferentes periodos de retorno utilizados como input, para la modelización hidráulica, en todos los puntos de entrada, a los modelos hidráulicos, para todos los eventos simulados.





5.4. ESTUDIO HIDRÁULICO

El modelo hidráulico Polop abarca la confluencia del Barranc de Gulapdar con el Barranc de la Canal en las inmediaciones del municipio de Polop. En la figura siguiente se muestra la situación y límites del modelo hidráulico.

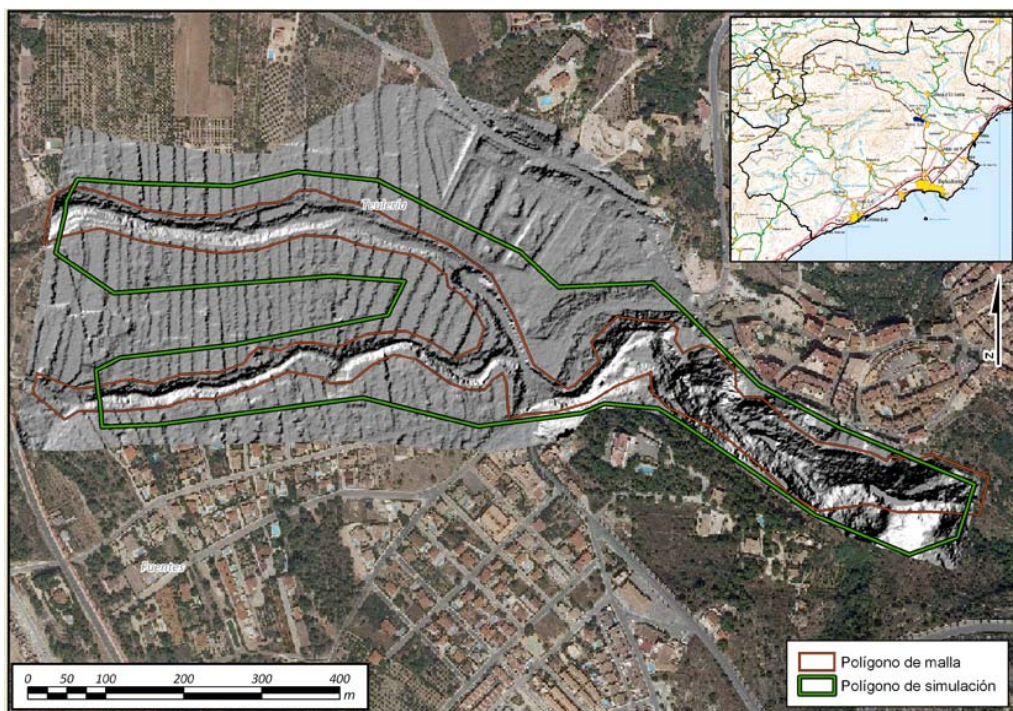


Extensión y situación del modelo hidráulico

5.4.1. TOPOLOGÍA DEL MODELO

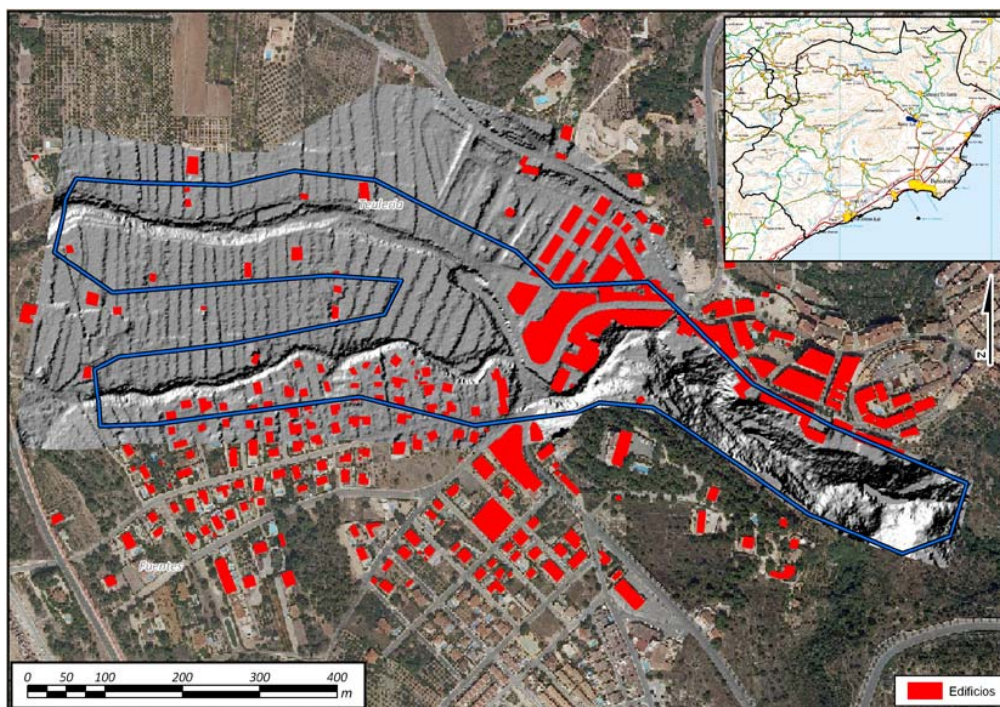
A continuación, como se ha explicado en la introducción del presente estudio, se muestran los elementos que definen la topología del modelo hidráulico.

El polígono de simulación define la extensión de simulación hidráulica y los tamaños máximos y mínimos de los elementos del mallado (80 m² y 20 m² respectivamente). El polígono de malla define las zonas que requieren de mayor precisión con elementos triangulares menores con un máximo de 10 m² y un mínimo de 04 m². En la siguiente figura se muestra el modelo digital del terreno (Lidar 1mx1m) utilizado para la obtención de las cotas de cada uno de los elementos del mallado y los polígonos de simulación 2d y de malla.

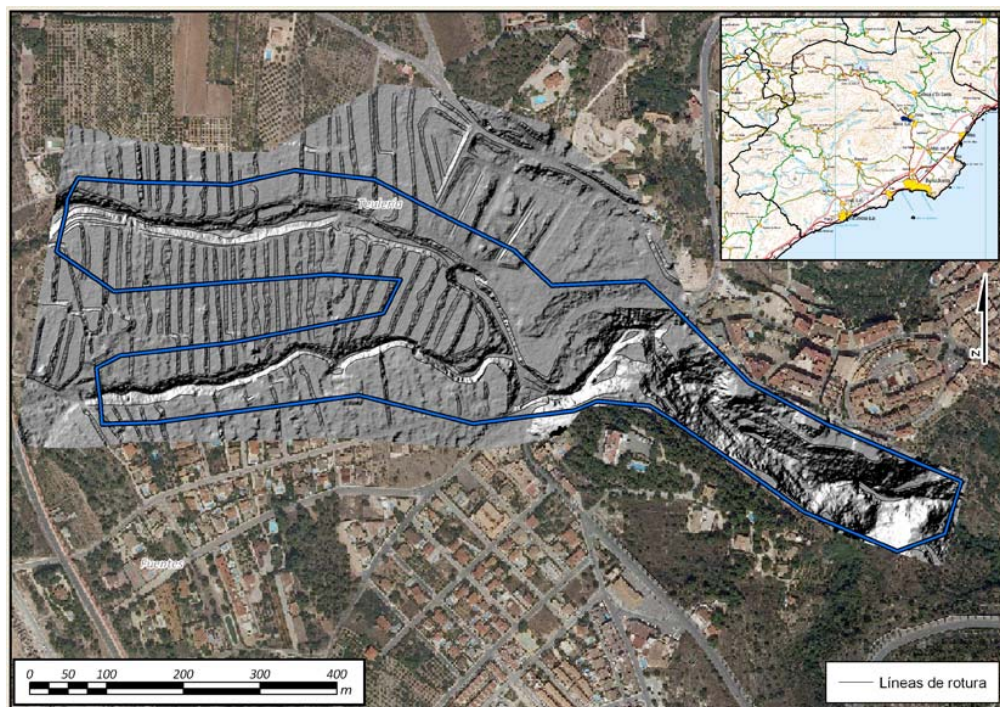


Polígono de malla y polígono de simulación.

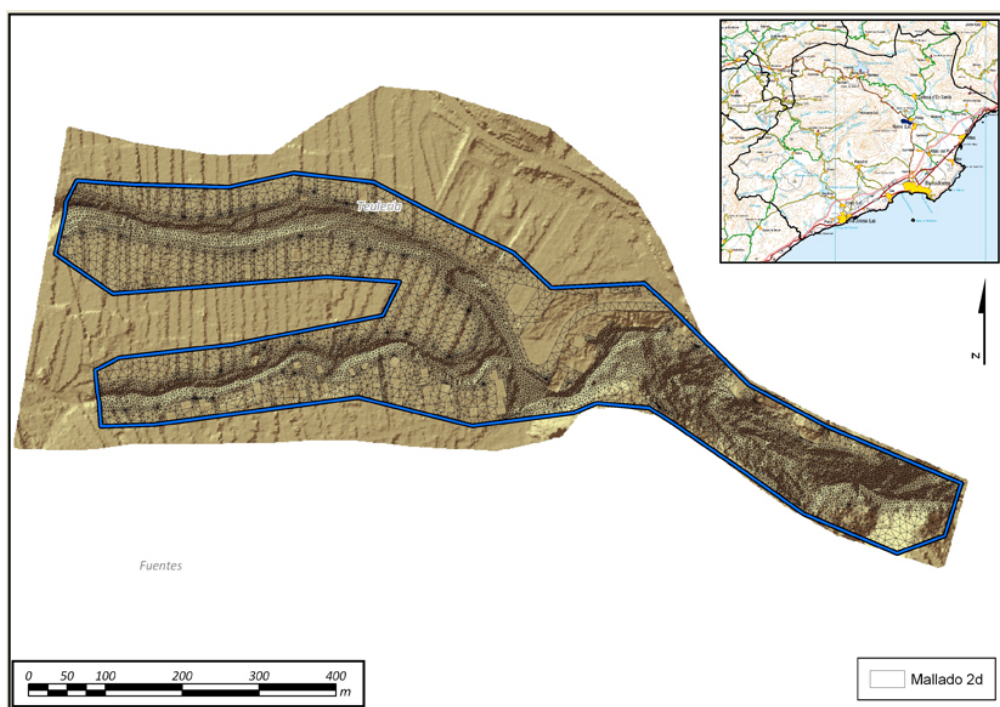
En las siguientes imágenes se muestran los polígonos de edificios, las líneas de rotura y el mallado utilizado para la modelación con un total de 23125 triángulos y 12213 vértices. El área total del modelo es de 0.2 km².



