

ESTUDIO DE MEJORA DEL CAMÍ DE LES VALLS ENTRE LA
POBLACIÓ DE FAURA Y LA AUTOVÍA DEL
MEDITERRÁNEO A-7. PROVINCIA DE VALENCIA.

ANEJO N.º 5
HIDROLOGÍA Y DRENAJE



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS





ÍNDICE

	<u>Página</u>
1. OBJETO DEL ANEJO.....	2
2. CLIMATOLOGÍA.	2
2.1. Descripción del territorio.	2
2.2. Pluviometría.....	3
2.3. Temperatura.....	6
2.4. Clasificación climática de la zona.....	6
3. HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA.....	8
3.1. Antecedentes.	8
3.2. Subsistema del Medio Palancia	10
4. HIDROLOGÍA SUPERFICIAL.	18
4.1. Introducción.	18
4.2. Delimitación de cuencas hidrológicas.	19
4.3. Modelo de infiltración. Determinación del umbral de escorrentía.	20
4.4. Cálculo de precipitaciones.....	23
4.5. Determinación de los caudales máximos. Método Racional.....	23
4.5.1. Tiempo de concentración.	25
4.5.2. Coeficiente de uniformidad temporal.....	25
4.5.3. Determinación del coeficiente de escorrentía.....	25
4.5.4. Obtención de la máxima intensidad media.	26
5. DRENAJE.....	29
5.1. Periodo de retorno.	30
5.2. Drenaje longitudinal.	30
5.2.1. Cunetas.....	30
5.3. Drenaje transversal.....	32
APÉNDICE N.º 1. Cuencas Vertientes.....	35



1. OBJETO DEL ANEJO.

El presente anejo se desarrolla en tres fases consecutivas e interrelacionadas. Inicialmente se procede a la elaboración del estudio de Climatología partiendo de los datos climatológicos disponibles de las estaciones meteorológicas existentes en la zona.

Posteriormente se procede al análisis del medio físico donde se asienta la carretera, determinando las cuencas de aportación, las características de las mismas y los caudales de escorrentía que se generan en los puntos de control.

Por último, a partir de los resultados obtenidos en las fases previas descritas, se definen las características de los sistemas de Drenaje (transversal y longitudinal), quedando definidas, de forma precisa, todas y cada una de las obras de drenaje que sea necesario disponer.

Para la elaboración de este apartado se parte de lo establecido en los documentos siguientes:

- Cálculos de Climatología e Hidrología del presente documento, en el que se han identificado dos cuencas que se ven interceptadas por el trazado de la carretera proyectada, se ha llevado a cabo una caracterización hidrológica de la zona en cuestión y se han establecido los caudales que pueden generarse en dichas cuencas para los distintos periodos de retorno.
- Instrucción de Carreteras 5.2---IC “Drenaje Superficial”, editada por el antiguo Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo de España. Esta instrucción se utiliza para el diseño y cálculo de las soluciones adoptadas.
- “Plan de Acción Territorial de carácter sectorial sobre Prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana” (PATRICOVA), publicado por la Consejería de Territorio y Vivienda de la Generalitat Valenciana.

2. CLIMATOLOGÍA.

2.1. Descripción del territorio.

La zona objeto de la actuación se encuentra en la comarca del Camp de Morvedre, más concretamente en la confluencia de los términos municipales de Sagunto, Faura y Benifairó de Les Valls, esta zona se encuentra al norte de la citada comarca, lindando al este con la costa mediterránea y situándose a unos 30 km del área metropolitana de la ciudad de Valencia.

Los tres términos municipales suman una superficie total que alcanza las 13.835 Ha, encontrándose a unos 40 metros de altitud media. A unos 3 Km al sur de la zona de actuación, el término de Sagunto es atravesado de Oeste a Este por el río Palancia, si bien,

dado la distancia que los separa, el tramo de carretera estudiado queda fuera de su zona de influencia.

Los cultivos de cítricos son los principales motores de la economía de la zona, donde el cultivo del naranjo es el que posee una mayor presencia, gracias en parte, al clima de la región, así como a la extensa red de regadío existente en la zona.

Cuenta con un clima mediterráneo, de tipo subtropical, donde los inviernos son moderados y los veranos algo calurosos. Se caracteriza principalmente por poseer un claro periodo seco durante el verano, llegando sus máximas precipitaciones durante el invierno. La posición geográfica que ocupa la Comunidad Valenciana va en detrimento de las precipitaciones, al tratarse de la única costa extensa del Mediterráneo que mira al Este, encontrándose a sotavento de la influencia atlántica. Sin embargo, este mismo posicionamiento geográfico propicia que se den precipitaciones

torrenciales, al permitir que las advecciones de aire mediterráneo tengan el máximo recorrido posible. La precipitación media anual se establece para Valencia en unos 460mm.

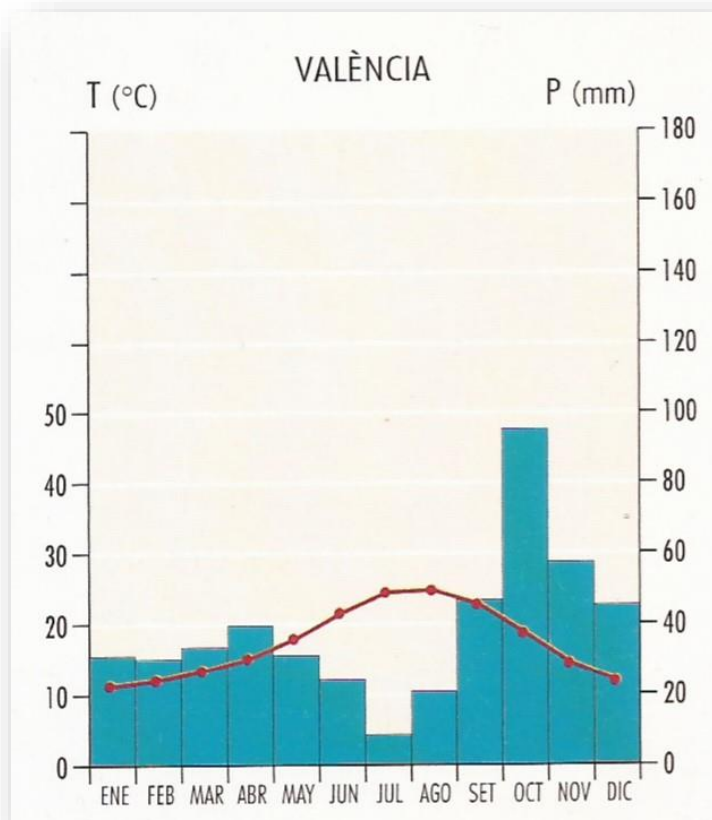


FIGURA 1. DIAGRAMA DE GAUSSSEN DEL OBSERVATORIO DE VALÈNCIA.
FUENTE: ATLAS CLIMÁTICO DE LA COMUNIDAD VALÈNCIANA

2.2. Pluviometría.

Según el Atlas Climático de la Comunidad Valenciana, editado por la Consellería de Obras Públicas, Urbanismo y Transporte de la Generalitat Valenciana, en el año 1994, la zona se enmarca dentro del “Clima de la Llanura Litoral Septentrional” (Zona A del mapa representado en la figura 1). Se trata de un clima que registra unas precipitaciones anuales de unos 450mm, aumentando de Sur a Norte, con un máximo destacado en otoño, un débil máximo secundario en primavera y un período seco estival de unos 4 meses. La temperatura media de enero fluctúa alrededor de los 10°C, y en julio y agosto se aproxima a los 25°C. Un aspecto destacado es la elevada humedad relativa en periodo estival y el

muy frecuente régimen de brisas marinas, que suavizan las temperaturas y aumentan la humedad del aire.

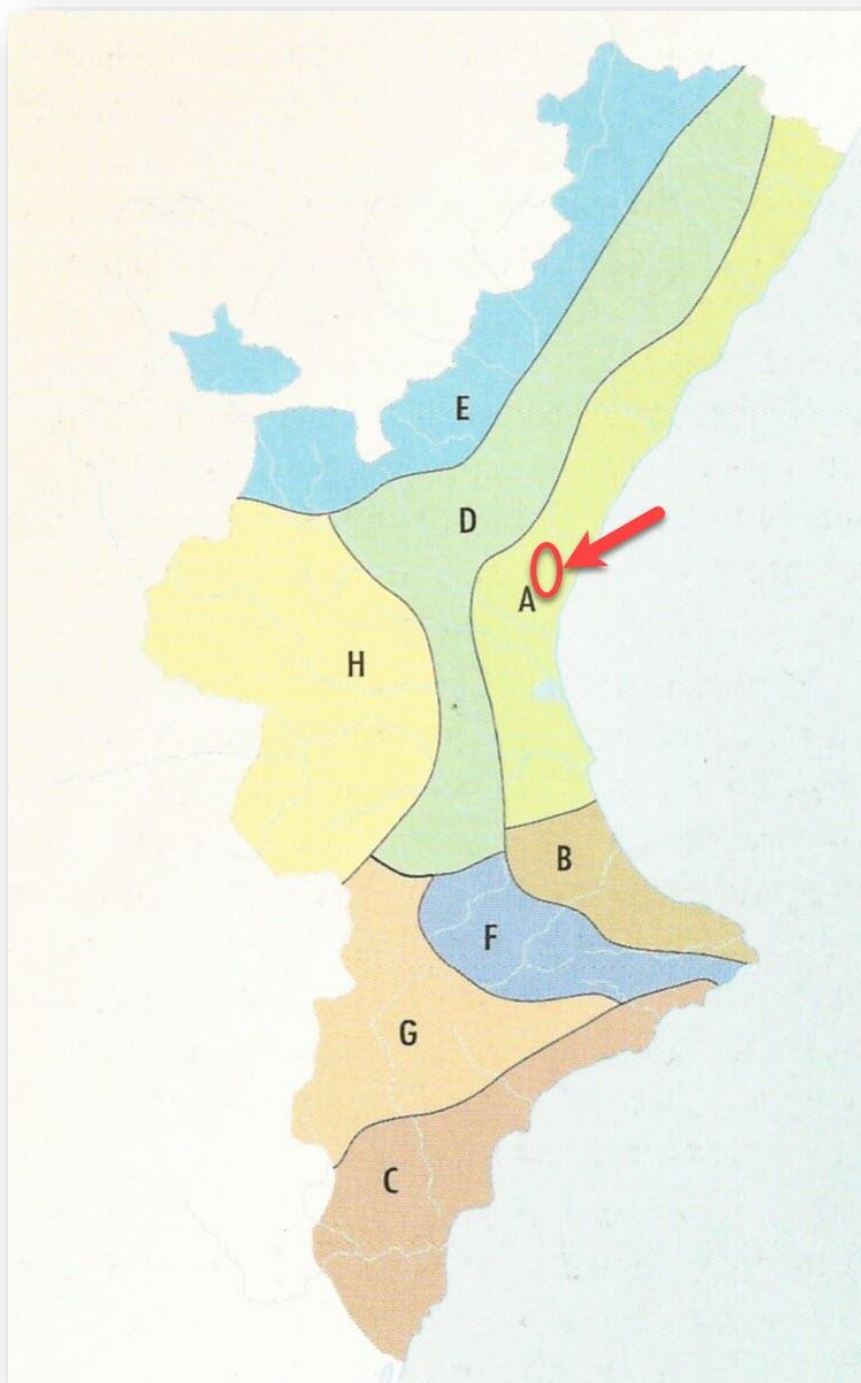


FIGURA 2. MAPA DE ZONAS CLIMÁTICAS DE LA COMUNIDAD VALENCIANA. FUENTE:
ATLAS CLIMÁTICO DE LA COMUNIDAD VALENCIANA.