Polígono de edificios "Voids" y modelo digital del terreno.



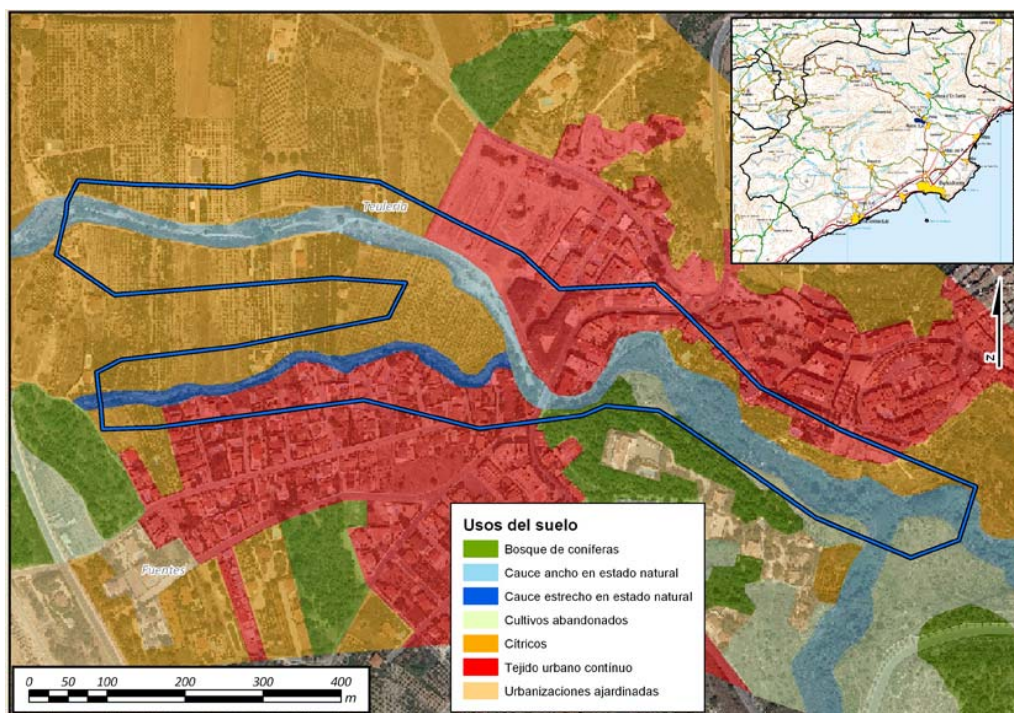
Líneas de rotura.



Malla triangular de simulación.

5.4.2. RUGOSIDAD

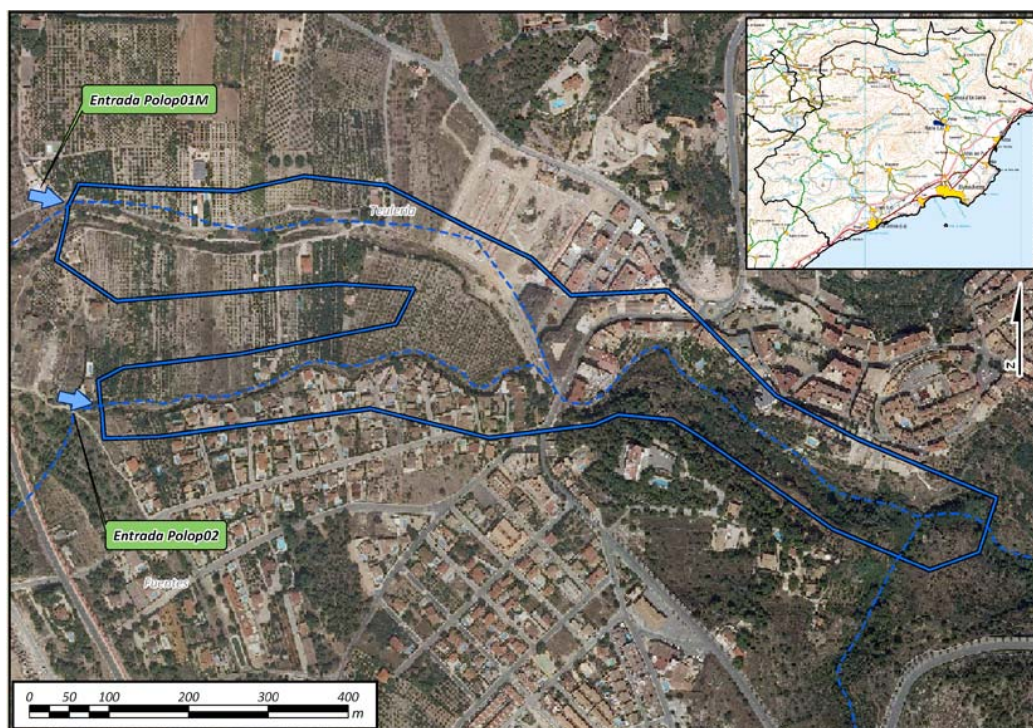
La rugosidad se define en toda la extensión del modelo partiendo de la información obtenida de los usos del suelo del Corine 2006 adaptándola según la ortofoto de la zona. En la siguiente figura se muestra el polígono de rugosidad seguido de la tabla que define el número de manning para cada uno de los usos.



Polígono de rugosidad

5.4.3. CONDICIONES INICIALES Y DE CONTORNO

El modelo tiene como entradas los caudales del Barranc de la Canal (Polop02), del Barranc de Gulapdar (Polop01M). Se eligen del estudio hidrológico 6 eventos con hidrogramas de periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 (2 episodios) y 500 años. En la siguiente figura se muestran los puntos de entrada al modelo y las condiciones iniciales del mismo.



Condiciones de contorno e iniciales

Como condición de contorno en el perímetro del polígono de simulación se define la condición de calado normal, como se ha explicado en la introducción de este estudio

5.4.4. RESULTADOS

En los siguientes apartados se describirán las simulaciones realizadas para los períodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años.

No se producen desbordamientos del barranco ni afecciones a infraestructuras ni a viviendas para ninguno de los períodos de retorno estudiados. El cauce tiene capacidad suficiente para todos los períodos de retorno estudiados.

T10

Para el período de retorno de 10 años no se producen desbordamientos del barranco simulado, no se producen afecciones a ningún tipo de estructura. En la figura siguiente se pueden observar la envolvente de calados máximos en la zona de estudio.



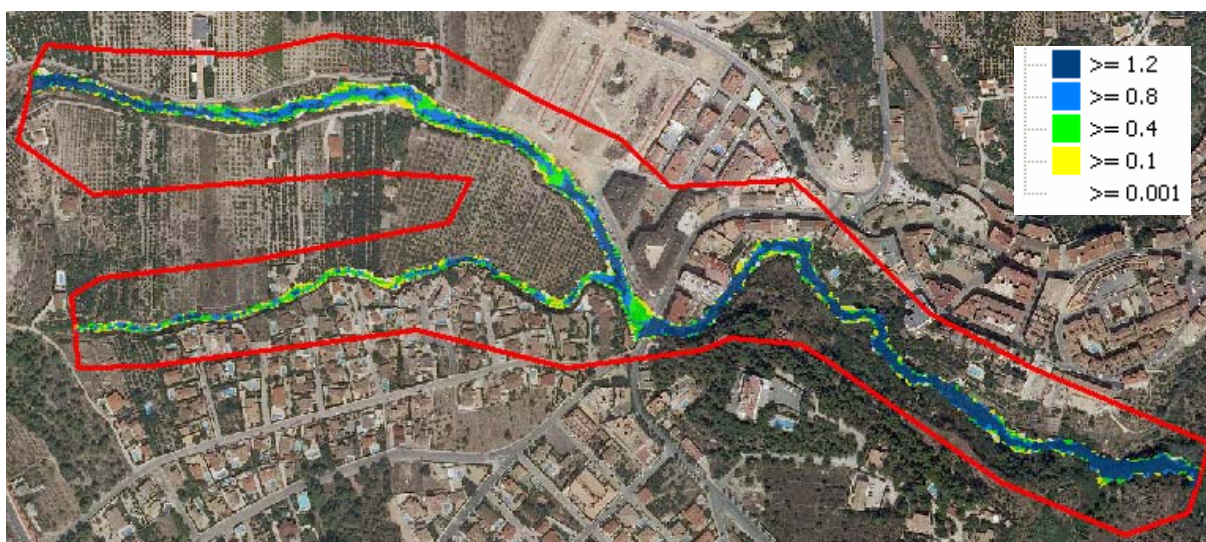
T25

Al igual que para T10, no se producen desbordamientos del barranco. En la figura siguiente se pueden observar la envolvente de calados máximos en la zona de estudio.



T50

Los calados dentro del barranco aumentan sin producirse desbordamientos a lo largo del cauce. En la figura siguiente se pueden observar la envolvente de calados máximos en la zona de estudio.



T100

Para 100 años se han simulado dos eventos 3-3-025 (imagen superior) y 2-3-024 (imagen inferior) con caudales picos correspondientes a los 100 años pero con volúmenes diferentes. Esta doble simulación se realiza para comparar y analizar diferentes eventos que correspondan al mismo período de retorno pero que podrían causar inundaciones diferentes. En este caso el evento 2-3-025 (imagen inferior) genera inundaciones con calados superiores al evento 3-3-025 (imagen superior) por lo tanto se analizará el evento 2-3-025. No se producen desbordamientos ni afecciones en todo el ámbito de estudio.





T500

Se producen desbordamientos por la margen izquierda del barranco con calados máximos inferiores a los 10 cm sin afectar considerablemente a viviendas. La cota máxima del agua al paso de la carretera CV70 es de 280 msnm. En la figura siguiente se pueden observar la envolvente de calados máximos en la zona de estudio.



6. SITUACIÓN ACTUAL

Recientemente se ha encauzado el Barranco de la Canal, desviando su cauce hacia la margen izquierda; anteriormente, el cauce iba por encima del cono de deyección, sobre la costra calcárea, pero el hecho de la creciente urbanización del cono ha hecho que se acometa esta obra. Los antiguos regueros que se producían sobre el cono de deyección desembocaban aguas arriba del puente que cruza el Barranco del Gulapdar en el entramado urbano de Polop.

El Barranco del Gulapdar tiene una pendiente menos acusada que la del Barranc de la Canal (aproximadamente la mitad), pero al ir asentado sobre tramos de costra caliza se producen saltos y discontinuidades en la rasante del fondo del barranco.

En las fotografías aéreas del estudio geomorfológico se observa que el creciente proceso de urbanización del cono de deyección al pie del Ponoig ha ido acompañado de una reforestación de toda la cuenca del Barranc de la Canal, por lo que los efectos negativos de la primera acción se han ido compensando con los de la segunda.

En episodios de riadas en Polop, los únicos efectos negativos se han producido aguas abajo del puente que cruza el barranco, en las viviendas que están en la margen izquierda del Barranc del Gulapdar. Por eso se propone una protección de las viviendas en esa parte del cauce a base de escollera y una limpieza.



Puente por donde pasa el Barranc del Gulapdar



Barranc del Gulapdar enmarcado dentro del Parque urbano de Polop.



Toma de riego en el cauce del Barranc del Gulapdar



Muro de hormigón revestido de mampostería en el Barranc del Gulapdar



Muro de mampostería en seco en el cauce del Gulapdar



Costra calcárea en el cauce del Barranc del Gulapdar



Vista cauce aguas abajo del puente de Polop



Confluencia del Barranc de la Canal con el Barranc del Gulapdar.

7. CRITERIOS DE DISEÑO

7.1. TIPOS DE MEDIDAS DE ACTUACIÓN

Las medidas de actuación habitualmente empleadas en los planes de defensa frente a avenidas, se pueden clasificar en función de su tipología de modificación del riesgo. El riesgo se puede definir como el producto de la peligrosidad por la vulnerabilidad. La peligrosidad viene determinada por la probabilidad de ocurrencia de las condiciones que puedan ocasionar una afección (daños a vidas o bienes) dentro de un periodo determinado y un área también determinada. La vulnerabilidad, incluye, por un parte, la valoración de posibles daños y afecciones en un área y por otra la exposición de vidas humanas frente a esos daños (vulnerabilidad de personas). De esta manera, las acciones para la disminución del riesgo se pueden clasificar en los siguientes grupos:

a) Medidas no estructurales,

Estas actuaciones, en muchos casos, complementarias a las estructurales, que se recogen en los apartados siguientes, tienen por objeto prevenir el efecto de las inundaciones y conseguir reducir los daños asociados ó al menos el impacto que estos daños tienen en los ciudadanos. Estas actuaciones tienen una gran efectividad y en general un coste económico sensiblemente inferior al de las medidas estructurales. No obstante, plantean dificultades de aplicación y requieren una difícil coordinación entre las distintas administraciones implicadas. Esta coordinación debe realizarse en un marco legal complejo con distintos ámbitos competenciales.

Se pueden clasificar en los siguientes grupos:

Medidas que persiguen la disminución del riesgo por disminución de la vulnerabilidad. Estas medidas son las que tienen que ver con la Ordenación Territorial y se pueden resumir en las siguientes:.

- Elaboración de cartografía de riesgo de inundación
- Delimitación de la zona de policía del dominio público hidráulico
- Trabajos complementarios en la revisión del planeamiento urbano
- Revisión del planeamiento urbano municipal a la vista de los resultados de los trabajos complementarios de cartografía de riesgo
- Reserva de usos del suelo para determinadas zonas teniendo en cuenta los estudios de inundabilidad realizados

Este grupo de medidas, dentro del DOCUMENTO DE REFERENCIA DEL "PLAN DIRECTOR DE DEFENSA CONTRA LAS AVENIDAS EN LA COMARCA DE LA MARINA BAJA (ALICANTE)", emitido por la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, se encuentran clasificadas dentro del grupo C. como actuaciones de gestión encaminadas a la recuperación de llanuras aluviales, recuperación de terrenos para el dominio público hidráulico o marítimo terrestre mediante deslinde, compra de terrenos, limitaciones en la ordenación del territorio, etc.

Medidas, cuyo objetivo es la disminución de la vulnerabilidad durante la inundación. Entre las que destacan la elaboración de planes de emergencia y la disposición de ayudas para los afectados por la inundación. Se resumen a continuación:

- Actuaciones de Protección Civil:
 - Trabajos complementarios en la elaboración de los Planes de Actuación Municipal y/o Planes de Emergencia Municipal.
 - Elaboración y aprobación de los "Planes de Actuación Municipal y/o Planes de Emergencia Municipal ante el riesgo de inundaciones".

Estos Planes de Actuación ante el riesgo de inundaciones deberán de llevar definidas las diferentes fases que conllevan y que se pueden resumir en las siguientes:

Fase de Preemergencia

Es la fase caracterizada por la existencia de información sobre la posibilidad de ocurrencia de sucesos y/o situaciones capaces de dar lugar a inundaciones. El objeto de esta fase es alertar a las autoridades y servicios implicados, así como informar con carácter preventivo a la población potencialmente afectada.

La preemergencia se estructura en dos actuaciones que obedecen a la evolución habitual en la gestión:

- Alerta derivada de aviso meteorológico

Es la acción de transmitir mensajes de prevención y protección a la población potencialmente afectada, e instrucciones a aquellos destinatarios que tengan algún tipo de responsabilidad preventiva u operativa asignada en este Plan, acompañados del propio aviso meteorológico que la genera.

- Seguimiento pluviométrico

Es la fase consiguiente a la alerta derivada del aviso meteorológico, consistente en el seguimiento para confirmar o no la actualización del riesgo y su evolución. Esta fase puede ser activada, independientemente de la alerta derivada de aviso meteorológico, en caso de producirse lluvias intensas sin aviso meteorológico previo. La fase de preemergencia se prolongará hasta que se concluya que la inundación es inminente, por lo que se pasaría a fase de emergencia, o bien se produzca la vuelta a la normalidad.

Fase de Emergencia

Es la fase caracterizada por la existencia de información sobre la posibilidad de ocurrencia de sucesos y/o situaciones capaces de dar lugar a inundaciones. Esta fase se inicia cuando, del análisis de los parámetros meteorológicos e hidrológicos, se concluya que la inundación es inminente o cuando ésta ya haya comenzado.

La emergencia se prolongará hasta que se hayan tomado todas las medidas necesarias de protección de personas y bienes y se hayan restablecido los servicios básicos esenciales. Las diferentes situaciones de emergencia se establecen en función de la gravedad, de la extensión territorial y de los recursos disponibles para el control de la emergencia.

Dentro de la fase de emergencia se distinguirán diferentes niveles de gravedad:

Fase de Normalización

Es una fase consecutiva a la de emergencia, que se prolonga hasta el restablecimiento de las condiciones mínimas imprescindibles para el retorno a la normalidad en las zonas afectadas por la inundación.

Durante esta fase se realizarán las primeras tareas de rehabilitación en dichas zonas, consistentes fundamentalmente en la inspección del estado de edificios, la limpieza de viviendas y vías urbanas, la reparación de los daños más relevantes, y la rehabilitación de los servicios básicos fundamentales.

- **Seguros:**
 - Campaña de promoción y divulgación del seguro.
 - Estudios de viabilidad de esquemas complementarios de seguros en tipología de daños y grado de cobertura

Este grupo de medidas, dentro del DOCUMENTO DE REFERENCIA DEL “PLAN DIRECTOR DE DEFENSA CONTRA LAS AVENIDAS EN LA COMARCA DE LA MARINA BAJA (ALICANTE), emitido por la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y

Marino, se encuentran clasificadas dentro del grupo D, como actuaciones de prevención civil y miscelánea, entre las que se encuentran la predicción de avenidas, mecanismos de alerta, etc.

b) Medidas de restauración hidrológica- forestal

El fin último perseguido por estas medidas es la disminución de la escorrentía generada mediante una serie de actuaciones, que consisten en acciones biológicas e hidrotecnias, armónicamente distribuidas entre la cuenca y su cauce. Las acciones biológicas se implantan en la cuenca y las hidrotecnias en los cauces.

Estas medidas tienen además, del objetivo fundamental de disminuir la escorrentía en la cuenca, los siguientes fines:

- La protección del suelo.
- La regulación hídrica y mejora de la calidad del agua.
- La protección, conservación, restauración y mejora del ecosistema (flora, fauna, paisaje, biodiversidad).

Este grupo de medidas, dentro del DOCUMENTO DE REFERENCIA DEL “PLAN DIRECTOR DE DEFENSA CONTRA LAS AVENIDAS EN LA COMARCA DE LA MARINA BAJA (ALICANTE), emitido por la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, se encuentran clasificadas dentro del grupo B, como actuaciones de bioingeniería dirigidas a la recuperación de la morfología, hidrodinámica, y conectividad transversal, conexión vertical y continuidad longitudinal de los cauces.

c) Medidas estructurales, que persiguen la disminución del riesgo, disminuyendo la peligrosidad.