Los datos de precipitaciones de la zona de estudio han sido obtenidos de la página de la Agencia Estatal de Meteorología. Para ello se ha utilizado el visor del Atlas Climático de la Península y Baleares. Este visor nos permite obtener datos de precipitaciones de un

municipio, de un punto en concreto, o como en nuestro caso, de un área determinada. En la siguiente figura se puede observar el área seleccionada para tal efecto, la cual contiene en su interior la totalidad del tramo de carretera que se pretende llevar a cabo.

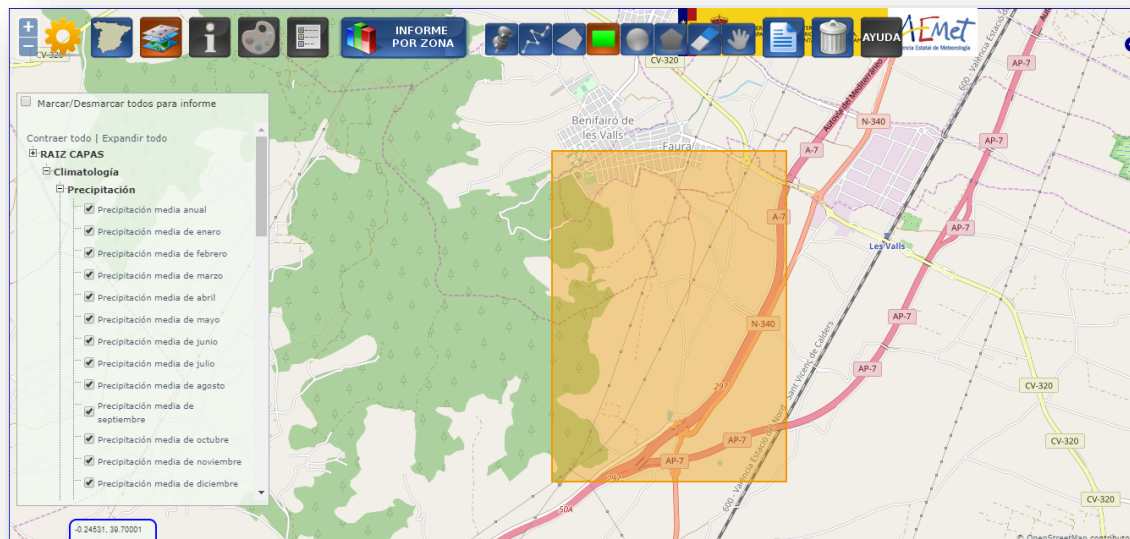


FIGURA 3. ZONA SELECCIONADA PARA LA OBTENCIÓN DE LA PLUVIOMETRÍA. FUENTE: VISOR DEL ATLAS CLIMÁTICO DE LA PENÍNSULA Y BALEARES.

Los datos obtenidos en la mencionada página se exponen en la siguiente tabla:

	<i>Precipitación media (mm)</i>	<i>Precipitación media acumulada (Hm³)</i>
<i>Enero</i>	54	0.49
<i>Febrero</i>	51	0.46
<i>Marzo</i>	74	0.67
<i>Abril</i>	55	0.50
<i>Mayo</i>	30	0.28
<i>Junio</i>	9	0.09
<i>Julio</i>	21	0.19
<i>Agosto</i>	39	0.35
<i>Septiembre</i>	41	0.37
<i>Octubre</i>	32	0.29
<i>Noviembre</i>	24	0.22
<i>Diciembre</i>	35	0.32
ANUAL	469	4.23

TABLA 1. TABLA DE PRECIPITACIÓN MEDIA Y PRECIPITACIÓN MEDIA ACUMULADA.

2.3. Temperatura.

Los datos de temperatura se han obtenido de la misma manera que los pluviométricos representados en el apartado anterior.

En la siguiente tabla se muestran dichas temperaturas:

Datos en °C	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Temperatura máxima media	15.3	16.4	18.1	19.9	22.6	26.0	29.0	29.3	27.0	22.8	18.8	16.0	21.8
Temperatura mínima media	3.9	4.6	5.4	7.5	10.9	14.8	17.7	18.5	16.0	12.0	7.7	5.1	10.3
Temperatura media	9.6	10.6	11.8	13.7	16.7	20.4	23.4	23.9	21.5	17.4	13.3	10.5	16.0

TABLA 2. TABLA DE TEMPERATURA MEDIA Y TEMPERATURA MEDIA ACUMULADA.

2.4. Clasificación climática de la zona.

Cada zona geográfica se puede clasificar atendiendo a una serie de factores. A continuación, se exponen diferentes clasificaciones que se basan en diferentes aspectos del clima.

- Clasificación de SUPAN.

La clasificación de Supan atiende a la temperatura media anual, y clasifica cada zona según dicha temperatura:

- Temperatura mayor de 20°C: *Clima cálido.*
- Temperatura entre 10 y 20°C: *Clima templado.*
- Temperatura menor de 10°C: *Clima frío.*

Nuestra zona de estudio tiene una temperatura media anual de 16°C. Según esta clasificación el clima de la zona es **templado**.

- Clasificación de KÖPPEN.

La clasificación de Köppen se basa en zonas térmicas, y el área donde se desarrollarán las obras correspondientes al presente proyecto corresponden con la denominación Csa, donde:

- C: clima templado y húmedo. $-3^{\circ}\text{C} < T_{\text{med}} < 18^{\circ}\text{C}$ en el mes más frío y $T_{\text{med}} > 10^{\circ}\text{C}$ en el mes más cálido. En nuestro caso:
 - T_{med} del mes más frío = 9,6°C.
 - T_{med} del mes más cálido = 23,9°C.
- s: estación seca en verano.
- a: T_{med} del mes más cálido $> 22^{\circ}\text{C}$. En nuestro caso:
 - T_{med} del mes más cálido = 23,9°C.

Esta denominación es característica del **clima mediterráneo**.

- **Clasificación según la diferencia de temperaturas.**

Teniendo en cuenta la diferencia de temperatura entre el mes más cálido, y el más frío, la clasificación del clima es la siguiente:

- Diferencia menor de 10°C: *Clima regular*.
- Diferencia entre 10 y 20°C: *Clima moderado*.
- Diferencia superior a 20°C: *Clima extremo*.

En nuestro caso:

- T_{med} del mes más cálido = 23,9°C.
- T_{med} del mes más frío = 9,6°C.

Esto supone una oscilación de 14.3°C. El clima se clasifica como **moderado**.

- **Clasificación según índice termo pluviométrico.**

Se define el índice termo pluviométrico como:

$$I_{tp} = \frac{100 * t}{R}$$

Los símbolos de la anterior fórmula se definen como:

- I_{tp} : índice termo pluviométrico.
- t : temperatura media anual en °C.
- R : precipitación media anual en mm.

En nuestro caso, los valores numéricos asociados a cada factor son los siguientes:

$$\begin{cases} t = 16.0^{\circ}\text{C} \\ R = 469 \text{ mm} \end{cases} \rightarrow I_{tp} = 3.41$$

La clasificación establecida por este índice es la siguiente:

- I_{tp} entre 0 y 2: *Zonas húmedas*.
- I_{tp} entre 2 y 3: *Zonas semiáridas*.
- I_{tp} entre 3 y 6: *Zonas áridas*.
- I_{tp} mayor de 6: *Zonas subdesérticas*.

Así pues, dado el I_{tp} obtenido, nuestro clima corresponde a **Zonas áridas**.

Resumiendo, en la zona donde se va a llevar a cabo la actuación, el clima se caracteriza por ser:

- Templado.
- Mediterráneo.
- Moderado.
- Zona árida.

3. HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA.

3.1. Antecedentes.

Bajo la denominación de Sistema Acuífero de la Sierra de Espadán-Planas de Castellón y Sagunto se incluye un conjunto de subsistemas acuíferos ubicados en la mitad meridional de la provincia de Castellón, sector septentrional de la provincia de Valencia y extremo oriental de la de Cuenca.

El sistema ocupa una superficie de 3250 km² de forma aproximadamente triangular, con vértice en las localidades de Landete, Puzol y Benicasim, y presenta una topografía sumamente diversificada, que varía entre los abruptos relieves triásicos y jurásicos de la Sierra del Espadán y Sierra de Toro, con cotas superiores a 1100 m.s.n.m., las altiplanicies Cretácicas y miocenas de Alpuente y Landete, respectivamente, situadas a cota superior a 1000 m.s.n.m., y las llanuras costeras pliocuaternarias de Castellón y Sagunto.

Los contrastes topográficos de relieve condicionan la variedad climática que se registra en el ámbito del sistema. En la zona costera, el clima es de tipo mediterráneo litoral con inviernos templados y veranos cálidos y secos. Las temperaturas medias anuales oscilan entre 16,5°C y 17,5°C, con máximas de 24,5°C en agosto y mínimas de 10,6°C en enero y febrero.

Las tierras altas de la mitad occidental del sistema poseen un clima extremadamente continental, con medias comprendidas entre 9,5°C y 13°C, y un gradiente negativo del orden de 1°C por cada 100 m.

La precipitación anual media varía entre 480 mm, en las planas litorales, y valores superiores a 700 mm, en la sierra de Toro. Su distribución a lo largo del año presenta dos máximos anuales: uno absoluto en octubre y otro relativo al final de la primavera, durante los cuales se produce el 70% de las precipitaciones totales. Los valores mínimos coinciden con el estío -el más intenso- y durante el invierno; son meses en los que la precipitación oscila entre el 1 y 5% del total anual.

La red de drenaje está constituida fundamentalmente por los ríos Turia, Mijares y Palancia. Entre los de menor entidad cabe citar los ríos Seco, Belcaire, Albentosa, Montan, Bco. de Carraixet y nacimiento del Río Tuejar. El primero atraviesa el extremo occidental del Sistema en dirección norte-sur, profundamente encajado en materiales jurásicos a los cuales drena en una cuantía estimada en 26 hm³/año. El río Mijares discurre cercano al límite septentrional del sistema, para adentrarse aguas abajo del embalse de Sichar, en la Plana de Castellón. La relación río-acuífero es compleja y se caracteriza por presentar un carácter netamente efluente hasta el embalse de Sichar (17 hm³/año) para pasar a influente aguas abajo del mismo, con unas pérdidas -excluidas las que se producen en dicho embalse (25 hm³/año)- estimada en 36 hm³/año.



El río Palancia es el único de los grandes ríos que desarrolla su cuenca íntegramente en el interior del sistema. A lo largo de sus 85 km de trazado presenta una estrecha relación con los acuíferos que atraviesa, drenándolos y alimentándolos alternativamente. El balance neto de dicha relación, aguas arriba del embalse del Regajo, es una aportación al caudal base del Palancia estimada en 12 hm³, incluyendo en esta cifra los aportes de numerosos manantiales no situados en el cauce del río, mientras que aguas abajo de dicho embalse el río permanece gran parte de año seco al ser netamente influente.

Las aportaciones de estos ríos y sus afluentes están reguladas por los embalses de Arenós, Schar y M.^a Cristina, en la cuenca del río Mijares y el embalse del Regajo sobre el río Palancia. Los tres primeros se ubican fuera de los límites del sistema, si bien muy próximos al mismo, ejerciendo una notable influencia en su funcionamiento. La aportación conjunta regulada por todos ellos es de 212 hm³/año, con una garantía del 96%.

El sistema está integrado por cuatro formaciones con interés hidrogeológico:

- Areniscas ortocuarcíticas del Buntsandstein.
- Calizas y dolomías del Lías-Dogger.
- Calizas y dolomías del Cretácico Superior.
- Gravas, arenas y conglomerados pliocuaternarios.

La importancia relativa de las mismas varía según las zonas: en el sector occidental predominan las formaciones acuíferas del Jurásico y en menor escala, las del Cretácico; en el sector oriental el interés se centra casi exclusivamente en los materiales Pliocuaternarios y en las calizas y dolomías del Muschelkalk, mientras que las areniscas del Buntsandstein presentan un interés mucho más restringido.

El área ocupada por el sistema se incluye en su totalidad en la Cordillera Ibérica, y la tectónica que le afecta es típicamente Germánica. El estilo de plegamiento varía notablemente de unos materiales a otros en función de su posición estratigráfica: mientras que los materiales cretácicos presentan una estructura a menudo horizontal, el Jurásico presenta pliegues mucho más violentos, y el Buntsandstein y Muschelkalk se caracterizan por la existencia de una densa red de fallas que individualizan gran número de bloques.

Los límites hidrogeológicos del sistema están definidos en función de la presencia de alineaciones triásicas de naturaleza diapírica: el límite septentrional está constituido por los afloramientos triásicos de la transversal de Sta. Cruz de Moya-Manzanera, que se prolongan hacia el E con los de San Agustín, Arañuel, Cirat y Argelita; el límite occidental coincide con los afloramientos diapíricos de Keuper existentes entre Pedro Izquierdo y Landete, y el contacto triásico-jurásico entre esta localidad y Garaballa; el límite meridional con la transversal triásica de Talayuela-Higueruela en la mitad oeste, mientras que en la mitad oriental el límite es abierto y en ocasiones convencional, contactando a través del mismo con los materiales miocenos del campo de Liria y miocuaternario de la Plana de Valencia. Por último, el límite oriental es abierto y está constituido por el Mar Mediterráneo, con el que existe libre conexión.



En el sistema existen dos dominios sedimentarios con claras implicaciones hidrogeológicas:

- Planas de Castellón-Sagunto.
- Acuíferos mesozoicos del interior.

El primero está constituido por niveles acuíferos pliocuaternarios de la llanura costera, que se extienden entre Benicasim y Puzol, mientras que el segundo engloba el conjunto de unidades acuíferas ubicadas en los materiales mesozoicos del interior, individualizados en función de la existencia de estructuras con significación hidrogeológica.

El funcionamiento hidráulico del sistema se caracteriza por la existencia de cuatro sectores diferenciados, coincidentes a grandes rasgos con las cuencas vertientes a los Ríos Turia, Alto Palancia, Medio Palancia-Mijares y Plana de Castellón-Sagunto.

3.2. Subsistema del Medio Palancia

Introducción

Se sitúa en el curso medio del río Palancia, entre las poblaciones de Segorbe y Sagunto, donde ocupa una superficie de 478 km², a grandes rasgos coincidente con el sector interior de la Comarca del Camp de Morvedre, al noroeste de la provincia de Valencia y suroeste de la de Castellón.

El subsistema está ubicado en una depresión de relieve irregular, con numerosos cerros y colinas modeladas en materiales del Muschelkalk y franqueadas por dos importantes alineaciones montañosas de directriz ibérica: la Sierra de Espadán y el macizo de Gátova-Náquera.

La mayor parte del subsistema se sitúa a una cota comprendida entre 400 y 500 m.s.n.m., con la excepción del apéndice septentrional del mismo, que alcanza hasta 900 m.s.n.m.

La red de drenaje está dominada por el Río Palancia, que atraviesa el subsistema de NO a SE y del cual son tributarios la mayoría de las ramblas y barrancos existentes, con excepción de los situados en el sector de Quart-Vall de Uxó, que vierten directamente al mar Mediterráneo.

La población es relativamente densa (20536 hab.), si bien desigualmente repartida en 20 núcleos urbanos, los más importantes de los cuales se ubican a lo largo del curso del río Palancia (Segorbe, Soneja y Estivella) y proximidad de manantiales importantes (Altura). Se excluye como población asentada en el subsistema a la mayor parte de las situadas en su borde oriental (entre las que cabe citar algunas tan importantes como Sagunto, Vall de Uxó y Almenara, con una población conjunta de 85936 habitantes) pero que desarrollan la mayor parte de su término municipal y actividad económica en las planas costeras limítrofes.



La actividad económica en el subsistema es comparativamente más intensa que en el resto de los subsistemas del interior, sin duda debido a la proximidad de las poblaciones antes citadas, así como a la existencia de buenas vías de comunicación.

Los principales recursos económicos derivan de la agricultura. La superficie dedicada a los regadíos asciende a 5794 ha, de las cuales 2559 ha corresponden a las ubicadas en los bordes orientales del subsistema -término de Sagunto, Vall de Uxó y Almenara- en donde predominan los cítricos, en tanto que la superficie restante se encuentra muy repartida por el interior del subsistema, destacando al respecto los regadíos de Segorbe, con 1079 ha distribuidos por el interior del subsistema, al 40 y 60% respectivamente entre los cultivos herbáceos y leñosos.

Los cultivos de secano ocupan una extensión de 16817 ha dedicadas al cultivo del algarrobo, olivo, vid y cereales, mientras que las zonas montañosas se hallan prácticamente desprovistas de vegetación o con un incipiente monte bajo, ya que la masa forestal, que tradicionalmente constituía una de las principales fuentes de riqueza de la comarca, se encuentra en la actualidad esquilmada, primero por la tala abusiva de hace escasas décadas y, posteriormente, por la proliferación de incendios forestales.

La actividad ganadera es especialmente intensa en los términos de Vall de Uixó, Sagunto y Segorbe.

La actividad industrial adquiere aquí en este subsistema mayor relevancia que en los anteriormente descritos, si bien se encuentra desigualmente repartida. En Segorbe, se concentran 34 de las 46 industrias contabilizadas, las cuales emplean a 697 obreros, cifra que representa el 77% de la población empleada en el sector. Destaca sobre todas, la industria cerámica, también radicada en Segorbe, que ocupa a 221 personas, la industria papelera, que da trabajo a 62 personas en Soneja y, sobre todo, Alfara de Algimia, y la de curtidos, que ocupa a 31 personas en Segorbe. Las industrias del sector de la alimentación están muy repartidas, y son de escasa entidad, presentando en la mayoría de los casos carácter familiar.

Hidrogeología

El subsistema coincide con un amplio sinclinorio situado entre las Sierras de Espadán y el macizo de Gátova-Náquera, y está constituido por los tramos carbonatados inferior y superior del Muschelkalk, de 100 y 80 m de espesor respectivamente. Las arcillitas del Bunt que afloran en los flancos de dichas sierras, constituyen el sustrato impermeable, así como los límites nororiental y suroccidental. Hacia el noroeste, los materiales acuíferos se hunden bajo el jurásico de Jérica estableciéndose el límite en los afloramientos de Keuper de Altura y Segorbe.

Hacia el sureste limita con los materiales pliocuaternarios de la Plana de Sagunto y sector meridional de la plana de Castellón.

Las características hidráulicas son sumamente variables incluso en puntos muy próximos. Los resultados de las prospecciones oscilan entre numerosos sondeos nulos y



otros con caudales específicos superiores a 15 l/seg/m, si bien las más frecuentes están comprendidas entre 1 y 5 l/seg/m.

El flujo se efectúa en dirección sureste con un fuerte gradiente, que en promedio alcanza un valor próximo al 2%, aparentemente incompatible con la transmisividad que poseen estos materiales, lo que denuncia una alta compartimentación, debida a la tectónica de bloques que afecta a la región. El nivel piezométrico, en la zona más septentrional, oscila entre 320 m.s.n.m. en Castellnovo y 200 m.s.n.m. en Sot de Ferrer, 250 m.s.n.m. en el sector nororiental, 75-100 m.s.n.m. en el central y entre 10 y 40 m.s.n.m. en las proximidades de la plana.

El régimen de la capa es muy variable de unas zonas a otras: en la zona occidental las Oscilaciones anuales son del orden de 35 a 15 m en las inmediaciones de Gilet, y de escasa significación en la zona central. Salvo en el sector septentrional la evolución de los niveles piezométricos es descendente.

La alimentación del subsistema se produce por los siguientes conceptos:

- Extracciones mediante bombeos.
- Salidas por emergencias.
- Transferencia lateral a las Planas de Castellón y Sagunto.

Las extracciones por bombeos se cifran en 29,0 hm³/año, localizándose las mayores concentraciones en sectores como Los Valles, camino Viejo de Teruel y en el Llano de Arguinas, en donde se detecta una importante evolución descendente de los niveles piezométricos.

Un capítulo importante de la descarga del Subsistema está constituido por las salidas a través de emergencias. Estas tienen lugar por los manantiales de San José, Quart, La Llosa y Almenara, todas ellas situadas en las proximidades del contacto de las dolomías con las planas litorales, y por los manantiales de Arguinas y Soneja, situados en el interior.

El caudal medio de los primeros oscila entre 6-7 hm³/año en el manantial de Quart y 1,5 hm³/año en los de La Llosa y San José, respectivamente. El funcionamiento de los mismos es, en la actualidad, discontinuo, con períodos secos durante el estiaje debido a la afección a la que están sometidos, si bien todos ellos presentan la particularidad de responder con gran rapidez e incluso espectacularidad, a las precipitaciones importantes.

En el interior, cabe destacar los manantiales de Soneja y Arguina. Las aportaciones anuales varían entre 13 hm³/año para el primero y 0,75 hm³/año el segundo, el cual presenta una importante merma en la actualidad debido a la afección a la que está sometido.

Las salidas laterales a la plana de Sagunto alcanzan un valor medio de 23,0 hm³/año, y al sector meridional de la Plana de Castellón, 8,0 hm³/año.