Esta disminución se puede conseguir, fundamentalmente por dos vías:

Incrementando el umbral de desbordamiento, de esta manera se elimina el riesgo de las crecidas más frecuentes, reduciendo en una magnitud constante el riesgo de las de menor probabilidad. Dentro de este grupo se encuentran los encauzamientos, acondicionamiento de cauces y la mejora de las obras de paso existentes, mediante su ampliación o sustitución

La otra vía persigue la disminución de la magnitud, es decir, la reducción de caudales fluyentes. En ella se encuadran por un lado diferentes técnicas de laminación, (balsas de laminación, zonas de sacrificio, etc.).

Este grupo de medidas, dentro del DOCUMENTO DE REFERENCIA DEL “PLAN DIRECTOR DE DEFENSA CONTRA LAS AVENIDAS EN LA COMARCA DE LA MARINA BAJA (ALICANTE), emitido por la

Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, se encuentran clasificadas dentro del grupo A, como actuaciones que introducen nuevas alteraciones hidromorfológicas en los cauces o en las zonas costeras para la prevención de inundaciones.

Para establecer el caudal de diseño de las obras a realizar incluidas dentro de las medidas estructurales, se ha realizado una distinción en función de la calificación de los terrenos por donde discurren los cauces a analizar.

Ante esta situación se ha elegido como criterio de diseño para cauces, que discurren por zonas urbanas, la obtención de un control absoluto de la inundación para el caudal correspondiente a 500 años de período de retorno, siempre que el tejido urbano permita la realización de las obras necesarias para conseguir dicho control. Este criterio está en línea con lo dispuesto en el Plan de Acción Territorial de Carácter Sectorial sobre prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana (PATRICOVA - 2002). Para actuar sobre cauces en entornos rurales se adopta el caudal de avenida comprendida entre los 25 y los 50 años de período de retorno.

7.2. METODOLOGÍA

El planteamiento general, que se ha seguido para realizar el análisis de alternativas, para los distintos ríos y barrancos incluidos en el Plan Director de Defensa contra las Avenidas en la Comarca de la Marina Baja, ha sido considerar una serie de soluciones, partiendo de la **Solución 0**, que consiste en no realizar ninguna actuación, manteniendo las condiciones existentes en la actualidad, ir añadiendo actuaciones, en primer lugar, actuaciones de tipo no estructural, que constituirán la **Solución 1**, hasta llegar a la adopción de medidas estructurales, que constituirían la **Solución 2**.

Se resumen a continuación los tipos de soluciones planteadas:

Solución 0, consiste en no realizar ninguna actuación, manteniendo las condiciones existentes en la actualidad

Solución 1, en esta solución estarían incluidas las siguientes tipos de actuaciones: Actuaciones sobre la Ordenación Territorial de la zona, actuaciones de la Confederación Hidrográfica del Júcar, en cuanto a la implantación del Sistema de Ayuda a la Decisión, Protección Civil, en lo que se refiere a Planes de Emergencia frente a las inundaciones, actuaciones por parte de las compañías de seguros y de tipo restauración hidrológico forestal de la cuenca.

La **Solución 2** estaría formada por actuaciones estructurales. En primer lugar, se priorizarían las actuaciones sobre la sección del cauce y sobre las obras de paso existentes (con el fin de mejorar la capacidad de transporte de los cauces) y en el caso de que estas últimas no fuesen suficientes para la

reducción del riesgo en caso de avenidas, se proponen elementos de regulación y laminación de los hidrogramas (balsas de laminación de avenidas, zonas de sacrificio, etc.) en el cauce o fuera del mismo.

Con el fin de poder estimar el riesgo que comporta cada una de las soluciones propuestas, se hace un cálculo de este riesgo, como producto de la valoración económica del daño o afección por la probabilidad de que se produzca. Por lo tanto es necesario realizar una valoración económica de los daños producidos en cada uno de los escenarios, partiendo de la situación actual (Solución 0, no se proponen actuaciones) y pasando por cada de las soluciones propuestas.

En el caso de medidas de carácter estructural, la probabilidad de que se produzca depende directamente del caudal de diseño de las actuaciones propuestas. (Periodo de retorno de 50, 100 o 500 años)

Los pasos a seguir en el estudio de soluciones se recogen a continuación de forma resumida:

❖ Análisis de la situación actual.

- Problemática existente.
- Daños ocurridos en avenidas históricas

❖ Planteamiento de alternativas Se plantean soluciones partiendo de la situación actual, empezando primero por las actuaciones de tipo no estructural, para ir añadiendo las de tipo estructural

- **Descripción** de las alternativas propuestas
- **Análisis Económico**, que incluye los siguientes apartados:
 - o Análisis de costes (Valoración de las actuaciones propuestas)
 - o Análisis de riesgo, para lo cual se hace una estimación del riesgo como producto de la valoración del daño por la probabilidad de que se produzca.
 - o Análisis Coste- Beneficio, entendiendo como beneficio la disminución del riesgo
- **Estudio de Alternativas**
 - o Descripción de la metodología empleada.
 - o Análisis desde el punto de vista de las avenidas
 - o Resultados del estudio de Alternativas.

8. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

8.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS

8.1.1. INTRODUCCIÓN

El presente apartado del planteamiento de alternativas para el tramo estudiado (aunque dividido en el Barranc de la Canal y Barranc del Gulapdar) se ha estructurado haciendo en primer lugar, un resumen de los efectos más relevantes que se producen durante la ocurrencia de las avenidas correspondientes a los distintos periodos de retorno, para pasar a la descripción de las distintas soluciones planteadas, teniendo siempre en cuenta, el establecimiento de medidas no estructurales, en primer lugar, para proponer a continuación las soluciones de carácter estructural.

El siguiente punto que se desarrolla es el análisis económico de cada una de las soluciones planteadas, mediante un análisis de los costes (valoración de las soluciones), un análisis de los riesgos, tanto en la situación actual, como después de las soluciones adoptadas, para terminar con un análisis coste-beneficio, entendiendo por beneficio, la disminución del riesgo, que conlleva cada una de las soluciones consideradas.

El último punto, lo constituye el estudio comparativo de alternativas, de acuerdo a una metodología, que tiene en cuenta los distintos aspectos afectados por las inundaciones, como son el hidrológico, el socioeconómico, el medioambiental, el económico.

8.1.2. EFECTOS PRODUCIDOS DURANTE LAS AVENIDAS

A raíz de los resultados del estudio de inundabilidad, cabe destacar las siguientes conclusiones:

No se producen desbordamientos del barranco ni afecciones a infraestructuras y viviendas. Los calados van aumentando a medida que lo van haciendo los sucesivos periodos de retorno (25, 50 y 100), pero sin producirse desbordamientos en el cauce.

Para la avenida de 500 años se producen desbordamientos de 10 cm pero produciéndose una leve afección a las viviendas.

8.1.3. SOLUCIÓN 0. NO REALIZAR NINGUNA ACTUACIÓN

No se desarrolla ninguna iniciativa, por lo tanto no se modifica el régimen de corrientes de los Barrancos de la Canal y Gulapdar. No se adecua tampoco el cauce de los mismos, ni se mejora el sistema

de drenaje de las infraestructuras afectadas por los barrancos y tampoco se actúa sobre la confluencia de los dos cauces en el entramado urbano de Polop.

Considerarla es asegurarse que sea cual fuere la alternativa finalmente adoptada, en ningún caso se va a escoger una solución de peor calidad que la resultante de dejar el sistema tal y como se encuentra en el momento actual.

Responde, por lo tanto, este planteamiento a la necesidad de contemplar la opción de no actuar sobre los elementos de la cuenca de los barrancos de la Canal y Gulapdar, de forma que, al mantener ésta su configuración actual, la situación de Polop no mejore pero tampoco empeore.

8.1.4. SOLUCIÓN 1: ACTUACIONES DE TIPO NO ESTRUCTURAL

Las actuaciones finalmente propuestas para este caso concreto son:

Elaboración de cartografía de riesgo de inundación para los Barrancos de la Canal y Gulapdar que en este caso se obtendrá como uno de los resultados del presente Plan de Defensa contra Avenidas.

Colaboración para la elaboración y aprobación de Planes de Actuación Municipal ante el riesgo de inundaciones en Polop.

Colaboración para la revisión del planeamiento urbano municipal a la vista de los resultados del presente Plan.

Colaboración para la promoción y divulgación del seguro para los bienes afectados por las inundaciones.

8.1.5. SOLUCIÓN 2: ACTUACIONES DE TIPO ESTRUCTURAL

Se plantea la limpieza y adecuación del cauce del Barranco del Gulapdar a partir de la obra de toma de un canal que se encuentra aguas abajo del puente de Polop por donde pasa el barranco. Asimismo para disminuir la ligera afección que se produce a las viviendas en la margen izquierda se plantea una protección a base de escollera en esa misma margen en una longitud de 250 m.

8.2. ANÁLISIS ECONÓMICO

8.2.1. PLANTEAMIENTO

Para realizar el análisis económico de las distintas soluciones planteadas, el esquema a desarrollar ha sido el siguiente:

❖ **Análisis de costes de las alternativas empleadas, haciendo una valoración de las obras propuestas**

Para ello se ha utilizado una base de precios más reducida que las que se emplean en la redacción de proyectos constructivos, pero suficiente para obtener los presupuestos de las obras proyectadas en el presente Plan de Defensa contra las Avenidas a nivel de anteproyecto.

La valoración de las actuaciones se ha organizado de acuerdo al siguiente esquema:

Cuadro de precios utilizados

Mediciones y presupuestos parciales

Presupuesto General

❖ **Análisis de costes de las externalidades ambientales**

La metodología a seguir en este caso es la definición de las acciones de las alternativas planteadas en el estudio de soluciones, y la valoración de la afección a los servicios ambientales considerados en el VANE (Valoración de Activos Ambientales de España), en la zona de actuación.