El funcionamiento hidrogeológico se puede sintetizar en el siguiente balance:

Entradas

<i>Infiltración río Palancia</i>	10 hm ³ /año
<i>Infiltración lluvia</i>	44 hm ³ /año
<i>Entradas laterales del Subsistema de Jérica-Alcublas</i>	29 hm ³ /año
Total	83 hm³/año

Salidas

<i>Salidas por emergencias</i>	23 hm ³ /año
<i>Bombeos netos</i>	29 hm ³ /año
<i>Salidas laterales:</i>	
<i>Plana de Sagunto</i>	23 hm ³ /año
<i>Plana de Castellón</i>	8 hm ³ /año
Total	83 hm³/año

Usos del agua subterránea

El consumo de agua subterránea es elevado debido a la creciente, y sólo parcialmente satisfecha, demanda agrícola. A ello hay que añadir las salidas de aguas de este subsistema con destino a la Plana de Sagunto, para el abastecimiento urbano de Sagunto y satisfacer la creciente demanda agrícola de aguas de aceptable calidad, con las que sustituir los caudales suministrados por los pozos salinizados del litoral. En conjunto, el uso de agua en el subsistema alcanza la cifra de 37,4 hm³/año repartida como sigue:

Utilización del agua para abastecimiento urbano

La población abastecida es de 20536 habitantes de hecho, experimentándose en los meses estivales un incremento difícil de cuantificar, pero que en cualquier caso supera la cifra de 45000 habitantes. El consumo de agua es de 2,13 hm³/año, cifra en la que se incluye el consumo de pequeñas industrias conectadas a la red de distribución urbana.

La procedencia del agua varía según los sectores: así, en el sector más septentrional (Higueruelas, Pavías, etc.) el abastecimiento consiste en el aprovechamiento de pequeños manantiales colgados, que en los meses estivales de años secos son insuficientes para suministrar el caudal demandado. En la actualidad este problema tiende a solucionarse con la perforación de pozos que captan el nivel piezométrico regional, si bien en los casos de Pavías, Algimia de Almonacid, y Vall de Almonacid, el suministro es actualmente deficitario. En el caso de Segorbe, Altura y Soneja el abastecimiento consiste en el aprovechamiento de manantiales de entidad, que en los dos primeros casos deben considerarse ligados al



subsistema de Jérica-Alcublas, cuyas aguas, por tanto, deben considerarse como externas al subsistema del Medio Palancia.

En el resto de las poblaciones es frecuente el abastecimiento mixto, basado en un sondeo y en el aprovechamiento de manantiales colgados de escasa entidad.

A la cifra arriba señalada hay que añadir una cantidad próxima a 1,5 hm³/año, en su mayor parte derivados del manantial de Soneja, destinados al abastecimiento de Sagunto.

Utilización del agua en regadío

La superficie regada en el subsistema alcanza la cifra de 5800 ha, de las cuales, 4300 ha están dotadas con aguas subterráneas, en tanto que las 1500 ha restantes lo están con aguas de procedencia mixta, que en cualquier caso deben considerarse como externas, ya que en su mayor parte proceden del río Palancia, o del aprovechamiento de manantiales representativos del subsistema de Jérica-Alcublas.

Estos regadíos se localizan fundamentalmente en los términos de Segorbe, Altura, Castellnovo, Soneja, Sot de Ferrer y Geldo, mientras que los restantes se ubican en zonas próximas al río Palancia y bordes laterales del subsistema, y en rigor también deberían considerarse riegos mixtos ya que existen concesiones a partir del río Palancia, si bien sólo en contadas ocasiones se puede hacer uso de tal derecho habida cuenta de la limitada regulación que el embalse del Regajo ejerce sobre este río.

El consumo de agua se estima alcanza 35 hm³/año, de los cuales aproximadamente 25 hm³/año corresponden a aguas subterráneas del subsistema, en su mayor parte extracciones, en tanto que 10 hm³/año corresponden a aguas procedentes del río Palancia y aprovechamiento de manantiales ligados a otros subsistemas.

La exportación de agua a la Plana de Sagunto se estima en 4 hm³/año.

Utilización del agua en ganadería

El consumo de agua en este sector alcanza la cifra de 0,18 hm³/año. Como se indicó anteriormente se trata de ganadería de tipo estabular, que se abastece fundamentalmente del aprovechamiento de pequeños manantiales o pozos someros.

Utilización del agua en la industria

El consumo de agua en actividades industriales asciende a 0,64 hm³/año, esta agua procede del río Palancia, como en el caso de las industrias papeleras de Soneja y Alfara de Algimia, o mediante la conexión a la red de distribución urbana. La práctica totalidad de las industrias asentadas en Segorbe, Castellnovo y Altura, se abastecen mediante esta última modalidad, por lo que se puede afirmar que se trata de aguas externas al subsistema.

La única industria de la que se tiene noticia que se abastece de aguas subterráneas mediante captación propia se localiza en Soneja y corresponde al sector químico (actividades pirotécnicas) con consumo inferior a 0,1 hm³/año.

Calidad subterránea del agua

La calidad química del agua subterránea muestra una elevada dispersión según los sectores. Característica común a la mayoría de las muestras es su carácter sulfatado cálcico-magnésico, si bien difieren notablemente en cuanto a su grado de mineralización, hasta el punto de que en ocasiones no son aptas para usos agrícolas.

En algunos sectores del límite oriental, próximos a la plana (Almenara, Moncófar y Chilches) son frecuentes las facies cloruradas sódicas o cálcico-sódicas.

El contenido iónico varía entre los siguientes límites:

Calcio	40-400 mg/l
Magnesio	7-210 mg/l
Sodio	10-500 mg/l
Cloruros	20-600 mg/l
Sulfatos	30-1800 mg/l
Bicarbonatos	130-350 mg/l
Nitratos	2-165 mg/l
Residuo seco	450-3300 mg/l

No obstante, esta elevada dispersión, y si se exceptúan las zonas orientales con intrusión salina o áreas concretas con aguas muy mineralizadas (Soneja, Arguinas, etc.), el contenido iónico varía entre límites más estrechos.

Las mayores proporciones de calcio -entre 300 y 400 mg/l- se observan en la zona de Soneja-Sot de Ferrer-Algimia de Alfara, donde además, se obtienen concentraciones elevadas de magnesio (60-70 mg/l).

Los valores más elevados de contenido en magnesio -entre 90 y 180 mg/l- se registran al norte de Sagunto, Balsas de Almenara y Castellnovo, y se relacionan con fenómenos de intrusión marina en los dos primeros casos, y de prolongado tiempo de residencia de las aguas en el acuífero en el último.

El contenido en sodio es relativamente homogéneo en la casi totalidad de los análisis disponibles, estando comprendido normalmente entre 14 y 50 mg/l. Algo similar sucede con los cloruros, cuyas concentraciones varían en la mayoría de los casos entre 20 y 80 mg/l, excepto en las inmediaciones de La Llosa, donde se alcanzan valores de 100 a 150 mg/l. Las cantidades más elevadas de sodio y cloruros (250-400 mg/l y 400-600 mg/l, respectivamente) se registran en los mismos puntos donde se observan las mayores concentraciones de magnesio y obedecen a las mismas causas. En la zona occidental de Chilches se observan contenidos moderadamente elevados de sodio (entre 70 y 150 mg/l) y de cloruros (entre 185 y 360 mg/l), relacionados con intrusión marina. En el caso del

sondeo profundo n.º 3026-1-089, el contenido elevado de estos iones está motivado por fenómenos de mezcla agua dulce-agua salada, sin que se pueda afirmar la existencia de procesos de intrusión marina.

Las mayores concentraciones de sulfatos se obtienen en la zona de Castellnovo-Soneja-Algimia de Alfara, con valores habituales de 750 a 850 mg/l, alcanzándose máximos de 1000 mg/l en Sot de Ferrer (n.º 2926-2-040) e incluso 1800 mg/l al SE de Castellnovo (n.º 2925-6-024), originados por la disolución de yeso, anhidrita y terrenos yesíferos de la facies Keuper, ampliamente representada en esta zona. En el resto del subsistema no se sobrepasan los 500 mg/l.

El contenido en bicarbonatos es muy homogéneo, entre 200 y 350 mg/l en todos los casos. En los puntos n.º 3-005, 4-044 (Grutas de San José), 6-014 y 6-027 (abastecimiento a Torres-Torres), pertenecientes todos ellos a la hoja topográfica de Sagunto, el contenido relativo de los bicarbonatos es elevado con relación al resto de los aniones, llegando incluso a ser aguas de facies bicarbonatadas. Presentan además baja mineralización debido, posiblemente a circulación rápida a través de fracturas (entre 488 y 690 mg/l).

Los valores más altos del residuo seco se producen en las zonas con problemas de intrusión marina, comentadas anteriormente, al tratar el tema de los cloruros. En el sondeo n.º 2925-6-024, situado en término de Castellnovo, se alcanza el valor máximo de mineralización, 3.300 mg/l, atribuyéndose este hecho a la disolución (de terrenos yesíferos circundantes de la facies Keuper y a un prolongado tiempo de residencia de las aguas en el acuífero, fenómeno que estaría justificado por la existencia de eventuales compartimentos con escasa alimentación y, consiguientemente, mínima renovación de sus aguas.

La evolución de la calidad química, de las aguas del acuífero, se caracteriza por el progresivo incremento de su contenido iónico, especialmente patente en lo que se refiere a nitratos, que en algunos puntos destinados al abastecimiento urbano superan con asiduidad el límite fijado por la Reglamentación Técnico-Sanitaria, y en menor escala, el contenido en bicarbonatos. En zonas localizadas se observan crecimientos espectaculares en el contenido en sulfatos.

La calidad del agua subterránea destinada al abastecimiento urbano puede considerarse aceptable en las poblaciones del interior y deficientes en las situadas en los márgenes del río Palancia y bordes orientales. En el primer caso los problemas derivan del carácter extremadamente sulfatado de las aguas y eventualmente del contenido en nitratos. En estas circunstancias se encuentran Algar del Palancia, Algimia de Alfara, Alfara de Algimia, Sot de Ferrer y Estivella, que superan los límites fijados por la Reglamentación Técnico-Sanitaria en los siguientes iones:

	Sulfatos	Calcio	Magnesio	Nitratos (mg/l)
<i>Algar del Palancia</i>	690	254	88	87
<i>Algimia de Alfara</i>	1246	511	76	-
<i>Alfara de Algimia</i>	433	-	64	-

<i>Sot de Ferrer</i>	1008	366	64	-
<i>Estivella</i>	-	-	52	-

En el caso de los municipios situados en el borde oriental del subsistema, los problemas en la calidad de las aguas para abastecimiento urbano residen fundamentalmente en su elevado contenido en nitratos y, en ocasiones, en su carácter extremadamente sulfatado. Los municipios más significativos en este aspecto son los integrados en la mancomunidad de Los Valles, todos los cuales superan los límites fijados de potabilidad en uno o más componentes, tal como se indica a continuación:

	Nitratos	Sulfatos	Calcio	Magnesio (mg/l)
<i>Quart de Les Valls</i>	72	470	200	68
<i>Benifairó de Les Valls</i>	80	576	-	-
<i>Faura</i>	79	-	-	-
<i>Quartell</i>	-	500	-	68

Por último, cabe citar el caso de Sagunto, que cuenta para su abastecimiento con el importante manantial de Soneja (2926-2-006) y cuatro sondeos, todos ellos pertenecientes a este subsistema, con calidad deficiente ya que superan en uno o varios componentes los límites de potabilidad.