Esta cartografía de Valoración de Activos Ambientales de España (en adelante VANE) se considera que es de aplicación al Plan Director, teniendo en cuenta algunas dificultades o factores de error, tales como la actualización del valor, con los cambios significativos que se hayan podido producir desde la finalización del proyecto tanto por precio del servicio ofrecido, como por cambios de uso del territorio.

Puesto que el ámbito de estudio es la comarca de la Marina Baja, se considera adecuada la malla de 100 x 100 metros sobre la que se representan los valores económicos en el VANE.

❖ **Análisis de riesgos**

Los ríos y barrancos estudiados dentro del presente Plan de Defensas presentan avenidas muy peligrosas, pudiendo ser provocadas por lluvias tanto de tipo ciclónico como de tipo convectivo. Las lluvias más torrenciales son de éste último tipo y se presentan principalmente durante el otoño, dando lugar a caudales varios órdenes de magnitud superiores a los caudales medios del río. Estas avenidas poco frecuentes, pero de gran magnitud, provocan daños incalculables en las poblaciones ribereñas.

Desde el punto de vista de la vulnerabilidad del territorio, el objetivo es el análisis de los daños provocados por las inundaciones. Por este motivo es necesario llegar a cuantificar dichos daños, lo que implica la utilización de información de tipo económico.

Los daños provocados por una inundación se han agrupado en las siguientes categorías:

- Daños Tangibles: Medibles en términos económicos
 - o Daños directos
 - Los daños físicos sobre los bienes
 - Sobre Propiedades Privadas (muebles e inmuebles)
 - Sobre Infraestructuras de Titularidad Pública
 - Los costes de las medidas de emergencia adoptadas
 - Coste de limpieza de calles, casas, etc.
 - o Daños Indirectos: Son de difícil determinación debido a su gran variabilidad.
 - Pérdidas por paralización estructuras viarias, centros de producción y servicios
 - Desaparición de puestos de trabajo
 - Los sobrecostes financieros
 - La desvalorización de los terrenos inundados
- Daños Intangibles
 - o La pérdida de vidas humanas
 - o Los daños en monumentos, restos arqueológicos, etc.
 - o Daños psicológicos en la población

Para la obtención de las curvas de vulnerabilidad es necesario contar con datos reales que relacionen calados producidos con indemnizaciones, que son los datos más fiables para la calibración de las citadas curvas. Para ello es imprescindible contar con la información existente en las bases de datos del Consorcio de Compensación de Seguros, ya que es este organismo el encargado de tramitar las indemnizaciones relacionadas con las inundaciones de gran magnitud que se registran en el territorio español. Esta información permite además, la realización de un estudio de los daños directos globales sobre el territorio. A partir de la base de datos suministrada por el Consorcio, se ha procedido a depurar la información con el fin de poder utilizarla con seguridad y eficiencia.

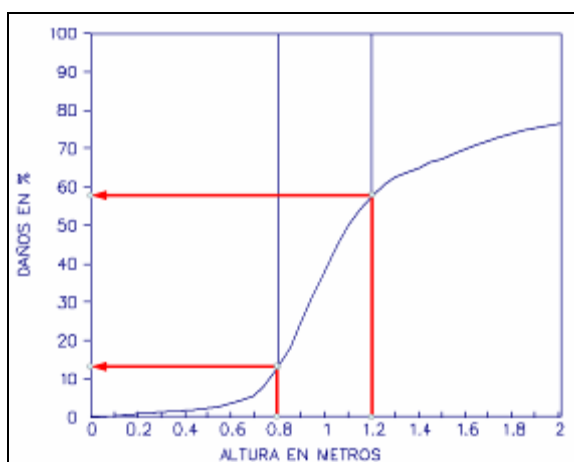
Conceptos de vulnerabilidad y riesgo

Por su importancia, se resumen a continuación los conceptos de vulnerabilidad y riesgo utilizados en el análisis de riesgo y su significación económica.

Se ha definido como vulnerabilidad, a los daños que potencialmente se pueden producir en un punto del territorio y en una determinada época del año. En este sentido, la vulnerabilidad depende del uso del suelo (bien actual o bien planificado) y varía con la magnitud de la inundación.

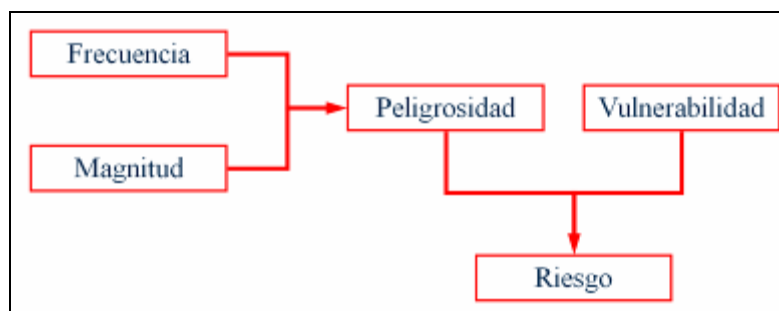
La variable de magnitud más importante en la determinación de la vulnerabilidad frente a una inundación es el nivel (o calado) máximo alcanzado por las aguas, de tal forma que para cualquier uso del suelo se puede determinar una curva de porcentaje de daño sobre el valor total en función de ese calado del tipo representado en la siguiente figura. A pesar de la importancia del calado, no hay que olvidar que existen

otros factores que influyen en los daños producidos, aunque en menor medida, como son la velocidad del agua, la duración de la inundación, la cantidad de sedimentos arrastrados, etc. Estos factores, además de tener menor importancia son más difícilmente evaluables.



Evolución de los daños en función de la altura de agua alcanzada para un uso del suelo genérico

Una inundación es un fenómeno natural no permanente, durante el cual una parte del territorio es ocupada temporalmente por las aguas. El riesgo que provocan las inundaciones en una zona concreta del territorio se obtiene por la combinación en el espacio de la peligrosidad y la vulnerabilidad, tal y como se esquematiza en la figura. El riesgo es, por tanto, el daño medio que potencialmente pueden producir las inundaciones, y será mayor en la medida en que la vulnerabilidad y la peligrosidad también lo sean.



El Riesgo de Inundación

La peligrosidad vendrá dada a su vez, por la combinación de la frecuencia y magnitud de la inundación.

La definición más habitual de frecuencia de una determinada inundación es la probabilidad de que en un año cualquiera el caudal que la produce se vea superado al menos una vez. Sin embargo, la mayor parte de las veces se habla de período de retorno en años, que es el inverso de esta probabilidad de excedencia. Los límites de frecuencias que se manejan en este trabajo para la evaluación del impacto son las de 25, 100 y 500 años.

Por otra parte, la magnitud de la inundación depende de la cantidad de precipitación, de las características de la cuenca vertiente al punto considerado (fundamentalmente su tamaño y la capacidad de infiltración del terreno), y por último de las condiciones de drenaje de ese punto concreto. De tal forma que si la capacidad de drenaje es insuficiente para la magnitud de los caudales recogidos por la cuenca vertiente, se produce una inundación.

Tal y como se ha establecido, la vulnerabilidad del territorio depende de dos factores, la tipología de uso del suelo y la magnitud de la inundación. Se resumen a continuación los tipos de usos del suelo utilizado en la valoración de los riesgos.

Tipos de usos del suelo

- Urbanizado
 - o Residencial
 - RBD: Residencial de Baja Densidad
 - RMD: Residencial de Media Densidad
 - RAD: Residencial de Alta Densidad
 - AIS: Viviendas Aisladas en suelo agrícola
 - o IND: Industrial
 - o INF: Infraestructuras
- Agrícola
 - o Arbolado
 - ARS: Cultivos Arbolados en Secano
 - ARR: Cultivos Arbolados en Regadío
 - o No arbolado
 - CUS: Cultivos no arbolados en Secano
 - CUR: Cultivos no arbolados en Regadío
- SIN: Sin Aprovechamiento

A partir de lo anterior, se ha establecido una división del territorio en 11 tipologías:

Nº Tipología	Código Tipología	Definición
1	RBD	Residencial de Baja Densidad
2	RMD	Residencial de Media Densidad
3	RAD	Residencial de Alta Densidad
4	AIS	Viviendas Aisladas en suelo agrícola
5	IND	Industrial
6	INF	Infraestructuras
7	ARS	Cultivos Arbolados en Secano
8	ARR	Cultivos Arbolados en Regadío
9	CUS	Cultivos no arbolados en Secano
10	CUR	Cultivos no arbolados en Regadío
11	SIN	Sin Aprovechamiento

Zonificación del Territorio

Para poder obtener la curva de vulnerabilidad de cada una de las tipologías en las que se ha dividido el territorio en función del uso del suelo, es necesario disponer de una serie de curvas elementales. Estas curvas elementales representan los daños en porcentaje respecto de un valor máximo de daño posible para cada uno de los elementos que pueden sufrir daños. Es decir, si se inunda una zona residencial, dentro de la misma nos vamos a encontrar con viviendas, garajes en planta de sótano, comercios, vehículos, etc. Lógicamente, los daños que se produzcan en una vivienda no podrán ser evaluados de la misma forma que los producidos sobre un local comercial o una vivienda.

El siguiente paso ha consistido en la valoración de los daños máximos que pueden producirse sobre cada uno de los bienes afectados por una inundación. En función de esos daños máximos, se puede obtener los daños para el resto de calados por aplicación de las curvas de vulnerabilidad elementales dadas anteriormente.

Módulos

El módulo adoptado ha sido distinto para cada uno de los bienes que pueden sufrir daños durante una inundación, y que son los que se han individualizado para la obtención de las curvas de vulnerabilidad elementales. Este módulo es el valor medio (a lo largo de todo el territorio analizado) de los daños máximos (para calados superiores a 3 m) que provoca una inundación sobre un metro cuadrado del bien analizado.