En el caso del manantial de Soneja se rebasan los límites de los siguientes componentes:

- Sulfatos: las concentraciones oscilan entre 720 mg/l y 936 mg/l, y no se observan grandes oscilaciones en las 15 campañas realizadas, manteniéndose normalmente entre valores de 760 y 860 mg/l. Actualmente tiene tendencia a disminuir.
- Magnesio: los valores punta están comprendidos entre 58 y 109 mg/l, los valores más usuales oscilan entre 61 y 79 mg/l. Actualmente tiende a disminuir.
- Calcio: los contenidos están comprendidos entre 240 y 340 mg/l. Actualmente tiende a disminuir, estableciéndose en 300 mg/l.
- Residuo seco: el contenido se sitúa entre los valores 1113 y 1730 mg/l, sobrepasando los límites de potabilidad el 50% de las campañas realizadas. Se observa una estabilización en las primeras campañas, próximas al límite, para ir aumentando en las siguientes, hasta la penúltima campaña donde se da el valor máximo de contenido. Actualmente descendió considerablemente manteniéndose por debajo de los límites de potabilidad.

En los otros cuatro pozos de abastecimiento, los contenidos de los diferentes componentes varían entre los siguientes valores:

Sulfatos: su concentración varía entre 400-680 mg/l. Se sobrepasan en tres pozos los límites.

- Nitratos: Varía entre 47-118 mg/l. Se sobrepasa en tres pozos los límites.
- Calcio: Varía entre 216-236 mg/l. Se sobrepasa en dos pozos los límites.

- Magnesio: Varía entre 30-61 mg/l. Se sobrepasa en dos pozos los límites de potabilidad.

El residuo seco oscila entre 1220 y 1590 mg/l, y se sobrepasa el límite únicamente en un pozo.

En relación con la presencia de componentes tóxicos, cabe citar el manantial de Soneja, que en repetidas campañas ha puesto de manifiesto la presencia de metales pesados, tales como Pb, Hg, Cd y detergentes, si bien en concentraciones inferiores a las admisibles con la excepción de las campañas de 5-77 -1,5 mg/l de detergente, y la de 10-79, con 0,11 mg/l de Pb.

Hay además una serie de abastecimientos en los cuales se detecta una ligera contaminación orgánica con indicios de nitritos, sin sobrepasar los límites de potabilidad.

4. HIDROLOGÍA SUPERFICIAL.

4.1. Introducción.

El objeto de este apartado es determinar el caudal de diseño de cada una de las obras de drenaje del nuevo Camí de Les Valls. Para ello nos basaremos en los criterios que marcan las siguientes publicaciones:

- Instrucción de Carreteras 52.-IC “Drenaje Superficial”, del año 2016.
- Documento “*Máximas llovias diarias en la España Peninsular*” editado por la Dirección General de Carreteras (Ministerio de Fomento).

La geomorfología de la zona es tal que la dirección de la escorrentía superficial del terreno es perpendicular a la dirección de la traza de la carretera por lo que se interceptarán las cuencas existentes y será necesario ejecutar obras de drenaje transversal. Por tanto, existe la necesidad de desaguar tanto la escorrentía transversal como la longitudinal.

La carretera proyectada está afectada por varias cuencas, en concreto podemos diferenciar dos cuencas que cruzan el Camí de Les Valls en sendos puntos de su trazado.

La cuenca situada más al norte abarca un área de 78,43 ha y una longitud de cauce principal de 1,422 Km. Este cauce principal es el que se marca más claramente sobre el terreno. Su intersección con el trazado proyectado se da de manera perpendicular al mismo, situándose dicha intersección alrededor del P.K. 0+420.

Siguiendo un poco más al Sur, y lindando con la anterior, nos encontramos con la segunda de las cuencas. Esta abarca una superficie de 41,35 ha y la longitud de su cauce principal es de unos 1,216 km. Este cauce no está tan marcado como el primero, empieza siendo una acequia que recoge la escorrentía y se muestra como auténtico cauce a unos 100 antes de llegar al actual Camí de Les Valls.

En la vista aérea que se muestra en la página siguiente se pueden diferenciar claramente estos dos torrentes.

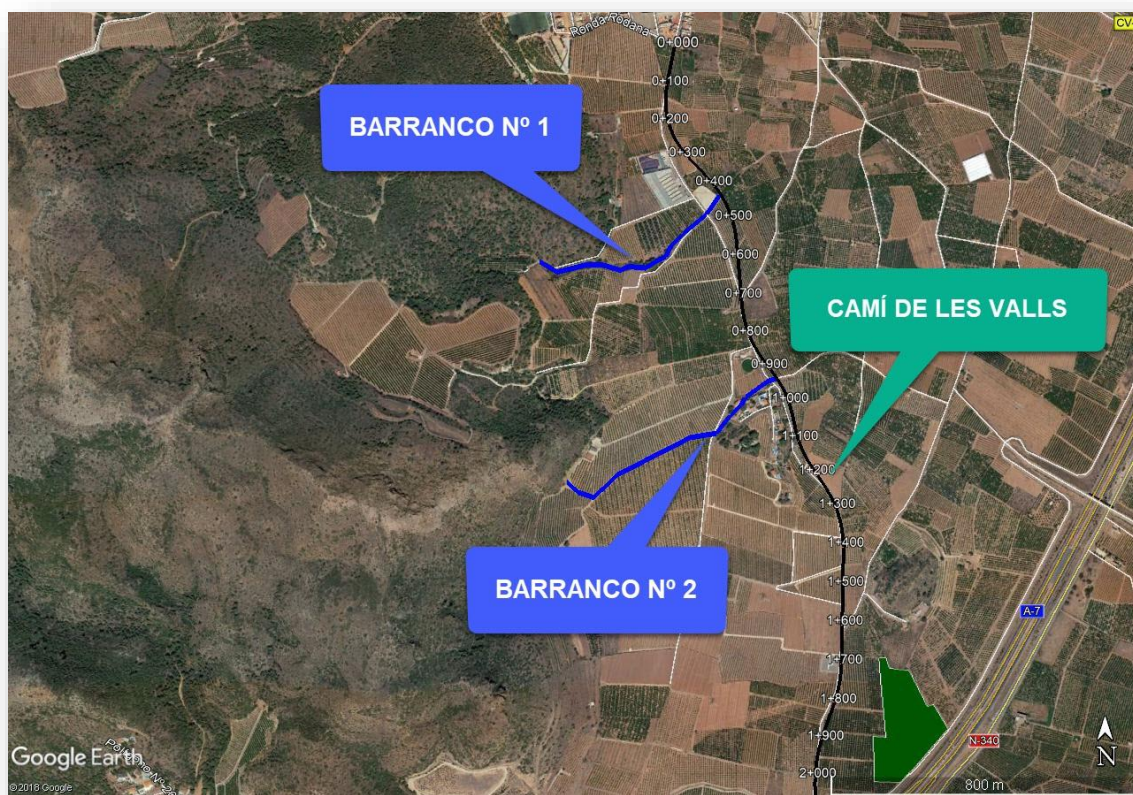


FIGURA 4. VISTA AÉREA DE LOS BARRANCOS QUE INTERFIEREN CON LA TRAZA.

4.2. Delimitación de cuencas hidrológicas.

El proceso para la determinación de las cuencas hidrológicas consideradas en el presente estudio es el siguiente. Una vez definido el trazado, se identifican aquellas cuencas cuyo desagüe se ve interceptado por la carretera y se delimitan las divisorias.

La carretera proyectada presenta un trazado con dirección norte-sur con una longitud total aproximada de 2,174 km. Todo su recorrido transcurre en dirección paralela al macizo montañoso que se levanta al oeste de la misma, lo que provoca que todas las cuencas drenen al este, interfiriendo con la traza de la carretera.

Si bien podemos diferenciar 2 cauces de mayor entidad, también cabe destacar el hecho de que los caminos que sirven de entrada a las fincas colindantes hacen a su vez de cauces que proyectan sus escorrentías al Camí de les Valls.

En la tabla siguiente se listan las subcuencas obtenidas con su área, longitud y pendiente media del recorrido principal de las aguas, así como el tiempo de concentración. En el Apéndice I Cuencas vertientes, se muestra el plano con su delimitación.

	A (m ²)	L (m)	H _{max} (msnm)	H _{min} (msnm)	J (m/m)
Cuenca 1	784300	1422	328	39	0,203
Cuenca 2	413500	1216	278	36	0,199

TABLA 3. CARACTERÍSTICAS HIDROMORFOMÉTRICAS DE LAS CUENCAS CONSIDERADAS.

Siendo:

A = Área de la cuenca vertiente.

L = Recorrido máximo del flujo hasta alcanzar el punto de desagüe.

H_{max} = Cota máxima del terreno dentro de la cuenca.

H_{min} = cota mínima del terreno dentro de la cuenca.

J = Pendiente media de la cuenca en tanto por uno.

4.3. Modelo de infiltración. Determinación del umbral de escorrentía.

El umbral de escorrentía es el parámetro que determina la componente de lluvia que escurre por superficie. Su valor depende de las características del complejo suelo-vegetación de las cuencas (uso del suelo, pendiente y tipo de suelo) y de las condiciones iniciales de humedad.

Se determina con la siguiente fórmula:

$$P_0 = P'_0 * \beta$$

Siendo:

P₀ = Umbral de escorrentía en mm.

P'₀ = Valor inicial del umbral de escorrentía en mm.

β = Coeficiente corrector del umbral de escorrentía.

Para el caso de drenaje de la plataforma y sus márgenes, este umbral de escorrentía debe afectarse por un factor corrector β que tiene en cuenta la humedad antecedente y otras correcciones experimentales. Este factor se calcula según la expresión siguiente:

$$\beta^{PM} = \beta_m * F_T$$

Siendo:

β_{PM} = Coeficiente corrector del umbral de escorrentía para el drenaje de plataforma y márgenes.

β_m = Valor medio del coeficiente corrector del umbral de escorrentía, obtenido de la tabla 2.5 de la Instrucción 5.2-IC

F_T = Factor funcional del periodo de retorno, obtenido de la tabla 2.5 de la Instrucción 5.2-IC

Para definir P'_0 se han utilizado las tablas 2.3 de la Instrucción 5.2-IC Drenaje Superficial. Para obtener los datos necesarios hay que conocer los usos del suelo de la zona motivo de estudio, así como el grupo al que pertenece el suelo.

Del Anejo 1, Cartografía y Topografía vemos que el se trata de un suelo no urbanizable, rural común o protegido destinado principalmente al cultivo de cítricos. El equivalente de esta definición en la tabla 2.3 de la Instrucción 5.2-IC se correspondería a **cítricos o frutales en regadío**. También encontramos masas forestales en las laderas de las montañas que se levantan al oeste de los campos, pero a efectos de aplicación de esta norma nos quedaremos con la clasificación anterior.