Los módulos adoptados en el presente estudio han sido los siguientes:

Tipología	Módulo
Residencial en Planta Baja	200.00 €
Garaje en sótano	50.00 €
Jardín Privado	2.00 €
Viales Limpieza	0.70 €
Viales Daños	15.00 €
Vehículos en Garaje	2.50 €
Vehículos en Viales	2.50 €
Comercial	250 €
Industrial	250 €
Arbolado Regadío	0.50 €
Arbolado Secano	3.00 €
Cultivos Regadío	0.25 €
Cultivos Secano	1.50 €

Módulos adoptados para los daños máximos en diversos tipos de bienes

Curvas de vulnerabilidad por usos

El siguiente paso ha consistido en la obtención de las curvas de vulnerabilidad, a partir de las curvas de vulnerabilidad elementales y de los módulos del apartado anterior. Estas curvas de vulnerabilidad reflejan ar para cada tipología en que se ha dividido el territorio, el daño en Euros para cada altura alcanzada por la lámina de agua. Para realizar la calibración de las curvas obtenidas ha sido necesario conocer los daños que realmente se han producido en un evento determinado y compararlos con los resultados obtenidos por aplicación de las curvas de vulnerabilidad sobre la zonificación territorial.

El evento más significativo del que se dispone en la zona es el desbordamiento del Riu Girona en octubre de 2.007, ya que por proximidad en el tiempo e información disponible de todo tipo va a ser el más representativo. Para la calibración se ha empleado los datos facilitados por el Consorcio de Compensación de Seguros en las poblaciones afectadas y por el Ayuntamiento de El Verger.

Las curvas obtenidas se recogen en el Informe de Vulnerabilidad de la comarca de la Marina Baja.

Daños Indirectos

Los daños indirectos son complicados de obtener, debido a sus peculiares características y la gran variabilidad que pueden presentar.

- Pérdidas por la paralización de estructuras viarias
- Paralización de centros de producción y servicios, tanto privados como públicos
- Desaparición de puestos de trabajo
- Sobrecostes financieros
- Depreciación de los terrenos inundados

Para este estudio, se han considerado los valores obtenidos para el coeficiente de daños indirectos, en el estudio realizado al efecto dentro del Plan de Acción Territorial de carácter sectorial sobre prevención de Riesgos de Inundación en la Comunitat Valenciana (PATRICOVA).

Los daños indirectos, aparecen ligados a la entidad demográfica, densidad de poblamiento, y características y número de núcleos de población dentro de un término municipal, como exponentes de una mayor probabilidad de riesgo ligada al patrón de ocupación de suelo. De este modo se han considerado como variables de referencia las siguientes:

- Población total del término municipal
- Porcentaje de superficie afectada por la inundación.
- Densidad de población.
- Número de entidades de población.
- Valor y composición del parque de viviendas (aproximándolo mediante el número total de viviendas del municipio).

- Entidad de los sectores productivos localizados (a través del empleo total en el municipio).
- Porcentaje de población activa ligada a la agricultura.

Cabría extender los factores de análisis a otros tipos de variables complementarias relativas a la estructura de población, composición de edades, características socioeconómicas, etc., que sin duda resultan significativos aun cuando con un menor nivel de relevancia.

Aunque sujeto a un gran número de matizaciones dada la heterogeneidad de los conceptos que aquí se engloban, en la mayoría de las experiencias de análisis de daño consultadas, la afección en la mayor parte de los casos no llega a suponer más del 55% de la estimación de daños directos. Por ello el rango de variación considerado es entre 1,00 y 1,55. El valor máximo se corresponde con el municipio de Valencia.

El valor del coeficiente de daños indirectos, se ha obtenido como la media geométrica de las variables tipificadas (con media nula y desviación típica unidad) consideradas, con la limitación de rango ya expuesta. Dadas las pequeñas diferencias entre los coeficientes de los distintos municipios estudiados, se ha optado por aplicar a todos los municipios el mismo coeficiente de 1.25, es decir, los costes indirectos se evalúan para todos los tramos, como un 25% de los costes directos.

Evaluación del riesgo en situación Actual

Para proceder a la evaluación del riesgo en situación actual por aplicación de las curvas de vulnerabilidad se ha procedido en primer lugar a evaluar los daños para los diversos periodos de retorno considerados. Para ello se ha combinado en un único mapa ráster los calados procedentes de la modelación hidráulica con la zonificación realizada para los usos del suelo, las zonas modeladas y los términos municipales. Mediante una hoja de cálculo se ha procedido a calcular los daños en cada una de las celdas del mapa ráster por aplicación de la ecuación matemática de la curva de vulnerabilidad correspondiente al uso del suelo de la celda y en base al calado obtenido en el modelo hidráulico. Posteriormente se han agrupado los daños por municipio y por zonas.

A continuación se ha procedido a la evaluación del Riesgo. Si definimos el riesgo como el daño medio en cada punto del territorio, la densidad espacial de riesgo vendrá dada por la fórmula

$$D = \int_{F=0}^{F=1} V(h) dF_H = \int_{h=0}^{h=\infty} V(h) f_H(h) dh$$

Esta ecuación que puede ser aproximada por la siguiente expresión:

$$D \approx \frac{V_{10}}{2} \cdot \left[\frac{1}{T_{\min}} - \frac{1}{10} \right] + \frac{V_{10} + V_{25}}{2} \cdot \left[\frac{1}{10} - \frac{1}{25} \right] + \frac{V_{25} + V_{50}}{2} \cdot \left[\frac{1}{25} - \frac{1}{500} \right] + \frac{V_{50} + V_{100}}{2} \cdot \left[\frac{1}{50} - \frac{1}{100} \right] + \frac{V_{100} + V_{500}}{2} \cdot \left[\frac{1}{100} - \frac{1}{500} \right] + V_{500} \left[\frac{1}{500} \right]$$

Donde V_i el valor del daño obtenido por aplicación de las curvas de vulnerabilidad y reflejado en las tablas anteriores y T_{min} el Periodo de Retorno mínimo para el que no se produce el desbordamiento del cauce analizado.

El valor de T_{min} ha sido obtenido mediante la modelación hidráulica, observando el caudal para el que se inicia el desbordamiento y obteniendo el periodo de retorno asociado a dicho caudal.

Sin embargo, el valor de este periodo de retorno mínimo debe ser acotado de forma que el riesgo no sea condicionado de forma excesiva por el importe de los daños para 10 años de periodo de retorno. En este sentido, se ha adoptado un valor mínimo de 5 años y un valor máximo de 10 años para efectuar el cálculo del riesgo.

	ZONA	Qmin (m3/s)	Tmin (años)	Tmin (años) Adoptado
1	Polop	160	500	10

Caudal para el que se inicia el desbordamiento y Periodo de Retorno asociado

De esta manera se puede realizar una evaluación del riesgo por Daños tangibles, incluyendo directos e indirectos, en euros actuales al año por tramo de río y/o barranco. Este resultado de poder estimar el riesgo en euros/año es de capital importancia, ya que permite posteriormente realizar el análisis Coste – Beneficio, mediante la comparación de este valor y la anualidad de amortización que se obtiene, la considerar un periodo determinado de años (25 o 50 años), al considerar los costes de ejecución material de las obras que conforman cada una de las soluciones estudiadas. El planteamiento del análisis Coste-Beneficio se realiza a continuación, en el apartado siguiente

El análisis de riesgo se ha realizado para los escenarios correspondientes a la situación actual y a los correspondientes de cada una de las soluciones previstas y los resultados se recogen en los apartados correspondientes.

❖ **Análisis Coste- Beneficio**

En este caso el beneficio se entiende como la disminución del riesgo que se produce después de ejecución de las obras previstas en las soluciones. Este beneficio, como ya se ha citado en el apartado anterior, se mide en euros/año. Para poder comparar los costes con los beneficios, se ha considerado la valoración de las actuaciones de cada solución (Presupuesto de Ejecución Material) y se ha calculado la anualidad de amortización correspondiente a ese presupuesto, estimando un periodo de tiempo de 25 años..

Los costes totales se han obtenido de la suma del presupuesto de ejecución material más los costes ambientales y los costes de las medidas correctoras.

La metodología empleada ha sido correspondiente al proyecto VANE (Valoración de Activos Naturales de España) desarrollado por el MARM.

Los criterios para la elección de la solución óptima desde este punto de vista se describen a continuación. (Hay que tener en cuenta que este criterio es solamente uno de los cinco que se utilizan en el análisis multicriterio, que se recoge en el apartado 7.4 del presente documento)

- o Siempre que en la solución estudiada, el beneficio expresado en euros/año sea mayor que la anualidad de amortización obtenida de la valoración de la solución, se puede decir que esta solución es la óptima desde el punto de vista del análisis Coste – Beneficio.
- o Si no se da la circunstancia anterior (el beneficio es menor que el coste) se elegirá aquella solución cuyo ratio (Beneficio/Coste) sea mayor.

Los resultados en forma de tabla y en forma gráfica se recogen en sus apartados correspondientes a cada uno de los tramos estudiados.

8.2.2. ANÁLISIS DE COSTES (VALORACIÓN DE LAS ACTUACIONES PROPUESTAS)

CUADRO DE PRECIOS

Los precios utilizados en la valoración de las actuaciones se han obtenido por una parte de los precios utilizados en proyectos similares por parte del equipo redactor de este documento y por otra de las bases de precios habitualmente manejadas en este tipo de proyectos y sancionadas por la práctica, como son el Preoc-2010, base de precios de Tragsa y el generador de precios de Cype.

Designación	Unidad	Precio
Limpieza y acondicionamiento del cauce, incluyendo transporte de productos sobrantes a vertedero o lugar de empleo	m ²	1,84 €
Ordenación urbanística, planes de emergencia y seguros	Ud	50.000,00 €
Protección con escollera en zonas bajas de edificaciones, incluyendo preparación de la superficie y medios auxiliares para la completa realización de la unidad	m ³	22,00 €
Hormigón en masa	m ³	86,00 €

MEDICIONES Y PRESUPUESTOS PARCIALES

POLOP

ACTUACION 1. ORDENACIÓN URBANÍSTICA, PLANES Y SEGUROS

Ordenación urbanística, planes de emergencia y seguros	Ud	1,00	50.000,00 €	50.000,00 €
SUBTOTAL				50.000,00 €

ACTUACION 2. LIMPIEZA DEL CAUCE Y PROTECCIONES EN EL MISMO

Barranc del Gulapdar	Ud	Med	Precio	Total
Limpieza y acondicionamiento del cauce, incluyendo transporte de productos sobrantes a vertedero o lugar de empleo	m ²	4800,00	1,84 €	8.832,00 €
Protección con escollera en zonas bajas de edificaciones, incluyendo preparación de la superficie y medios auxiliares para la completa realización de la unidad	m ³	900,00	22,00 €	19.800,00 €
Hormigón en masa	m ³	54,00	86,00 €	4.644,00 €
SUBTOTAL				33.276,00 €
TOTAL POLOP				83.276,00 €

PRESUPUESTO GENERAL

POLOP

RESUMEN DE PRESUPUESTO

ACTUACION 1. ORDENACIÓN URBANÍSTICA, PLANES Y SEGUROS

Designación	Presupuesto
Ordenación urbanística, planes de emergencia y seguros	50.000,00 €
SUBTOTAL	50.000,00 €

ACTUACION 2. LIMPIEZA DEL CAUCE Y PROTECCIONES EN EL MISMO

Limpieza y acondicionamiento del cauce, incluyendo transporte de productos sobrantes a vertedero o lugar de empleo	8.832,00 €
Protección con escollera en zonas bajas de edificaciones, incluyendo preparación de la superficie y medios auxiliares para la completa realización de la unidad	19.800,00 €
Hormigón en masa	4.644,00 €
SUBTOTAL	33.276,00 €
Total Presupuesto ejecución Material	83.276,00 €

8.2.3. ANÁLISIS DE COSTES AMBIENTALES

De acuerdo a la metodología expuesta en el apartado 8.3 Análisis Económico se han estimado los costes de las externalidades ambientales.

La justificación de estas cifras se incluye en el Informe de Sostenibilidad Ambiental de la comarca de la Marina Baja. Anexo al presente estudio.

ACTUACIONES AMBIENTALES POLOP	€/año	K (2005- 2011)	€/año
LIMPIEZA DE CAUCE Y PROTECCIÓN VIVIENDAS	88,11 €	1,17	103,09 €
TOTAL COSTES AMBIENTALES POLOP			103,99 €

8.2.4. ANÁLISIS DE RIESGOS

De acuerdo a la metodología expuesta en el apartado 7.3 Análisis económico, se han estimado los daños en la situación actual y después de las soluciones proyectadas. En este caso para los Barrancos del Gulapdar y de la Canal se ha planteado una solución de tipo estructural, que comprende la limpieza del cauce y una protección de escollera en la parte baja de las viviendas que están en la margen izquierda del Barranc del Gulapdar y la realización de planes de emergencia de ámbito municipal, campañas de seguro, etc.

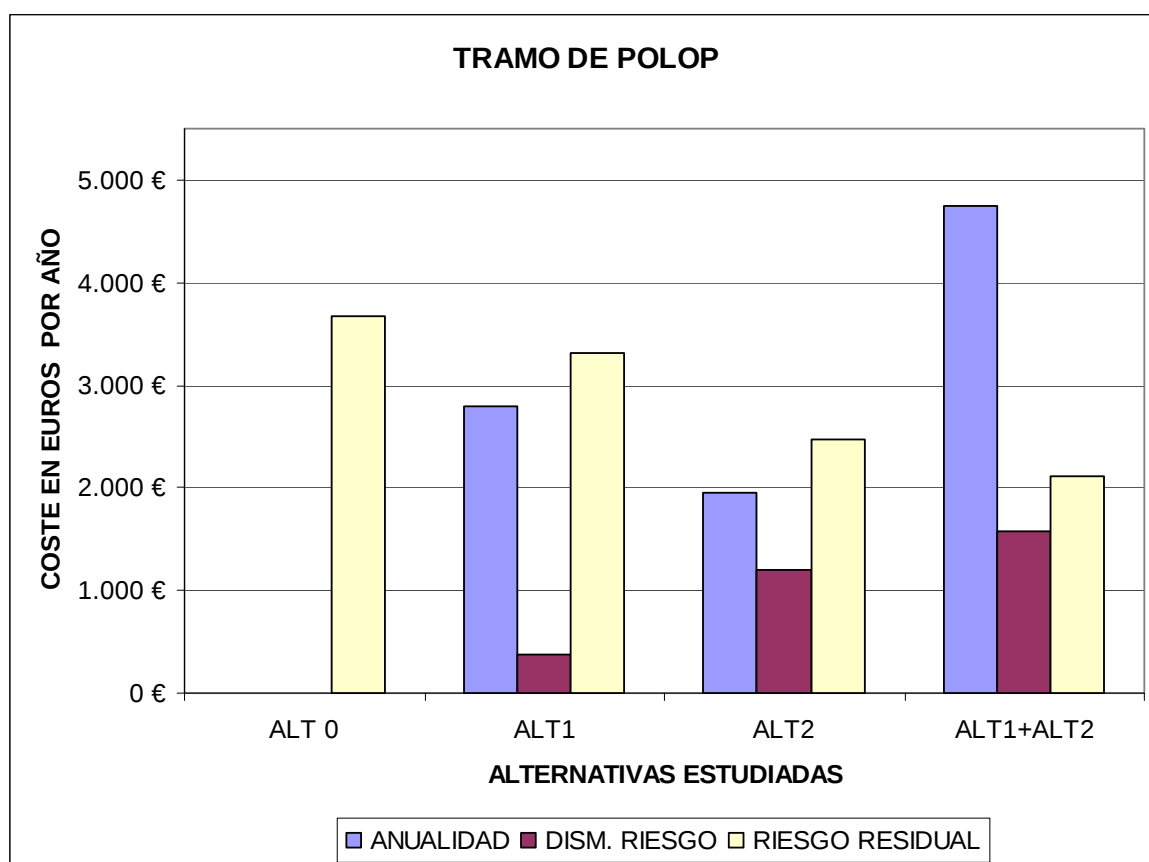
La justificación de estas cifras se incluye en el informe de vulnerabilidad de la comarca de la Marina Baja. Anexo al presente estudio.

	DAÑOS DIRECTOS MEDIOS EN SITUACIÓN ACTUAL (€/AÑO)	DAÑOS TANGIBLES MEDIOS EN SITUACIÓN ACTUAL (€/AÑO)	DAÑOS TANGIBLES MEDIOS SOLUCIÓN 1 (MEDIDAS DE GESTIÓN +BIOINGENIERIA) (€/AÑO)	REDUCCIÓN DE DAÑOS TANGIBLES APLICANDO SOLUCIÓN 1 (MEDIDAS DE GESTIÓN +BIOINGENIERIA) (€/AÑO)
Zona/ Municipio	Polop	Polop	Polop	Polop
Barranc de La Canal y del Gulapdar	2.943	3.679	3.311	368
	DAÑOS TANGIBLES MEDIOS SOLUCIÓN 2 (€/AÑO)	DISMINUCIÓN DE DAÑOS TANGIBLES APLICANDO SOLUCIÓN 2 (€/AÑO)	DAÑOS TANGIBLES MEDIOS SOLUCIÓN 1+SOLUCIÓN 2 (€/AÑO)	DISMINUCIÓN DE DAÑOS TANGIBLES APLICANDO SOLUCIÓN 1+SOLUCIÓN 2 (€/AÑO)
Zona/ Municipio	Polop	Polop	Polop	Polop
Barranc de La Canal y del Gulapdar	2.475	1.204	2.107	1.571

8.2.5. ANÁLISIS COSTES – BENEFICIO

Los resultados de este análisis se recogen a continuación

POLOP	ALT 0	ALT1	ALT2	ALT1+ALT2
Barranc de La Canal y del Gulapdar				
PEM		50.000,00 €	33.276,00 €	83.276,00 €
COSTES AMBIENTALES		0,00 €	103,09 €	103,09 €
ANUALIDAD		2.787,76 €	1.958,40 €	4.746,16 €
DISM. RIESGO	0,00 €	367,61 €	1.203,61 €	1.571,22 €
RIESGO RESIDUAL	3.678,61 €	3.311,00 €	2.475,00 €	2.107,39 €



8.3. ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS ALTERNATIVAS

8.3.1. METODOLOGÍA

El estudio de alternativas se ha desarrollado en las siguientes tres etapas.

En la primera etapa se han definido los criterios de análisis de las alternativas planteadas.

La segunda etapa ha consistido en la realización de un análisis multicriterio de cada una de las

posibles soluciones otorgando una puntuación a cada una de ellas en función de cada criterio. Se ha empleado este análisis multicriterio de acuerdo a las recomendaciones del DOCUMENTO DE REFERENCIA DEL “PLAN DIRECTOR DE DEFENSA CONTRA LAS AVENIDAS EN LA COMARCA DE LA MARINA BAJA (ALICANTE)”.

En la tercera etapa se ha aplicado el peso que se había asignado a cada criterio de evaluación y se ha determinado la puntuación final de cada alternativa.

Los criterios de análisis que se emplearon fueron los siguientes:

- o Hidrológico (control de avenidas): capacidad de regulación y laminación de la avenida.
- o Sociopolítico: afecciones de carácter social y cultural en la comarca; modificación de las condiciones de inundación (se aplicaría en el caso de rotura de los embalses de laminación); costes sociales.
- o Medioambiental: movimientos de tierras, modificación del entorno y afección a ecosistemas.
- o Coste – beneficio: relación entre el coste que supone la ejecución de las obras y el beneficio o mejora que aportan a la comarca.