Por otro lado, el grupo de suelo depende de la textura y del tipo de suelos que encontramos en la cuenca y se pueden dividir en 4 grupos según la figura 2.8 de la Norma 5.2-IC que se expone a continuación:

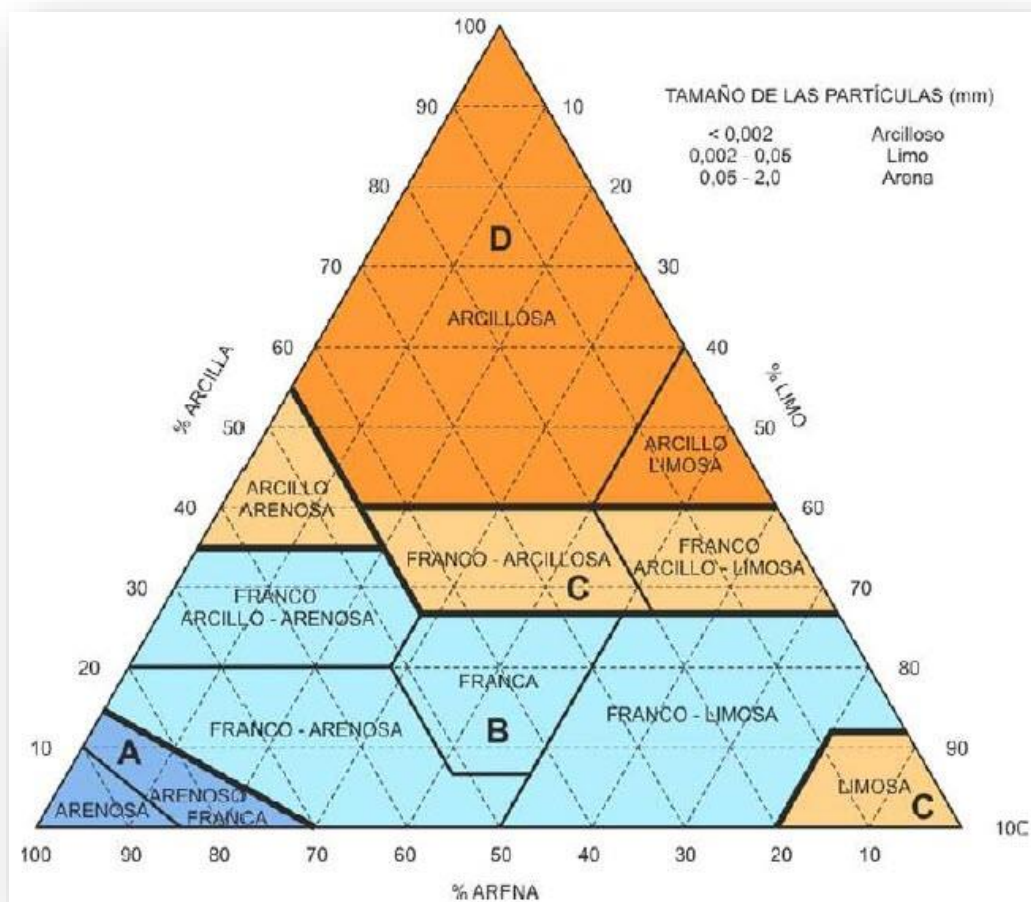


FIGURA 5: DIAGRAMA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA DE UN SUELO.

Por otro lado, del Anejo 3 “Geología y procedencia de materiales”, comprobamos que tenemos materiales arcillo-arenosos. Esto lo corroboramos consultando el mapa de litologías de España de la página del Instituto Geológico y Minero de España que se muestra a continuación:



FIGURA 6. LITOLOGÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO.

Con todo esto llegamos a la conclusión que nuestro suelo pertenece al grupo **C**. Además, también comprobamos que la pendiente de la cuenca es mayor del 3% y que la característica hidrológica es **N** al tratarse de cultivos que siguen las curvas de nivel del terreno.

A continuación, se muestran el valor de P'_0 teniendo en cuenta todos estos datos y haciéndolo para cada tipo de cuenca y para la zona de la plataforma de la carretera:

CUENCA	USOS DEL SUELO	GRUPO DE SUELO	P'_0
Carretera	Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados	C	1
Cuencas	Cítricos o Frutales en regadío	C	19

TABLA 4. VALORES INICIALES DE UMBRAL DE ESCORRENTÍA.

En la siguiente tabla se adjuntan los valores definitivos del umbral de escorrentía una vez corregidos por los factores regionales:

P_0	PERIODO DE RETORNO (años)	P'_0	β_m	F_T
2,784	25	1	2,40	1,16
52,896	25	19	2,40	1,16

TABLA 5. VALORES DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA.

4.4. Cálculo de precipitaciones.

Para la obtención de las precipitaciones máximas en diversos periodos de retorno, se ha utilizado la publicación del Ministerio de Fomento “Mapa para el cálculo de máximas precipitaciones diarias en la España Peninsular” y, más concretamente, el programa informático “maxpluwin” que acompaña dicha publicación. Esta aplicación permite conocer a partir de las coordenadas UTM de un punto, la precipitación media y la precipitación máxima para cualquier periodo de retorno en dicho punto.

De este modo, se tiene para los distintos periodos de retorno considerados, las siguientes precipitaciones máximas diarias:

COORDENADAS		P _{media} (mm/día)	C _v	P _t (mm/día) = P _d			
X (U.T.M.)	Y (U.T.M.)			T = 10	T = 25	T = 50	T = 100
265.705	4.399.883	70	0,519	115	146	172	200

TABLA 6. PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS PARA CADA PERIODO DE RETORNO.

4.5. Determinación de los caudales máximos. Método Racional.

El objeto del estudio hidrológico es obtener las leyes de frecuencia de los caudales máximos correspondientes a las cuencas interceptadas por el trazado del proyecto para dimensionar las obras de drenaje necesarias.

La determinación de los máximos caudales de cálculo para cada período de recurrencia se realiza mediante el método racional aplicando la Norma 5.2-I.C. – “Drenaje superficial”.

El Método Racional supone que el caudal máximo es el generado por la lluvia de duración igual al tiempo de concentración de la cuenca. De tal forma que:

$$Q = \frac{C * I(T, t_c) * A}{3,6} * K$$

Siendo:

Q = Caudal máximo anual correspondiente al Periodo de Retorno T (m3/s)

C = Coeficiente de escorrentía (adimensional)

I = Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno T, para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración, de la cuenca (mm/h).

K = Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación (adimensional)

A = Superficie a drenar (km²)

Además, la nueva Norma 5.2-IC de 2016 indica que para cuencas inferiores a 50 Km² del Levante Y Sureste peninsular, si el periodo de retorno es superior a 25 años el caudal correspondiente al periodo de retorno dado se calculara a partir de la siguiente fórmula:

$$Q_T = \varphi * Q_{10}^\lambda$$

donde:

Q_T (m3/s) Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno T , en el punto de desagüe de la cuenca (figura 2.2).

Q_{10} (m3/s) Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno de diez años en el punto de desagüe de la cuenca, calculado mediante el método racional. Salvo justificación del proyecto, el valor del coeficiente corrector del umbral de escurrimiento a adoptar en el cálculo se debe corresponder con el valor medio β_m recogido en la tabla 2.5 de la norma 5.2, sin efectuar correcciones asociadas al nivel de confianza del ajuste estadístico utilizado.

φ (adimensional) Coeficiente propio de la región y del período de retorno considerado (tabla 2.6 de la norma 5.2)

λ (adimensional) Exponente propio de la región y del periodo de retorno considerado (tabla 2.6 de la norma 5.2)

Región 72				
Período de retorno, T (años)	50	100	200	500
φ	1,4057	3,0570	4,7152	6,9135
λ	1,2953	1,2751	1,2678	1,2631
Regiones 821 y 822				
Período de retorno, T (años)	50	100	200	500
φ	11,1378	51,6297	86,5765	131,7650
λ	0,7401	0,6065	0,5982	0,5953

FIGURA 7. TABLA 2.6 DE LA NORMA 5.2-IC.

Nuestra zona de estudio pertenece a la región 822, por lo que los valores a tener en cuenta para un periodo de retorno de 100 años serán $\varphi = 51,6297$ y $\lambda = 0,6065$.

En los siguientes subapartados se calcularán las variables que intervienen en la fórmula propuesta por Témez en 1991.

4.5.1. Tiempo de concentración.

El tiempo de concentración se define como el tiempo requerido para que, durante un aguacero uniforme, se alcance el estado estacionario; es decir, el tiempo necesario para que todo el sistema contribuya eficazmente a la generación de flujo en el desagüe de la cuenca considerada.

Para el caso de cuencas principales se utilizará la fórmula siguiente:

$$t_c = 0,3 * \left(\frac{L}{J^{\frac{1}{4}}} \right)^{0,76}$$

donde:

L = Longitud del cauce principal de la cuenca, en Km.

J = Pendiente promedio de dicho recorrido en m/m.

t_c = Tiempo de concentración de la cuenca, en horas.

	L (km)	J (m/m)	t_c (h)
Cuenca 1	1,422	0,203	0,53
Cuenca 2	1,216	0,199	0,47

TABLA 7. VALORES DE T_c PARA CADA CUENCA.

4.5.2. Coeficiente de uniformidad temporal.

El coeficiente de uniformidad temporal K viene dado por la ecuación que se adjunta:

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

que es función del tiempo de concentración, t_c, de la cuenca, y tiene en cuenta el error introducido en la hipótesis de uniformidad temporal de la precipitación a medida que crece el tamaño de la cuenca.

	t_c (h)	K
Cuenca 1	0,53	1,031
Cuenca 2	0,47	1,027

TABLA 8. VALOR DE K PARA CADA CUENCA.

4.5.3. Determinación del coeficiente de escorrentía.

El coeficiente de escorrentía permite tener conocimiento de la relación entre las precipitaciones totales y la cantidad de agua que discurre por la superficie.

La fórmula utilizada por su cálculo es:

$$\text{Si } P_d * K_A > P_0 \quad C = \frac{\left(\left(\frac{P_d}{P_0}\right)-1\right) * \left(\left(\frac{P_d}{P_0}\right)+23\right)}{\left(\left(\frac{P_d}{P_0}\right)+11\right)^2}$$

$$\text{Si } P_d * K_A \leq P_0 \quad C = 0$$

Donde:

C = Coeficiente de escorrentía (adimensional).

P_d = Precipitación máxima diaria modificada correspondiente a un periodo de retorno T (en mm).

P_0 = Umbral de escorrentía en mm.

K_A = Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca.

	T (años)	P_d	P_0	K_A ($A < 1\text{km}^2$)	C
Cuencas 1 y 2	10	115	52,896	1	0,17
	25	146	52,896	1	0,24
	50	172	52,896	1	0,29
	100	200	52,896	1	0,34

TABLA 9. TABLA DE COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA.

4.5.4. Obtención de la máxima intensidad media.

La intensidad media que se obtendrá por medio de la siguiente expresión:

$$I(T, t) = I_d * F_{int}$$

donde:

I_d = intensidad media de la precipitación corregida correspondiente al periodo de retorno (en mm/h).

F_{int} = Factor de intensidad.

$$F_{int} = \text{máx}(F_a, F_b)$$

La intensidad media se obtiene a partir de la expresión

$$I_d = \frac{P_d * K_A}{24}$$

siendo

P_d = Precipitación diaria.

K_A = Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca.

El factor reductor depende de la amplitud de la cuenca, de tal forma que:

$$\text{Para } A < 1 \text{ km}^2: \quad K_A = 1$$

$$\text{Para } A > 1 \text{ km}^2: \quad K_A = 1 - \frac{\log_{10} A}{15}$$

El factor de intensidad introduce la torrencialidad de la lluvia en el área de estudio y depende de la duración del aguacero (F_a) y de la curva intensidad-duración-tiempo (F_b), tomándose el valor máximo:

$$F_a = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{3,5287 - 2,5287 * t^{0,1}}$$

siendo:

I_1 / I_d = relación entre la intensidad de lluvia horaria y diaria (independientemente del periodo de retorno).