Atendiendo a estos criterios de análisis, cada alternativa ha recibido en cada caso una puntuación específica función de la influencia que sobre ella tuviera el criterio a evaluar en relación con las demás alternativas planteada y asumiendo, lógicamente, que la valorada sería la ejecutada.

La aplicación de este proceso metodológico supone que, partiendo de criterios exclusivamente cualitativos, llega a un resultado final cuantitativo, circunstancia realmente muy importante al permitir la objetivación de lo que expuesto de forma cualitativa puede parecer subjetivo. En este sentido, con el fin de lograr la máxima objetividad en el proceso, se ha optado por un sistema de valoración igualitario, asignando un rango interno de puntuación común a todos los criterios. La siguiente tabla recoge estos valores.

puntuación según la influencia de cada criterio						
	Muy alta	Alta	Moderada	Baja	Muy baja	Ninguna
Influencia	Muy positiva	Positiva	Neutra	Negativa	Muy negativa	-
Puntuación	5	4	3	2	1	0

En el cuadro adjunto se recogen los criterios de evaluación reseñados en los párrafos precedentes y el peso específico asignado a cada uno de ellos.

Criterio	Peso
Hidrológico (Control de Avenidas)	10
Sociopolítico	7
Medioambiental	5
Económico	5

Los pesos establecidos para cada criterio se han fijado de acuerdo con los objetivos del proyecto. Así, por tratarse de su razón de ser, en todas las soluciones analizadas, el criterio hidrológico, es decir, el control de avenidas (efecto sobre la reducción de las avenidas y su laminación), será el que tenga el máximo de los pesos posibles. En segundo lugar se sitúan los aspectos sociopolíticos, dado que son las personas y sus bienes las razones que invitan a efectuar el citado control de avenidas. A continuación se sitúan los aspectos medioambientales, dado que las actuaciones que se lleven a cabo influirán de una manera u otra sobre un medio natural muy antropizado pero de indudable valor y que debe ser, en la medida de lo posible y teniendo en cuenta los objetivos primordiales de las actuaciones planteadas, conservado o, incluso, mejorado.

El peso asignado al criterio económico ha sido el mismo que al criterio medioambiental, ya que este criterio influye decisivamente en el análisis de viabilidad de las soluciones proyectadas, teniendo en cuenta las limitaciones presupuestarias que tienen las administraciones a la hora de poner en práctica este tipo de actuaciones globales, como lo son el presente Plan de Defensa contra Avenidas de la Comarca de la Marina Baja (Alicante)

8.3.2. ANÁLISIS DESDE EL PUNTO DE VISTA DE CONTROL DE AVENIDAS.

A continuación los resultados que desde el punto de vista de control de avenidas supondría cada una de las soluciones planteadas.

A) SOLUCIÓN 0

La situación frente a avenidas permanece como en la actualidad, sin que se resuelva la problemática existente.

B) SOLUCIÓN 1

Desde el punto de vista hidrológico, es decir, de control de las avenidas, la elaboración de cartografía de riesgo de inundación para los barrancos de la Canal y Gulapdar, las colaboraciones para la elaboración y aprobación de Planes de Actuación Municipal ante el riesgo de inundaciones en Polop para la revisión del planeamiento urbano municipal a la vista de los resultados del presente Plan y para la promoción y divulgación del seguro para los bienes afectados por las inundaciones, no van a suponer una mejora de la seguridad, solo van a contribuir a la disminución de los daños producidos por las avenidas.

Desde el punto de vista hidrológico, es decir, de control de las avenidas, va a ser la limpieza y acondicionamiento del cauce así como la protección de las partes bajas de las viviendas que se encuentran en la margen izquierda del Barranc del Gulapdar aguas abajo del puente supondrá una mejora en cuanto a la mitigación total de los efectos de las avenidas, producidos estos sólo para la avenida de 500 años y con unas consecuencias mínimas tanto para las viviendas como para las infraestructuras de Polop

8.3.3. RESULTADO DEL ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

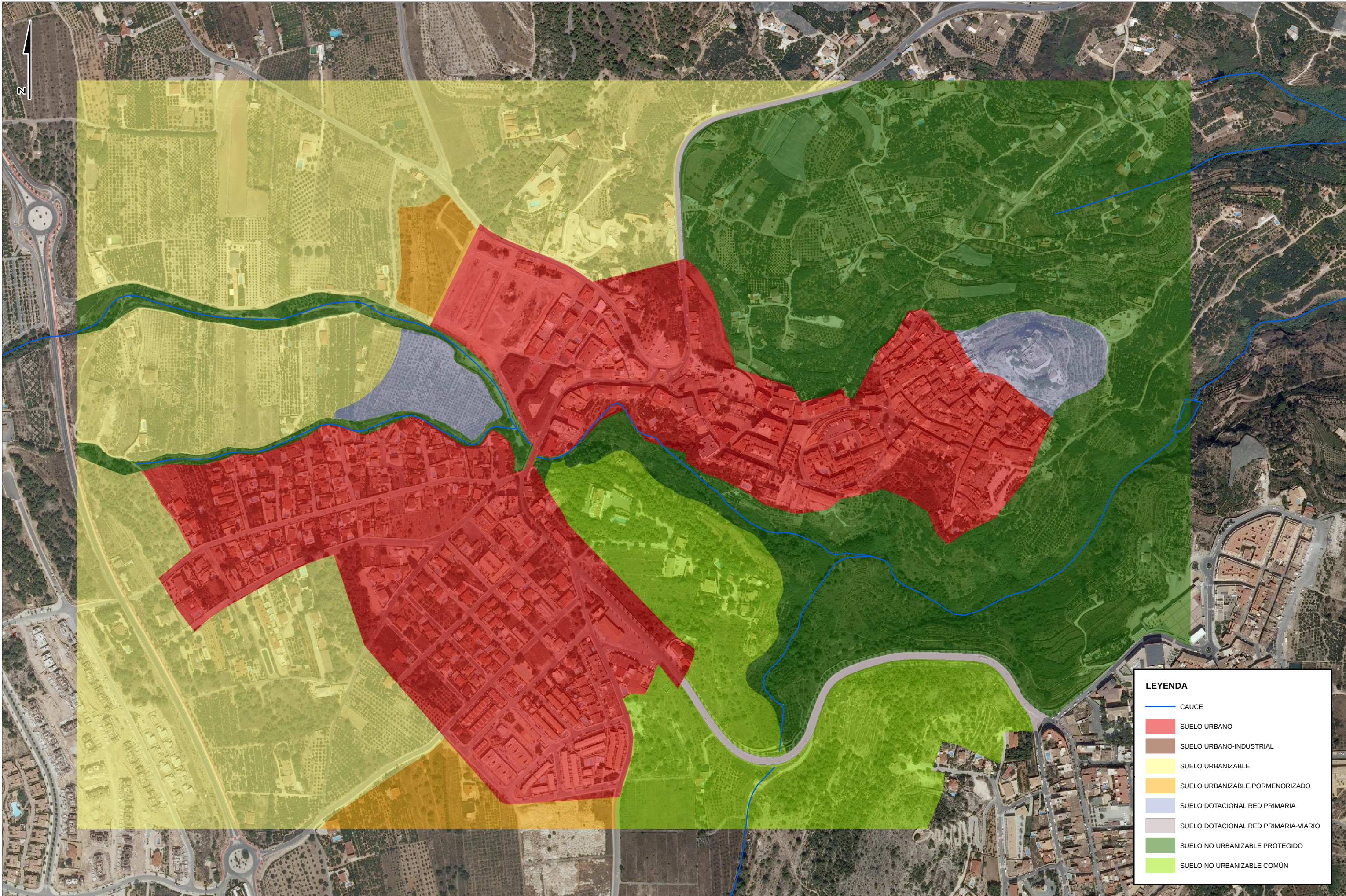
En el cuadro siguiente, se resume el análisis realizado en los epígrafes anteriores y la puntuación final obtenida por cada alternativa planteada.

Criterio	Peso	PUNTUACIÓN (B)					VALORACIÓN (AxB)			
		ALTERNATIVA								
		(A)	0	1	2	1+2	0	1	2	1+2
Control de avenidas	10	0	0	2	2	3	0	20	20	30
Sociopolítico	7	1	1	3	4	4	7	21	28	28
Medioambiental	5	2	2	3	3	3	10	15	15	15
Económico	5	3	3	2	2	2	15	10	10	10
Valoración total de las alternativas							32	66	73	83

Así, una vez analizadas las dos alternativas planteadas y teniendo en cuenta todos los condicionantes de diversa índole que afectan al ámbito sobre el que se actúa, la solución más adecuada (al haber recibido la puntuación más alta) es la solución nº 1+2 "ACTUACIONES DE TIPO NO ESTRUCTURAL, LIMPIEZA DE CAUCE Y PROTECCIÓN DE ESCOLERA EN MARGEN IZQUIERDA DEL BARRANC DEL GULAPDAR EN EL TRAMO URBANO DE POLOP."

9. APÉNDICE 1: PLANOS

9.1. PLANEAMIENTO URBANÍSTICO



LEYENDA

- CAUCE
- SUELO URBANO
- SUELO URBANO-INDUSTRIAL
- SUELO URBANIZABLE
- SUELO URBANIZABLE PORMENORIZADO
- SUELO DOTACIONAL RED PRIMARIA
- SUELO DOTACIONAL RED PRIMARIA-VIARIO
- SUELO NO URBANIZABLE PROTEGIDO
- SUELO NO URBANIZABLE COMÚN

9.2. ACTUACIONES PROPUESTAS. PLANTA GENERAL

9.2.1. ACTUACIONES PROPUESTAS. PLANTA GENERAL. BARRANC DE LA CANAL Y DEL GULAPDAR