Esta relación se obtiene del mapa representado en la figura 2.4 de la Instrucción 5.2.-I.C. Drenaje Superficial, que para el presente proyecto es 11.

t = duración de la tormenta de diseño. Se considera $t = t_c$.

$$F_b = k_b * \frac{I_{IDF}(T, t_c)}{I_{IDF}(T, 24)}$$

Siendo:

$I_{IDF}(T, t_c)$ = Intensidad de precipitación correspondiente al periodo de retorno T y al tiempo de concentración t_c , obtenido a través de las curvas IDF del pluviógrafo.

$I_{IDF}(T, 24)$ = Intensidad de precipitación correspondiente al periodo de retorno T y a un tiempo de aguacero igual a 24 horas, obtenido a través de las curvas IDF del pluviógrafo.

k_b = Factor que relaciona intensidad máxima anual e intensidad máxima anual diaria que se toma el valor de 1,13.

	T	F_{int}	K_A	P_d	I_d	$I(T, t) \text{ (mm/h)}$
Cuenca 1	10	15,97	1	115	4,79	76,52
	25	15,97	1	146	6,08	97,15
	50	15,97	1	172	7,17	114,45
	100	15,97	1	200	8,33	133,08

TABLA 10. INTENSIDAD MEDIA DIARIA DE PRECIPITACIÓN CORREGIDA EN CUENCA 1.

	T	F_{int}	K_A	P_d	I_d	$I(T, t) \text{ (mm/h)}$
Cuenca 2	10	17,1	1	115	4,79	81,94
	25	17,1	1	146	6,08	104,03
	50	17,1	1	172	7,17	122,55
	100	17,1	1	200	8,33	142,50

TABLA 11. INTENSIDAD MEDIA DIARIA DE PRECIPITACIÓN CORREGIDA EN CUENCA 2.

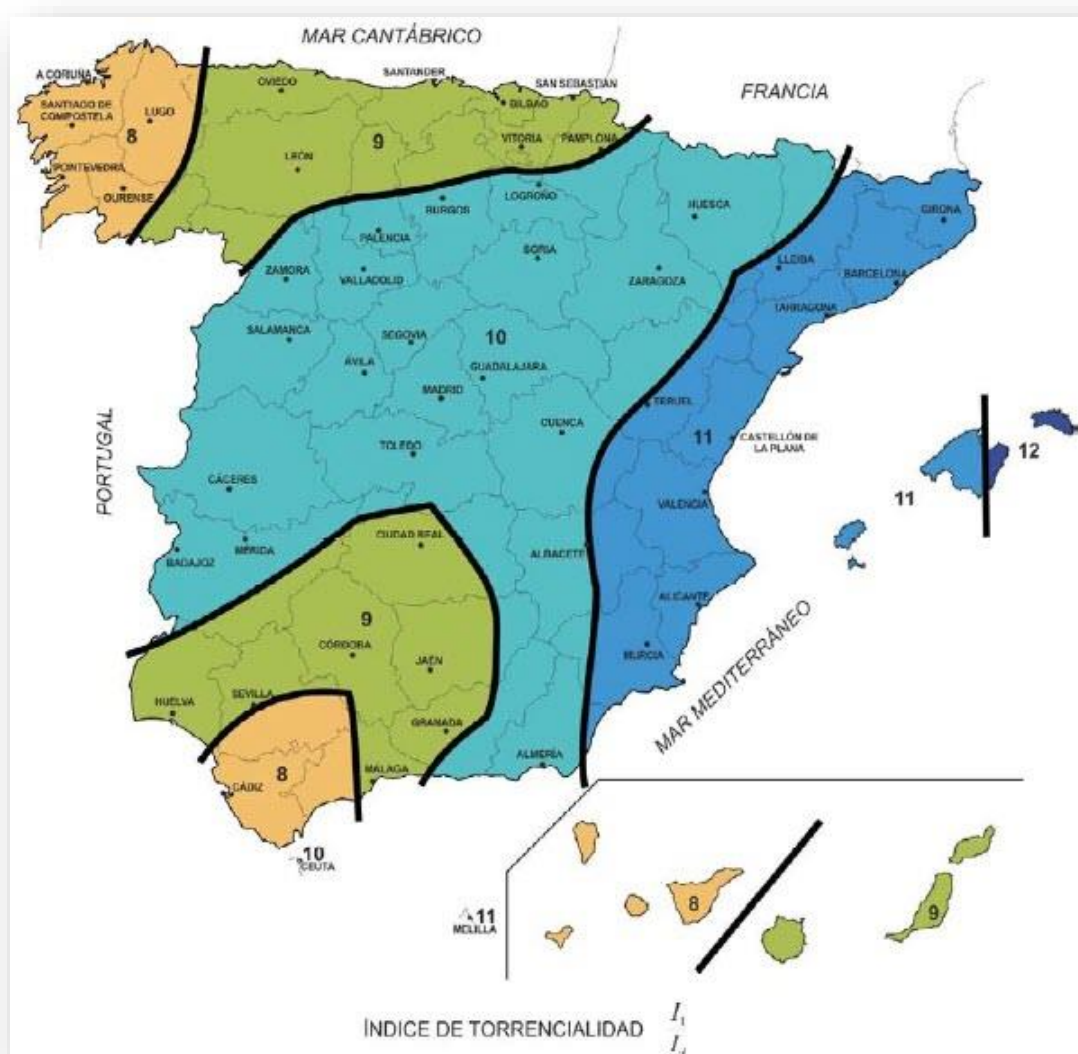


FIGURA 8. MAPA DEL ÍNDICE DE TORRENCIALIDAD.

A partir de los datos obtenidos calculamos los caudales máximos anuales para cada periodo de retorno y para cada una de las cuencas interceptada por el Camí de Les Valls:

CAUDAL Q (m³/s)		
T (años)	Cuenca 1	Cuenca 2
10	2,92	1,64
25	5,24	2,95
50	7,46	4,19
100	10,16	5,71

TABLA 12. CAUDALES MÁXIMOS PARA CADA CUENCA SEGÚN TÉMEZ PARA CADA T.

Como ya se ha dicho al comienzo del apartado 4.5, para periodos de retorno superiores a 25 años los caudales se calcularán a partir de la fórmula propuesta en el apartado 2.3 de la norma 5.2-IC, válida para pequeñas cuencas de la zona de Levante. Así pues, los caudales a tener en cuenta pasarán a ser los siguientes:

CAUDAL Q (m³/s)		
T (años)	Cuenca 1	Cuenca 2
50	24,62	16,06
100	98,89	69,66

TABLA 13. CAUDALES MÁXIMOS PARA T > 50 AÑOS.

5. DRENAJE.

El drenaje superficial de una carretera comprende:

- La recogida de las aguas pluviales procedentes de la plataforma y sus márgenes, mediante cunetas, sumideros y bajantes.
- La evacuación de las aguas recogidas a cauces naturales bien sea directamente bien a través de obras de desagüe transversal.
- La restitución de la continuidad de los cauces naturales interceptados por la carretera, mediante su eventual acondicionamiento y la construcción de obras de drenaje transversal.

En nuestro caso, se interceptan dos cauces naturales por lo que es necesario dimensionar obras de drenaje transversal.

En cuanto al drenaje longitudinal, dado que la dirección de la escorrentía superficial de los márgenes es perpendicular al trazado de la carretera, siguiendo un sentido Oeste – Este, éste tendrá como función el desagüe tanto de la escorrentía de la plataforma de la carretera como de la ladera oeste que drena a ella.



5.1. Periodo de retorno.

El artículo 1.3.2 de la Instrucción 5.2 de “Drenaje superficial” establece lo siguiente:

“Caudal de proyecto QP, es aquél que se debe tener en cuenta para efectuar el dimensionamiento hidráulico de una obra, elemento o sistema de drenaje superficial de la carretera. Se considera igual al caudal máximo anual correspondiente a los períodos de retorno que se indican a continuación, determinados conforme a lo especificado en el capítulo 2:

- *Drenaje de plataforma y márgenes: veinticinco años ($T = 25$ años), salvo en el caso excepcional de desagüe por bombeo en que se debe adoptar cincuenta años ($T = 50$ años).*
- *Drenaje transversal: se debe establecer por el proyecto en un valor superior o igual a cien años ($T \geq 100$ años) que resulte compatible con los criterios sobre el particular de la Administración Hidráulica competente.”*

Así pues, para el cálculo del drenaje longitudinal se tomará un periodo de retorno de 25 años, mientras que para el drenaje transversal será de 100 años.

5.2. Drenaje longitudinal.

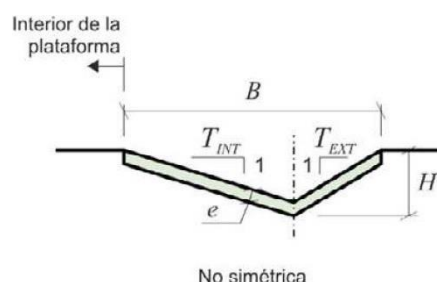
El drenaje longitudinal está compuesto por los tramos de cuneta en zona de desmonte y las obras transversales de drenaje longitudinal necesarias para el desagüe de estas. Las características abancaladas de las plantaciones de frutales existentes a ambos lados de la carretera, así como su extensa red de riego hacen que la lluvia recogida en estas zonas drene por la propia red de riego no produciendo vertidos a la carretera salvo en la confluencia de caminos agrícolas, donde se prevé la construcción de salvacunetas. Las cunetas se dispondrán en la margen derecha (oeste) de la carretera en los tramos que posteriormente se indican, no siendo necesaria su construcción en la margen izquierda, ya que, debido a la orografía, el agua recogida por la carretera puede verter directamente a los terrenos limítrofes, siendo suficiente la colocación de un bordillo que guíe el agua hasta las bajantes colocadas para encauzar esta escorrentía.

En los siguientes apartados comprobaremos la capacidad hidráulica de los elementos diseñados siguiendo la metodología descrita en la Instrucción 5.2- IC de “drenaje superficial”.

5.2.1. Cunetas.

Se propone la construcción de una cuneta de seguridad revestida de hormigón con las siguientes dimensiones:

Talud interior	6:1
Talud exterior	1:1
Ancho total (m)	1,75
Calado (m)	0,25
Espesor (cm)	10



Para comprobar que la capacidad hidráulica de las cunetas es superior a los caudales de diseño obtenidos en el apartado de hidrología se ha utilizado la fórmula de Manning, para movimientos de agua en lámina libre.

$$Q = \frac{1}{n} * S_m * Rh^{2/3} * \sqrt{I}$$

donde:

Q = caudal, en m³/s

n = coeficiente rugosidad dado por la tabla 3.1 de la instrucción y que toma un valor de 0,015 para el revestimiento de hormigón

S_m = área de la sección mojada, en m². Para las cunetas diseñadas tiene un valor de 0,219 m²

P = perímetro mojado, en m. Para las cunetas diseñadas tiene un valor de 1,874 m.

Rh = radio hidráulico, Rh = S/P. Para las cunetas diseñadas tiene un valor de 0,117 m.

I = pendiente de la cuneta.

Como se muestra en la siguiente tabla, la capacidad hidráulica de cada uno de los tramos de cuneta definido es superior al caudal de diseño de cada uno de ellos.

Tramo	P.K. inicio	P.K. final	Pendiente (m/m)	Capacidad Hidráulica (m ³ /s)	Caudal de diseño (m ³ /s)
1	0+000	0+198	0,008	0,312	0,0071
2	0+700	0+800	0,005	0,247	0,0049
3	1+200	1+560	0,003	0,191	0,0112
4	1+680	1+820	0,010	0,349	0,0056

TABLA 14. TABLA COMPARATIVA DE CAUDALES DE DISEÑO Y CAPACIDAD HIDRÁULICA DE CUNETAS.

El cálculo del caudal de diseño se ha realizado siguiendo el método racional. A la vista de los resultados el agua recogida podría verterse al final de cada tramo sin necesidad de disponer obras transversales para recoger el drenaje longitudinal.

En las zonas residuales que se originan entre la carretera proyectada y los caminos de servicio donde se ha considerado que se pueden producir acumulación de escorrentía debido a que ésta no se evacúa mediante la red de acequias existente se ejecutarán tramos de cunetas revestidas de hormigón con los correspondientes pasos salvacunetas. Las cunetas tendrán una sección transversal triangular de 16,7 cm de calado y taludes 3H:2V y los pasos salvacunetas un diámetro de 300 mm.



FIGURA 9. EJEMPLO DE SALVACUNETAS.

5.3. Drenaje transversal.

Con el fin de permitir el drenaje transversal se van a disponer una serie de obras de fábrica que tendrán como finalidad el restituir la escorrentía natural de los cauces interceptados por la traza de la carretera.

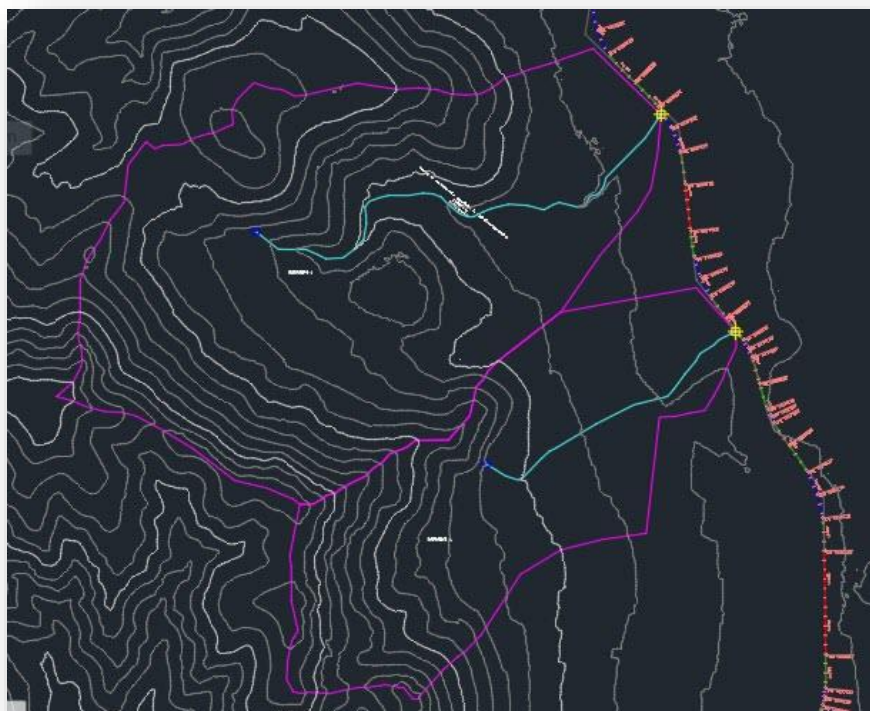


FIGURA 10. CUENCAS VERTIENTES.

Como ya se ha comentado anteriormente, se pueden diferenciar 2 cuencas con sus correspondientes cauces que vierten sus aguas a la carretera. En la siguiente figura pueden diferenciarse claramente.

Los caudales de cada uno de los cauces y para los diferentes periodos de retorno ya han sido calculados en el apartado 4.5. a continuación, se muestra los resultados para el periodo de retorno de 100 años, que es el que marca la norma 5.2-IC para el diseño de este tipo de obras de drenaje.

CAUDAL Q (m ³ /s)		
T (años)	Cuenca 1	Cuenca 2
100	98,89	69,66

TABLA 15. CAUDALES PARA LAS CUENCAS A ESTUDIAR PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS.

La ubicación de las obras de drenaje transversal se establecerá en los puntos donde los cauces de cada una de ellas intersectan con el nuevo trazado del Camí de les Valls. Según el trazado geométrico dispuesto estos puntos serán los que se enumeran a continuación:

- Para el cauce n.º 1, la colocación de la obra de drenaje transversal esta prevista en el P.K. 0+423.
- Para el cauce n.º 2, la colocación de la obra de drenaje transversal esta prevista en el P.K. 0+926.
- Adicionalmente, está prevista la construcción de otra obra de fábrica en el P.K. 1+140, situado en las cercanías de la “Muntanyeta de Piquer”. El motivo de la colocación de una ODT en este punto obedece al hecho de que queda encerrada una pequeña vaguada entre las trazas nueva y antigua de la carretera. Esto puede ocasionar almacenamientos de agua en esa superficie que quedaría encerrada. Por este motivo, se dispondrá un pequeña ODT que ayude al drenaje de este punto del trazado.

Los caudales totales que deberán soportar cada una de esta ODT son la suma de los caudales de cuenca y los caudales de cunetas, el resultado se muestra a continuación:

ODT	P.K.	CAUDAL CUENCA (m ³ /s)	CAUDAL CUNETA (m ³ /s)	CAUDAL TOTAL (m ³ /s)
1	0+423	98,89	0,0071	98,90
2	0+926	69,66	0.0049	69,67

TABLA 16. CAUDALES PARA DIMENSIONAR LAS ODT.

Se propone como solución la colocación de sendos marcos de hormigón con aletas de dimensiones **3,00x2,00x2,25 m.** de la marca Geysermarkt o similar bajo la explanada de la carretera. Para calcular la altura de estos, partimos del supuesto de que el flujo llega al punto de colocación de la ODT mediante un cauce de sección rectangular.



$$Q = \frac{1}{n} * S_m * Rh^{2/3} * \sqrt{I}$$

donde:

Q = caudal, en m³/s

n = coeficiente rugosidad dado por la tabla 3.1 de la instrucción y que toma un valor de 0,015 para el revestimiento de hormigón

S_m = área de la sección mojada (bxh), en m². En nuestro caso, 6 m².

P = perímetro mojado (b+2*h), en m. En nuestro caso, 7 m.

Rh = radio hidráulico, Rh = S/P. En nuestro caso, 0,857 m.

I = pendiente del cauce. En nuestro caso, 0,0428.

El resultado que nos arroja el cálculo es de 74,67 m³/s. Suficiente para el cauce n.º 2, pero insuficiente para el número 1.

Para el primero de los cauces, se propone pues colocar **dos** marcos de **2,00x2,00x2,25**. Así pues tenemos que:

$$\left. \begin{array}{l} n = 0.015 \\ S_m = 8 \text{ m}^2 \\ P = 8 \text{ m} \\ Rh = 1 \text{ m} \\ I = 0.0428 \end{array} \right\} \rightarrow Q = 110,34 \text{ m}^3/\text{s}$$

Con lo cual, este sería el marco propuesto para la ODT de la cuenca n.º 1.

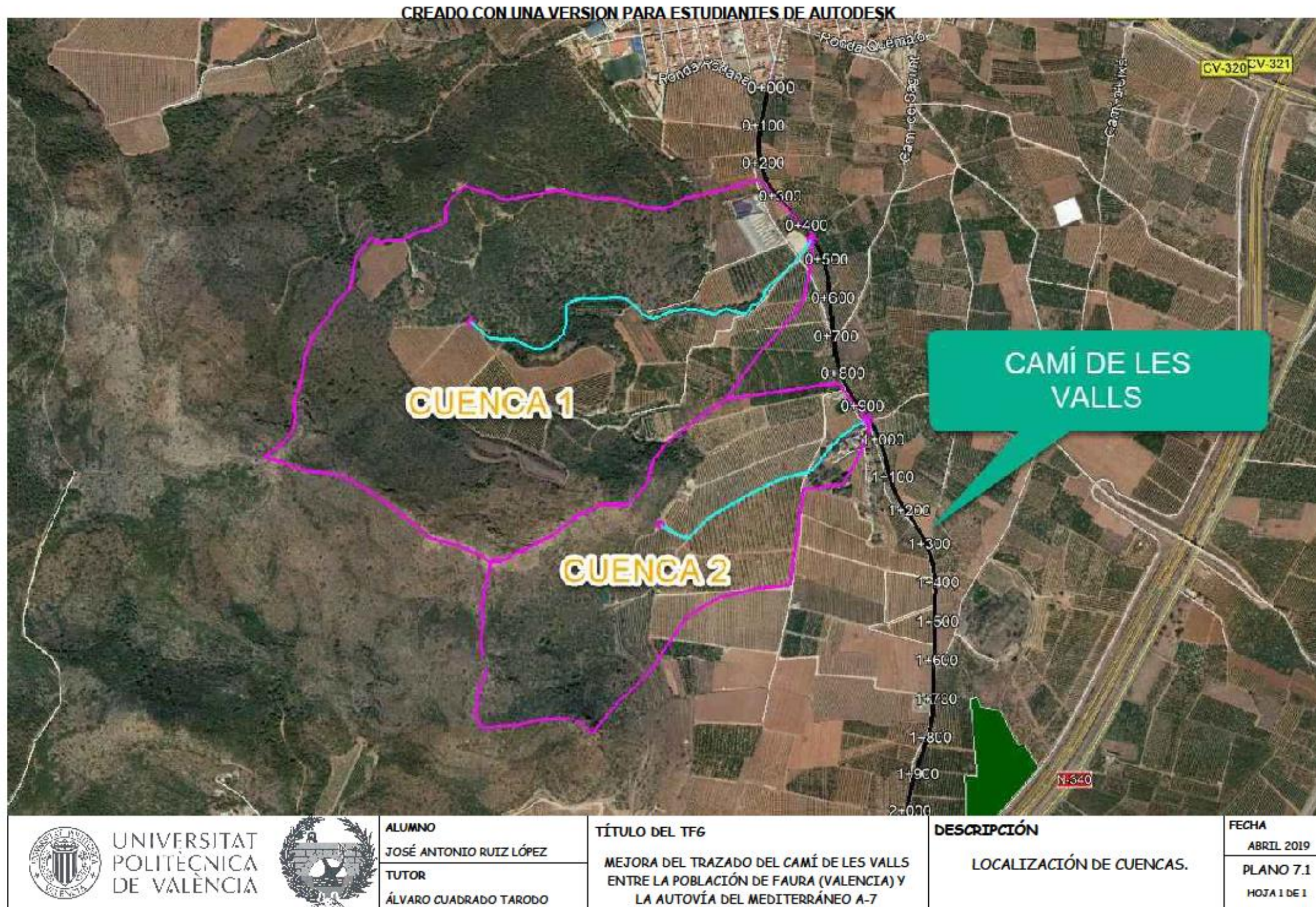


APÉNDICE N.º 1

CUENCAS VERTIENTES



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK