

ANEJO Nº5.- CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. CLIMATOLOGÍA.....	1
2.1. INTRODUCCIÓN	1
2.2. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS GENERALES	2
2.2.1. Aspectos generales	2
2.2.2. Estaciones meteorológicas consideradas.....	2
2.2.3. Pluviometría	4
2.2.4. Termometría	4
2.2.5. Humedad	4
2.2.6. Evapotranspiración	4
2.2.7. Insolación	5
2.2.8. Vientos	5
2.3. CLASIFICACIÓN DE ÍNDICES CLIMÁTICOS	5
2.4. DÍAS ÚTILES DE TRABAJO PARA LA PROGRAMACIÓN DE LAS OBRAS	5
3. HIDROLOGÍA	8
3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	8
3.2. PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS	8
3.3. DEFINICIÓN DE LAS CUENCAS INTERCEPTADAS.....	8
3.4. CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA	9
3.5. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.....	10
3.6. CAUDAL DE DISEÑO.....	10
3.6.1. Método Racional	10
3.6.1. Intensidad de precipitación	11
3.6.2. Coeficiente de escorrentía	12
3.6.3. Coeficiente de uniformidad	13
3.6.4. Resultados finales.....	13
APÉNDICE Nº1.- PLANOS	15
APÉNDICE Nº2.- ANEJO Nº5. CLIMATOLOGÍA DEL PROYECTO T2 / 12-GI -3850.B.....	17

1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente documento es la caracterización desde el punto de vista climatológico e hidrológico de área afectada por la construcción, así como el diseño del drenaje de la glorieta proyectada.

Al tratarse de un proyecto en el ámbito del "Proyecto de Construcción. Autovía A-2, del Nordeste. Tramo: Enlace de Vidreres"; la parte de climatología e hidrología de este documento se circunscribe al contenido y conclusiones del Anejo nº5.- *Climatología e hidrología* de dicho proyecto de construcción, cuyo contenido se adjunta como apéndice 2 de este anejo el Anejo nº 5 de *Climatología del Proyecto de Construcción. Autovía A-2, del Nordeste. Tramo: Enlace de Vidreres*.

Así, en la parte de climatología e hidrología se realiza una selección del contenido de dicho proyecto principal, centrado en aquellos aspectos que afectan a nuestra actuación, actualizando los contenidos referentes al cálculo de los días útiles de trabajo y de caudales de diseño.

El alcance del estudio a realizar abarca la zona cercana a la traza, así como la extensión territorial que forma parte de las cuencas, cuyo caudal recogido después de producirse precipitaciones en las mismas, van a verter sobre la traza.

Indicar por último, que para la caracterización del área de estudio desde el punto de vista climático, se ha utilizado la información existente al respecto en el documento *Planificació de l'espai fluvial de la conca de la Tordera*, en adelante PEF, elaborado por la *Agència Catalana de l'Aigua* y completada por los *Anuarios meteorológicos de la Generalitat de Catalunya (1997–2002)*.

2. CLIMATOLOGÍA

2.1. INTRODUCCIÓN

Para caracterizar el área de estudio desde el punto de vista climático, se ha recopilado información de las siguientes fuentes:

- MITMA:
 - *Datos climáticos para carreteras (M.O.P. 1964)*.
- *Generalitat de Catalunya*:
 - *Atlas Climático General de Cataluña, (Departament de Medi Ambient)*.
Este atlas ofrece un conjunto de mapas climáticos digitales de temperatura media del aire (mínimas, medias y máximas), precipitación y radiación solar.
 - *Servei de Meteorologia de Catalunya*.
 - *Agència Catalana de l'Aigua*.
De este organismo se han consultado las siguientes publicaciones:
 - *Planificació de l'espai fluvial de la conca de la Tordera*.
 - *Recomanacions Tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local*.
 - *Càlcul hidrològic i determinació del cabals d'avinguda*.

En los siguientes apartados se va a realizar una descripción detallada de la termometría y pluviometría de la zona de análisis y se determinarán los índices climáticos de interés para el presente estudio. Por último, se calcularán los coeficientes medios de reducción por días de climatología adversa, para el cálculo de días laborables en las diferentes actividades.

2.2. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS GENERALES

2.2.1. Aspectos generales

La actuación definida en este proyecto se localiza en el municipio de Maçanet de la Selva.

El tramo de Proyecto intercepta la red natural de drenaje de la Riera de Santa Coloma, uno de los principales tributarios de la Tordera.

En Cataluña se distinguen varias zonas climáticas de acuerdo con los valores medios de los siguientes parámetros: Precipitación media anual (PMA), Régimen pluviométrico estacional (RPE), Temperatura media anual (TMA) y Variación térmica anual (VTP) (diferencia entre la temperatura del mes más cálido y del mes más frío). Según estos parámetros se obtiene las siguientes clasificaciones.

ZONA CLIMÁTICA	OCEÁNICA	PIRENAICA	PREPIRENAICA	CONTINENTAL	PRELITORAL	LITORAL
PMA (mm)	900-1.000	1.000-1.300	650-1.100	350-850	600-1.000	500-750
RPE	Equilibrado	Máx. verano Mín. invierno	Máx. verano primavera Mín. invierno	Máx. otoño primavera Mín. verano	Máx. otoño primavera	Máx. otoño
TMA (°C)	6 a 9	2 a 9	9 a 12	12 a 14	11 a 15	14,5 a 17
VTP (°C)	13 a 15	13 a 16	16 a 19	17 a 20	15 a 18	14 a 15

Tabla 1.- Datos climáticos.

Así la zona de estudio que se corresponde con la Cuenca de la Tordera presenta una precipitación media anual de 800 mm con un máximo en otoño y primavera, una temperatura media anual de 14,6 °C y una variación térmica anual de 16,5 °C estos rasgos engloban el ámbito de estudio dentro de la zona climática caracterizada como prelitoral, caracterizada por lluvias producidas, principalmente en otoño, por masas de aire procedentes del mediterráneo.

2.2.2. Estaciones meteorológicas consideradas

Para la definición climática del área de estudio, se toman los datos contenidos en el PEF, estos datos proceden del conjunto de estaciones meteorológicas que constituyen la Red Climatológica de Cataluña. Se han utilizado aquellas estaciones consideradas más relevantes según su ubicación y representatividad y según la duración de los años de las series de datos que poseen.

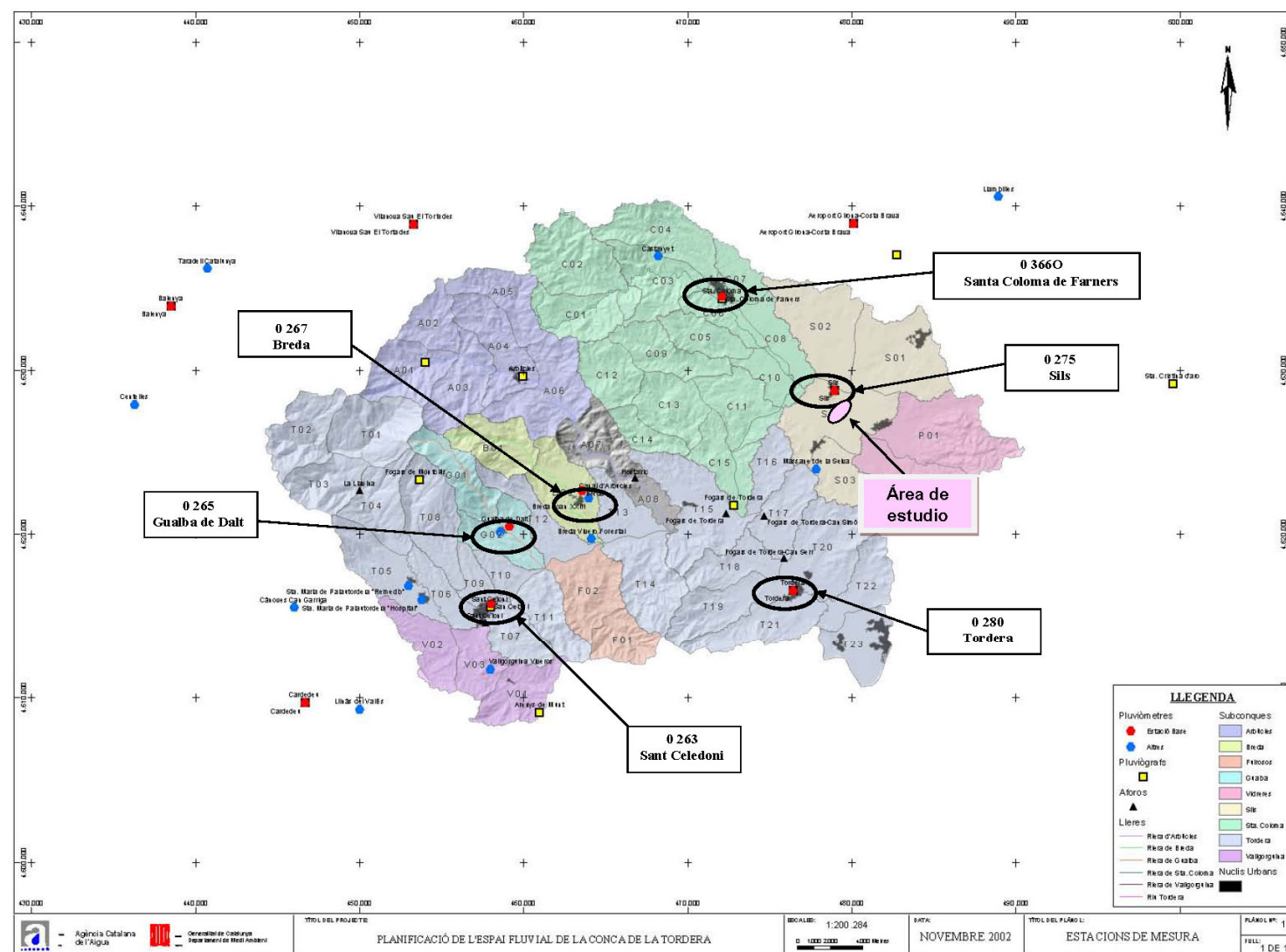
Para la descripción de las variables de temperatura, humedad, viento, evapotranspiración e irradiación se han utilizado las series comprendidas entre 1997 – 2000 de la estación de Santa Coloma de Farners (0 360O).

Por otro lado, para el estudio de las precipitaciones se dispone de datos de 15 estaciones de las que se seleccionan 7. En concreto (0 263) Sant Celedoni, (0 265) Gualba de Dalt, (0 265 A) Gualba Juan Ragué, (0 267) Breda, (0 275) Sils, (0 280) Tordera y (0 366O) Santa Coloma de Farners.

A continuación se presenta una tabla con las principales características de las estaciones, indicando su nombre y código así como un plano con la localización de las mismas.

ESTACIÓN METEOROLÓGICA		TIPO DE ESTACIÓN	COORDENADAS		ALTITUD	DATOS METEOROLÓGICOS		
Designación	Indicativo hidrológico		Longitud	Latitud		Serie de años con datos	Nº de años con datos	Nº de años con datos completos
Sant Celedoni	0 263	Termopluviométrica	02º 29' 43" E	41º 41' 30" N	155 m	1940 – 2002	63	48
Gualba de Dalt	0 265	Termopluviométrica	02º 03' 00" E	41º 44' 00" N	177 m	1942 – 1973	31	19
Gialba Juan Ragué	0 265A	Termopluviométrica	02º 30' 07" E	41º 43' 52" N	170 m	1977 – 2002	26	24
Breda	0 267	Termopluviométrica	02º 33' 43" E	41º 45' 15" N	175 m	1927 – 1977	42	34
Sils	0 275	Termopluviométrica	02º 44' 48" E	41º 48' 35" N	76 m	1921 – 1988	45	31
Tordera	0 280	Termopluviométrica	02º 43' 00" E	41º 42' 00" N	30 m	1951 – 2002	52	50
Santa Coloma de Farners	0 366O	Termopluviométrica	02º 39' 50" E	41º 51' 41" N	135 m	1978 - 2002	24	19

Tabla 2.- Estaciones meteorológicas.



2.2.3. Pluviometría

De los datos obtenidos de las estaciones seleccionadas, se observa que la media de precipitación de todos los valores anuales de las estaciones utilizadas alcanza un valor de 795,5 mm.

Además, los periodos de sequía, por debajo de la media anual, se encuentran distanciados en el tiempo por uno o un par de años muy lluviosos. Algunos de estos años lluviosos coinciden con "torderadas" considerables como en 1971, 1982, 1965, 1963, 1943...etc.

Los periodos de sequía suelen ser de tres años y desde 1940 podemos encontrar un total de 7 periodos de sequía aproximadamente, mientras que los periodos lluviosos suelen durar uno o dos años.

Del análisis de la distribución mensual de las precipitaciones podemos destacar la presencia de máximos en el mes de septiembre octubre, y otro período no tan destacado en abril y mayo. Por otro lado destaca el mínimo estival, que se acentúa en julio, además de un mínimo relativo invernal en enero y febrero.

De esta manera se observa como la época más lluviosa se corresponde con el otoño, seguida por la primavera, mientras que la estación menos lluviosa es la de verano.

2.2.4. Termometría

Del análisis de las temperaturas obtenidas de las estaciones seleccionadas, hay que resaltar el carácter Mediterráneo del clima, con unos veranos calurosos caracterizados por temperaturas medias que llegan hasta los 24 °C con máximos alcanzados en julio y agosto, mientras que los inviernos se caracterizan por ser suaves con temperaturas no inferiores a 7 °C que se alcanzan durante diciembre y enero, destacando este último como el mes más frío. La media de la temperatura anual es 14,6 °C.

Por otro lado y en relación a los datos sobre el número medio de heladas al mes, podemos deducir que el período de días con mayor número de heladas se corresponde con el mes de enero, con 8 jornadas, seguido de diciembre.

2.2.5. Humedad

La humedad relativa media en el área de estudio posee un valor medio mínimo del 67,0% en el mes de agosto y un valor máximo del 83,38% en el mes de enero.

2.2.6. Evapotranspiración

Si bien la cantidad de vapor de agua existente en la atmósfera se denomina humedad atmosférica, el concepto de evapotranspiración engloba los fenómenos de evaporación del agua no saturada del subsuelo y la transpiración de las plantas.

Como se puede observar en el gráfico que se adjunta a continuación obtenido del PEF de la Tordera, la zona de estudio se encuentra en una región mesotérmica II (B'2).

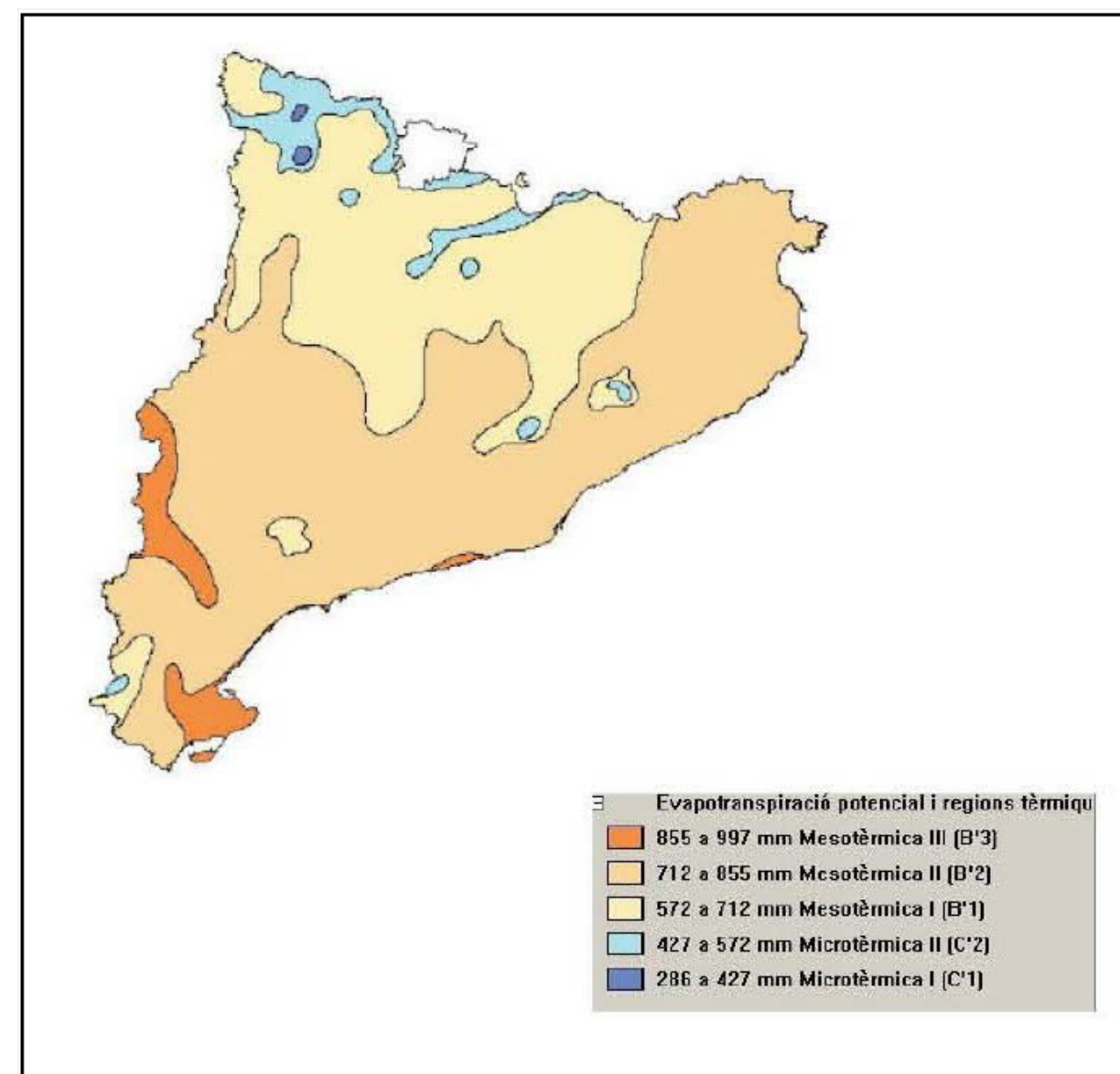


Figura 2. Evapotranspiración potencial provincia de Cataluña.

2.2.7. Insolación

Según los valores extraídos del PEF de la Tordera, los meses en que la insolación es mayor son junio, julio y agosto (superior a 17,5 MJ/ m²), siendo diciembre el mes que presenta insolación mínima.

En la tabla y en el gráfico que se adjuntan a continuación, se indica la distribución por meses de dicha insolación en la zona de estudio.

2.2.8. Vientos

Para el estudio y análisis de los vientos se han utilizado los datos recogidos en la estación Santa Coloma de Farners (0 366 O) dentro del PEF de la Tordera.

Del estudio de las gráficas siguientes se puede extraer como conclusión que la dirección predominante del viento es la noroeste con una velocidad media del viento que oscila entre 2 y 2,3 m/s.

2.3. CLASIFICACIÓN DE ÍNDICES CLIMÁTICOS

Se aplican las siguientes clasificaciones climáticas, obteniéndose los siguientes resultados:

- Índice de temperatura de Thornthwaite: Clima mesotermal con vegetación de floresta media.
- Índice pluviométrico de Blair: Clima subhúmedo.
- Índice de termopluviométrico de Martonne: Terreno de esorrentía con posibilidad de cultivos sin riego.
- Índice termopluviométrico de Dantin-Revenga: Zona húmeda.
- Índice de Lang: Zona húmeda de estepas y sabanas.
- **Clasificación de Köppen:** Clima de tipo mediterráneo Cfa, es decir, un clima templado húmedo sin estación seca y temperaturas medias superiores a los 22°C en el mes más cálido.

2.4. DÍAS ÚTILES DE TRABAJO PARA LA PROGRAMACIÓN DE LAS OBRAS

Con objeto de determinar los días útiles para la ejecución de los diferentes trabajos, se han utilizado los datos obtenidos de los mapas de isolíneas de coeficientes de reducción de los días de trabajo, editados por la Dirección General de Carreteras, teniendo en cuenta las afecciones que se indican en la siguiente tabla.

CLASE DE OBRA	FACTORES QUE AFECTAN A LA OBRA				
	Días con $t < 0^{\circ}\text{C}$	Días con $p > 10 \text{ mm}$	Días con $p > 1 \text{ mm}$	Días con $T_{9h} < 10^{\circ}\text{C}$	Días con $T_{9h} < 5^{\circ}\text{C}$
Hormigones	X	X			
Explanaciones	X	X	X		
Áridos		X			
Riegos y tratamientos superficiales o por penetración			X	X	
Mezclas bituminosas			X		X

Tabla 3.- Factores climatológicos.

Los coeficientes de reducción por condiciones climáticas para las distintas fuentes vienen dados en las tablas que se adjuntan a continuación. El valor adoptado es una media proporcional de los datos disponibles. Son los siguientes:

- Coeficiente de reducción por helada η_m : Es el cociente de días del mes m , en que la temperatura mínima es superior a 0°C , y el número de días del mes.
- Coeficiente de reducción por temperatura límite de riegos y tratamientos superficiales o por penetración τ_m : Es el cociente del número de días en que la temperatura a las 9 de la mañana es igual o superior a 10°C , al número de días del mes.
- Coeficiente de reducción por temperatura límite de mezclas bituminosas τ'_m : Es el cociente del número de días en que la temperatura a las 9 de la mañana es igual o superior a 5°C , al número de días del mes.
- Coeficiente de reducción por lluvia límite de trabajo λ_m : Es el cociente del número de días del mes en que la precipitación es inferior a 10 mm, al número de días del mes.
- Coeficiente de reducción por lluvia límite de trabajo λ'_m : Es el cociente del número de días del mes en que la precipitación es inferior a 1 mm, al número de días del mes.

Consultando la publicación *Datos para programación de obras de 1964 del MOP* se obtienen los siguientes valores para el área de proyecto:

Mes	η_m	τ_m	τ'_m	λ_m	λ'_m
Ene	0,70	0,10	0,40	0,96	0,86
Feb	0,80	0,20	0,60	0,95	0,86
Mar	0,90	0,20	0,80	0,90	0,76
Abr	0,90	0,40	1,00	0,94	0,78
May	1,00	0,80	1,00	0,95	0,78
Jun	1,00	1,00	1,00	0,90	0,74
Jul	1,00	1,00	1,00	0,95	0,82
Ago	1,00	0,90	1,00	0,93	0,80
Sep	1,00	0,90	1,00	0,91	0,78
Oct	1,00	0,70	0,90	0,88	0,74
Nov	0,80	0,30	0,80	0,95	0,82
Dic	0,90	0,20	0,70	0,95	0,88

Tabla 4.- Coeficientes de reducción por factores climáticos.

Para la determinación de los coeficientes de reducción por días festivos C_f , se utiliza el calendario laboral del año 2022, obteniéndose los siguientes resultados:

Mes	Días del mes	Días festivos	Días no laborables	Días laborables	C_f
Ene	31	2	10	21	0,677
Feb	28	0	8	20	0,714
Mar	31	0	8	23	0,742
Abr	30	2	12	18	0,600
May	31	1	9	22	0,710
Jun	30	1	9	21	0,700
Jul	31	1	11	20	0,645
Ago	31	1	9	22	0,710
Sep	30	0	9	21	0,700
Oct	31	2	10	21	0,677
Nov	30	1	9	21	0,700
Dic	31	4	12	19	0,613

Tabla 5.- Coeficientes de reducción por días laborables.



Figura 3. Calendario laboral 2023. Provincia de Gerona.

Por tratarse de fenómenos independientes, y como el trabajo ha de suspenderse cuando ocurra una de las condiciones adversas, se aplican reiteradamente los coeficientes de reducción correspondientes. De acuerdo con la metodología indicada en la publicación *Datos Climáticos para Carreteras de la Dirección General de Carreteras*, se tienen los siguientes valores medios mensuales (C_m) de los coeficientes de reducción de los días laborables para cada tipo de obra:

- Hormigones hidráulicos. $C_m = \eta_m \times \lambda_m$
- Explanaciones. $C_m = \frac{\lambda_m + \lambda'_m}{2} \times \eta_m$
- Producción de áridos. $C_m = \lambda_m$
- Riegos y tratamientos superficiales o por penetración. $C_m = \tau_m \times \lambda'_m$
- Mezclas bituminosas. $C_m = \tau'_m \times \lambda'_m$

Así, se obtienen los siguientes coeficientes de reducción por días laborables para cada tipo de obra C_m :

Mes	Hormigones	Explanaciones	Producción de áridos	Riegos	Mezclas bituminosas
Enero	0,672	0,637	0,960	0,086	0,344
Febrero	0,760	0,724	0,950	0,172	0,516
Marzo	0,810	0,747	0,900	0,152	0,608
Abril	0,846	0,774	0,940	0,312	0,780
Mayo	0,950	0,865	0,950	0,624	0,780
Junio	0,900	0,820	0,900	0,740	0,740
Julio	0,950	0,885	0,950	0,820	0,820
Agosto	0,930	0,865	0,930	0,720	0,800
Septiembre	0,910	0,845	0,910	0,702	0,780
Octubre	0,880	0,810	0,880	0,518	0,666
Noviembre	0,760	0,708	0,950	0,246	0,656
Diciembre	0,855	0,824	0,950	0,176	0,616

Tabla 6.- Coeficientes de reducción por días laborables para cada tipo de obra.

El coeficiente de reducción total C_t se obtiene de aplicar la siguiente formulación:

$$C_t = 1 - (1 - C_m) \times C_f$$

Mes	Hormigones	Explanaciones	Producción de áridos	Riegos	Mezclas bituminosas
Enero	0,788	0,754	0,973	0,381	0,556
Febrero	0,829	0,803	0,964	0,409	0,654
Marzo	0,859	0,812	0,926	0,371	0,709
Abril	0,908	0,864	0,964	0,587	0,868
Mayo	0,965	0,904	0,965	0,733	0,844
Junio	0,930	0,874	0,930	0,818	0,818
Julio	0,968	0,926	0,968	0,884	0,884
Agosto	0,950	0,904	0,950	0,801	0,858
Septiembre	0,937	0,892	0,937	0,791	0,846
Octubre	0,919	0,871	0,919	0,674	0,774
Noviembre	0,832	0,796	0,965	0,472	0,759
Diciembre	0,911	0,892	0,969	0,495	0,765

Tabla 7.- Coeficientes de reducción totales para cada tipo de obra.

Mes	Hormigones	Explanaciones	Producción de áridos	Riegos	Mezclas bituminosas
Enero	16	16	20	8	12
Febrero	17	16	19	8	13
Marzo	20	19	21	9	16
Abril	16	16	17	11	16
Mayo	21	20	21	16	19
Junio	20	18	20	17	17
Julio	19	19	19	18	18
Agosto	21	20	21	18	19
Septiembre	20	19	20	17	18
Octubre	19	18	19	14	16
Noviembre	17	17	20	10	16
Diciembre	17	17	18	9	15
TOTALES	226	217	237	155	197

Tabla 8.- Días hábiles de trabajo para cada tipo de obra.

3. HIDROLOGÍA

3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio no es atravesada por ninguna arteria fluvial relevante. No obstante, dicha zona se enmarca dentro de la "cuenca de la Tordera" (denominación de la Agència Catalana de l'Aigua), ubicada entre los ríos Besòs y el Ter.

La "cuenca de la Tordera" se encuentra dentro de las cuencas internas de Cataluña, integradas por los ríos y rieras de la vertiente oriental, de caudales menores, que nacen dentro de Cataluña y mueren en el mar Mediterráneo.

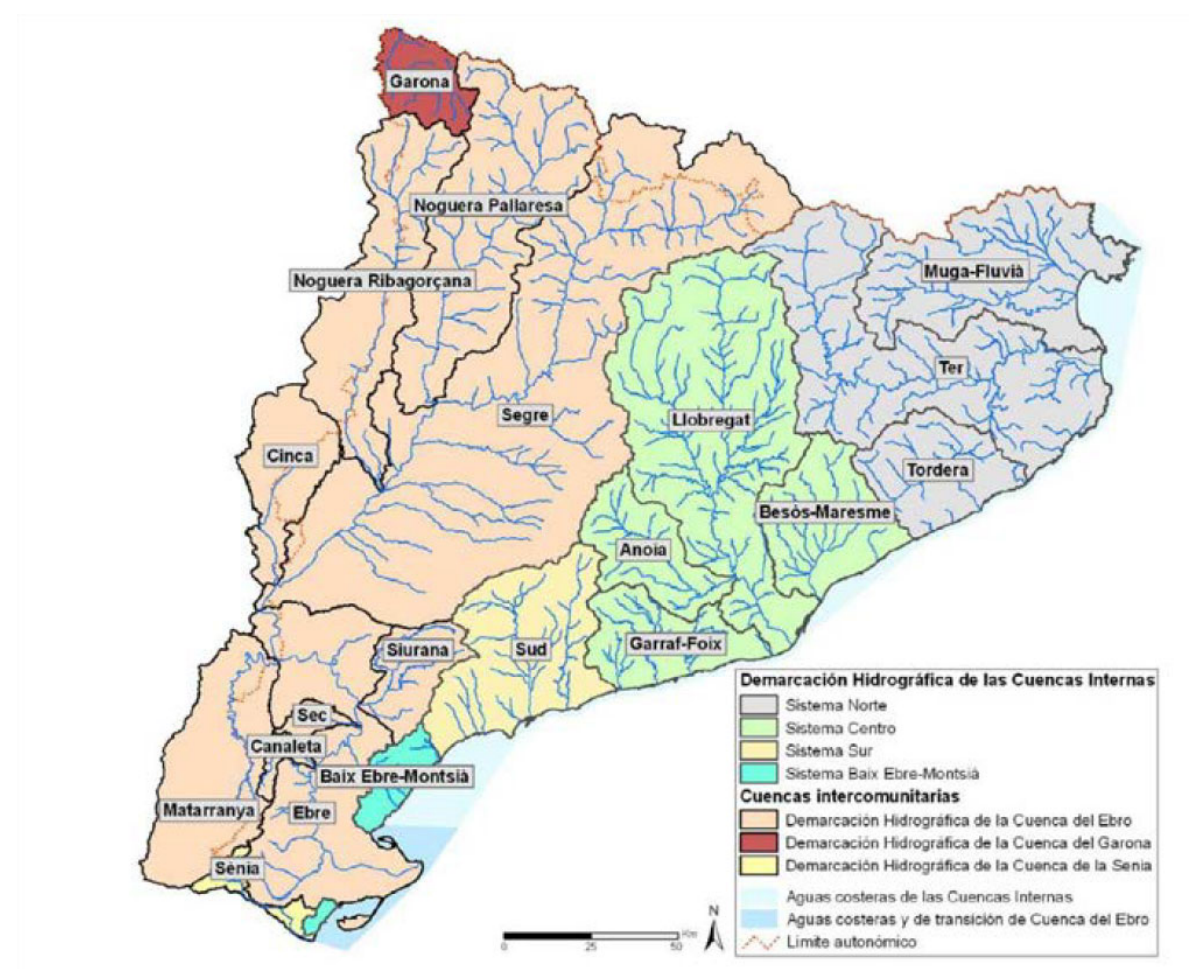


Figura 4. Cuencas internas de Cataluña.

La cuenca del río Tordera está situada en la vertiente suroriental del macizo montañoso del Montseny y discurre entre dicho macizo y la cordillera litoral, hasta su desembocadura en el mar, estableciendo la frontera entre la Costa Brava y la comarca del Maresme. Tiene una superficie aproximada de 900 Km², hasta su desembocadura en forma de delta (actualmente barra de arena) en el mar.

3.2. PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS

A partir de los datos obtenidos de las estación meteorológica 0275 Sils, se realiza el cálculo de las precipitaciones máximas diarias aplicando el método SQRT-ET. Además, se aplica el método de las isóneas contenido en la publicación *Máximas lluvias diarias en la España peninsular*, y se utilizan los mapas de isomáximas de precipitación P_d de la Agència Catalana de l'Aigua.

De los tres resultados que se obtienen para cada periodo de retorno, se selecciona el valor más alto. Los valores finales se recogen en la siguiente tabla:

Estación 0275 SILS	
Periodo de retorno (T)	Precipitación máxima diaria P_d (mm)
2 años	76 mm
5 años	109 mm
10 años	133 mm
25 años	167 mm
50 años	194 mm
100 años	228 mm
500 años	312 mm
1000 años	331 mm

Tabla 9.- Precipitaciones máximas diarias.

3.3. DEFINICIÓN DE LAS CUENCAS INTERCEPTADAS

En el Anejo nº5.- *Climatología e hidrología* del "Proyecto de Construcción. Autovía A-2, del Nordeste. Tramo: Enlace de Vidreres" se definen las siguientes cuencas:

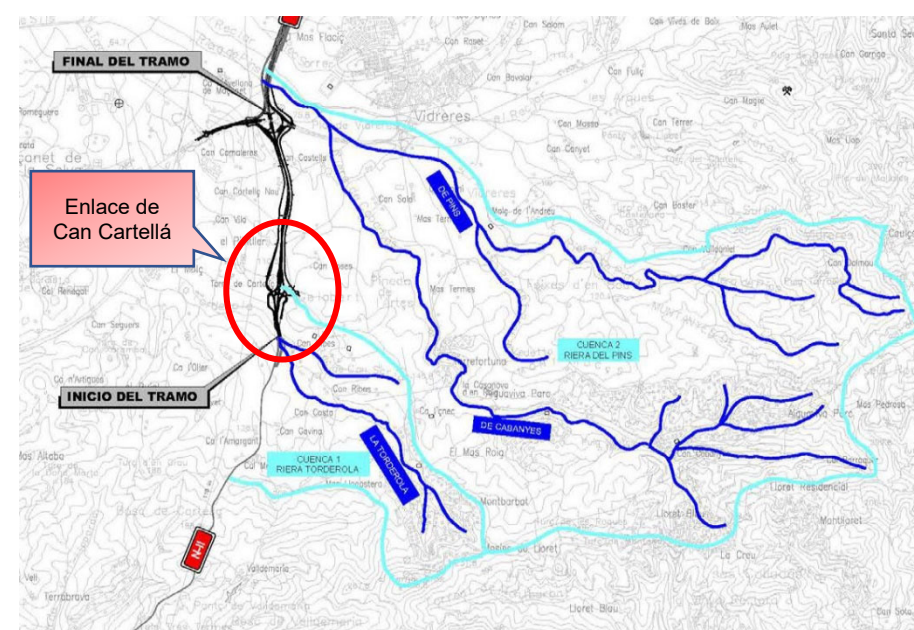


Figura 5. Cuencas proyecto enlace de Vidreres.

Como se observa en la *Figura 5*, la zona de proyecto es afectada únicamente por parte de la Cuenca 1 Riera Torderola (Subcuenca 1), formando una cuenca secundaria. En el resto de la actuación el agua se aleja hacia el exterior.

En la siguiente figura se incluye la planta de la actuación, la planta de la Subcuenca 1, y la planta del SIOSE (Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España).

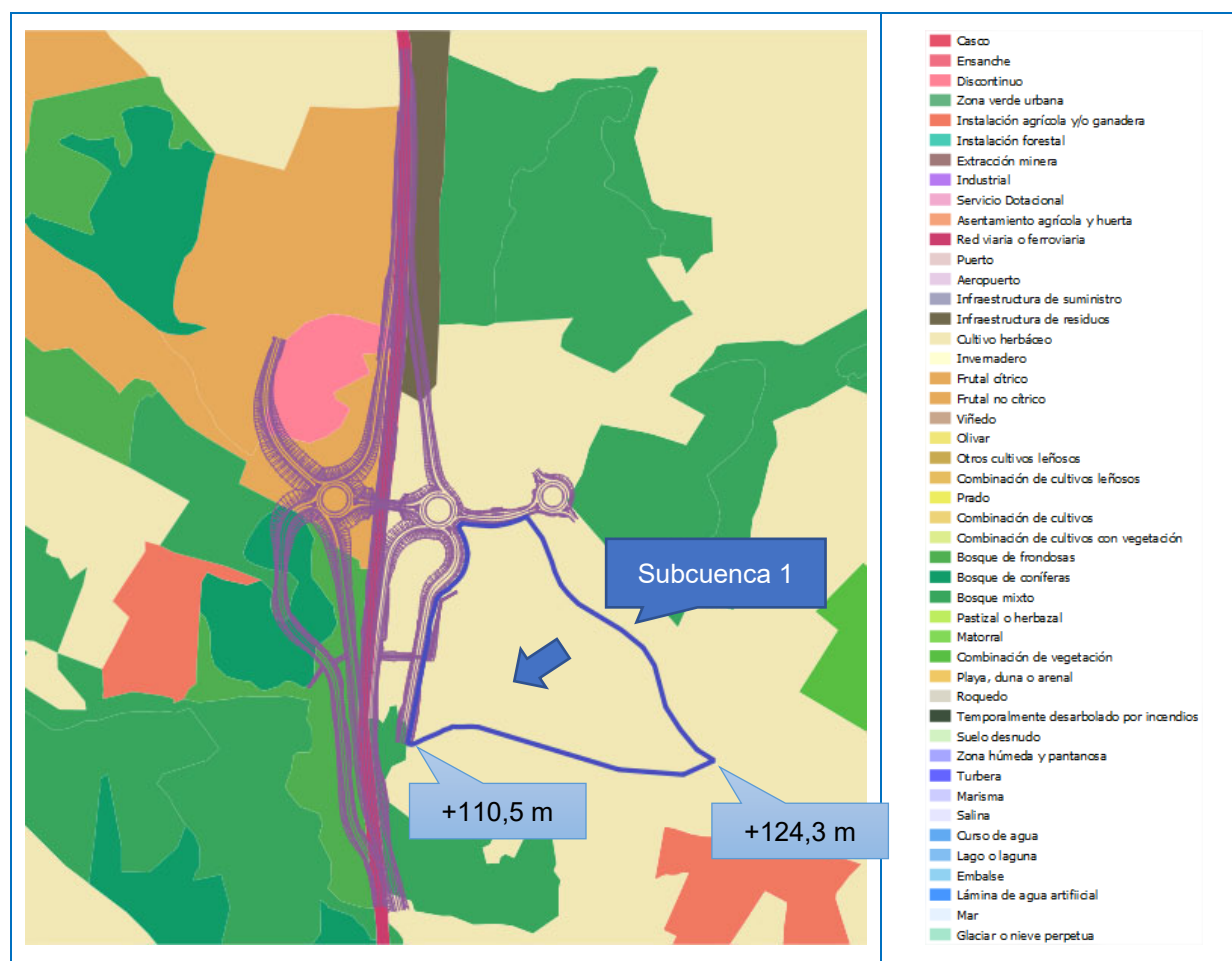


Figura 6. Cuencas proyecto enlace de Vidreres.

Como se observa, toda la subcuenca se encuentra en un terreno de cultivo herbáceo, y la caída de agua es dirección noreste – suroeste.

3.4. CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA

La Subcuenca 1 tiene las siguientes características:

- Área: $A = 66.999,04 \text{ m}^2$.
- Longitud: $L_c = 405,80 \text{ m}$.
- Cota máxima: $Z_{\text{máx}} = +124,3 \text{ m}$.
- Cota mínima: $Z_{\text{mín}} = +110,5 \text{ m}$.
- Pendiente: $J_c = 3,41\%$.
- Usos del suelo: Cultivo herbáceo en regadío en toda su superficie.
- Código del uso del suelo: 21210.
- Grupo hidrológico del suelo: B, según la siguiente figura de la *Norma 5.2-IC*.

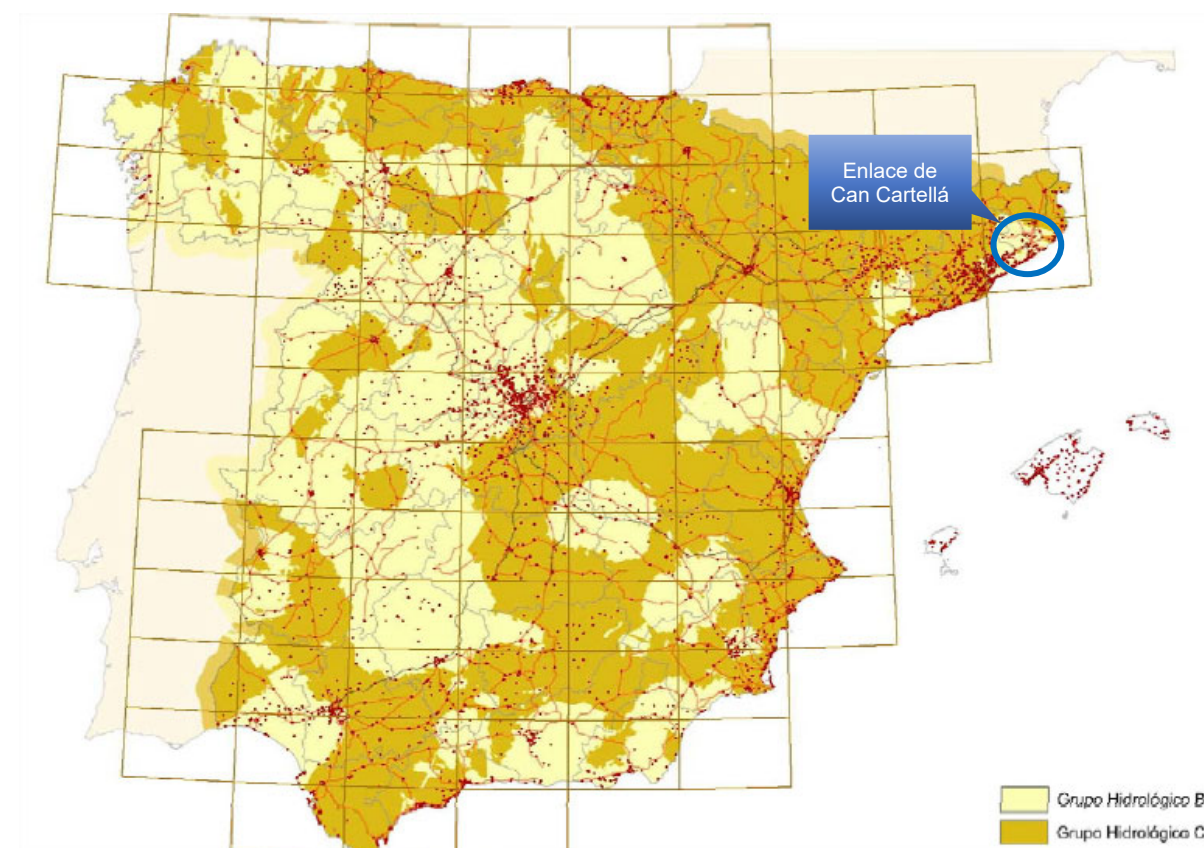


Figura 7. Mapa de grupos hidrológicos de suelo. Norma 5.2-IC.

- Valor inicial del umbral de escorrentía: $P_0^i = 25$.
- Desembocadura. El caudal se lleva por una cuneta hasta el cauce del torrente de Torderola.

3.5. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

El tiempo de concentración (t_c) es el tiempo necesario desde el comienzo del aguacero para que toda la superficie de la cuenca esté aportando escorrentía en el punto de desagüe. Se obtiene calculando el tiempo de recorrido más largo desde cualquier punto de la cuenca hasta el punto de desagüe, mediante la siguiente formulación, recogida en la *Norma 5.2-IC Drenaje Superficial*:

$$t_c = 0,3 \cdot L_c^{0,76} \cdot J_c^{-0,19}$$

Siendo:

- L_c [km]: Longitud del cauce.
- J_c []: Pendiente media.

En las cuencas de pequeño tamaño, que son aquellas en las que el resultado del tiempo de concentración es inferior a 0,25 h, el tiempo de recorrido en flujo sobre el terreno es apreciable respecto al tiempo de recorrido total, por lo que no es válida la formulación anterior. Así, para la determinación del tiempo de concentración es necesario dividir el recorrido de la escorrentía en tramos de características homogéneas inferiores a 300 m de longitud, y sumar los tiempos de concentración parciales, según la siguiente formulación:

$$t_c = \sum t_{dif}$$

$$t_{dif} = 2 \cdot L_{dif}^{0,408} \cdot n_{dif}^{0,312} \cdot J_{dif}^{-0,209}$$

Siendo:

- t_{dif} [minutos]: tiempo de concentración en flujo difuso sobre el terreno.
- n_{dif} []: Coeficiente de flujo difuso, que puede tener los siguientes valores.

COBERTURA DEL TERRENO		n_{dif}
Pavimentado o revestido		0,015
No pavimentado ni revestido	Sin vegetación	0,050
	Con vegetación escasa	0,120
	Con vegetación media	0,320
	Con vegetación densa	1,000

Tabla 10.- Coeficiente de flujo difuso. Norma 5.2-IC.

- L_{dif} [m]: Longitud de recorrido en flujo difuso.
- J_{dif} []: Pendiente media.

Para los valores $L_c = 0,40580$ km y $J_c = 0,0341$; resulta $t_c = 0,287$ h. Como es mayor de 0,25 h no hay flujo difuso.

3.6. CAUDAL DE DISEÑO

3.6.1. Método Racional

Se utiliza el Método Racional, que es el recomendado por la *Norma 5.2-IC Drenaje superficial* para pequeñas cuencas.

El caudal máximo anual Q_T para el periodo de retorno T se calcula mediante la siguiente formulación:

$$Q_T = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_T}{3,6}$$

Siendo:

- Q_T [m³/s]: Caudal máximo anual correspondiente al periodo de retorno T , en el punto de desagüe de la cuenca.
- $I(T, t_c)$ [mm/h]: Intensidad de precipitación correspondiente al periodo de retorno T , para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración t_c .
- C []: coeficiente medio de escorrentía de la cuenca o superficie considerada.
- A [km²]: Área de la cuenca o superficie considerada.
- K_T []: Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.

En el caso más general de cuencas heterogéneas, se resuelve el cálculo de caudales mediante la división del área total en áreas parciales de superficie A_i , que puedan considerarse homogéneas respecto a los factores influyentes en la formulación del Método Racional. En el presente proyecto la causa de heterogeneidad se debe a la variación espacial del coeficiente de escorrentía, quedando la fórmula anteriormente indicada sustituida por la siguiente:

$$Q_T = \frac{K_T}{3,6} \cdot I(T, t_c) \cdot \sum_{i=1}^n C_i \cdot A_i$$

En el caso de proyecto, al tener un único uso de suelo y pendiente uniforme, la cuenca es uniforme y no es necesario utilizar esta última formulación.

3.6.1. Intensidad de precipitación

La intensidad de precipitación $I(T, t_c)$ se obtiene de la siguiente formulación:

$$I(T, t_c) = I_d \cdot F_{int}$$

Siendo:

- I_d [mm/h]: Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al periodo de retorno T . se obtiene a partir de la siguiente formulación:

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

Siendo:

- P_d [mm]: Precipitación diaria correspondiente al periodo de retorno T .
- K_A []: Factor reductor de la precipitación por el área de la cuenca, que tiene en cuenta la simultaneidad de la lluvia en toda la cuenca. Presenta los siguientes valores:
 - Si $A < 1 \text{ km}^2$, $K_A = 1$.
 - Si $A \geq 1 \text{ km}^2$, $K_A = 1 - \log_{10}(A)/15$.

Siendo A el área total de la cuenca en km^2 .

- F_{int} []: Factor de intensidad, que introduce la torrencialidad de la lluvia en el área de estudio y depende de la duración del aguacero y del periodo de retorno. Se calcula aplicando la siguiente formulación:

$$F_{int} = \max(F_a, F_b)$$

Siendo:

- F_b []: Factor obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviógrafo próximo. Al no haber curvas IDF su valor es cero.
- F_a []: Factor obtenido a partir de la siguiente expresión:

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

Siendo:

- I_1/I_d []: Índice de torrencialidad, que expresa la relación entre la intensidad de precipitación horaria y la media diaria corregida. Su valor se determina a partir de la *Figura 2.4* de la *Norma 5.2-IC*.

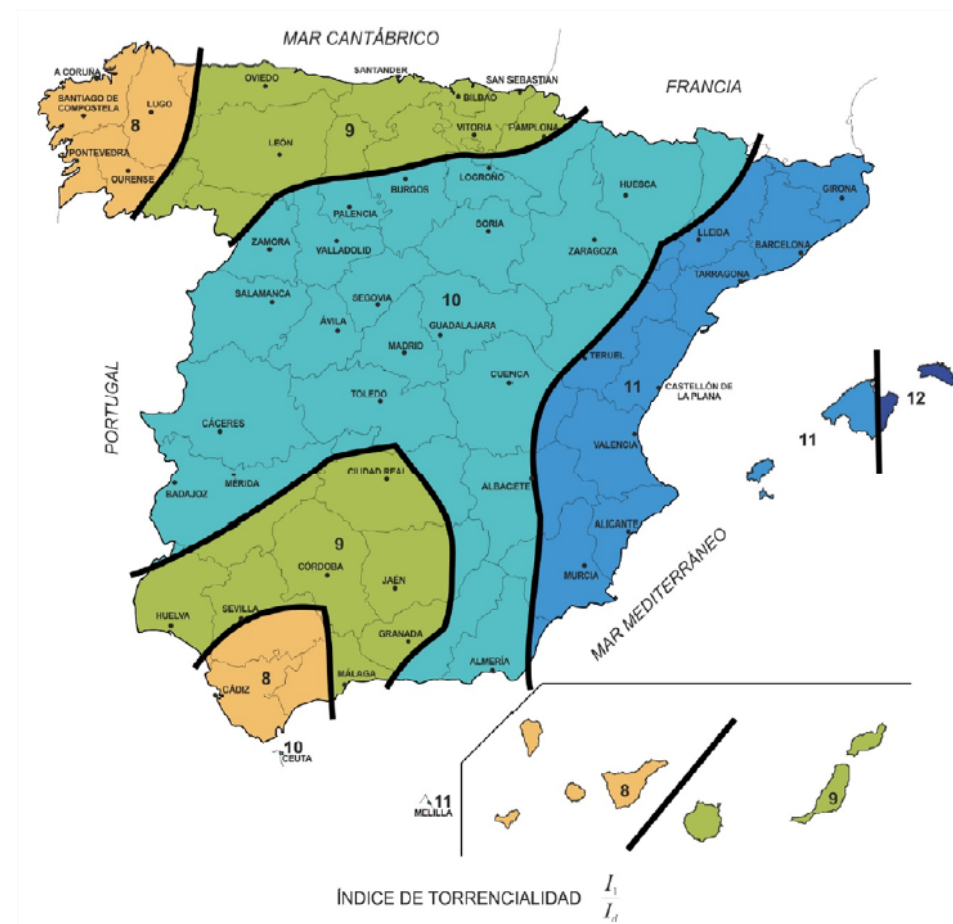


Figura 8. Mapa del índice de torrencialidad (I_1/I_d). Norma 5.2-IC.

En el ámbito de la actuación, $I_1/I_d = 11$.

- t [h]: Duración del aguacero, que se estima igual al tiempo de concentración (t_c).

Sustituyendo en las formulaciones anteriores, se obtienen los siguientes resultados:

K_A	$I_d,2$	$I_d,5$	$I_d,10$	$I_d,25$	$I_d,50$	$I_d,100$	$I_d,500$	$I_d,1000$
[]	mm/h	mm/h	mm/h	mm/h	mm/h	mm/h	mm/h	mm/h
1,00	3,17	4,54	5,54	6,96	8,08	9,50	13,00	13,79
F_{int}	$I(2,t_c)$	$I(5,t_c)$	$I(10,t_c)$	$I(25,t_c)$	$I(50,t_c)$	$I(100,t_c)$	$I(500,t_c)$	$I(1000,t_c)$
[]	mm/h	mm/h	mm/h	mm/h	mm/h	mm/h	mm/h	mm/h
22,39	70,91	101,70	124,10	155,82	181,01	212,74	291,12	308,84

Tabla 11.- Coeficiente de flujo difuso.

3.6.2. Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía (C) define la parte de la precipitación de intensidad $I(T, t_c)$ que genera el caudal de avenida en el punto de desagüe de la cuenca. Se obtiene aplicando la siguiente formulación:

- Si $P_d \cdot K_A > P_0$
$$C = \frac{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} - 1 \right) \cdot \left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} - 23 \right)}{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 11 \right)}$$
- Si $P_d \cdot K_A \leq P_0$
$$C = 0$$

Siendo:

- C []: Coeficiente de escorrentía.
- P_d [mm]: Precipitación diaria correspondiente al periodo de retorno considerado.
- K_A []: Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca.
- P_0 [mm]: Umbral de escorrentía, que representa la precipitación mínima que debe caer sobre la cuenca para que se inicie la generación de escorrentía. Se determina con la siguiente expresión:

$$P_0 = P_0^i \cdot \beta$$

Siendo:

- P_0^i [mm]: valor inicial del umbral de escorrentía. Se ha obtenido anteriormente, consultando la *Tabla 2.3* de la *Norma 5.2-IC*, y tiene un valor de **$P_0^i = 25$ mm**. En ella han sido necesarios definir los siguientes parámetros:
 - Uso del suelo. Obtenido anteriormente del mapa de ocupación del suelo en España perteneciente al proyecto europeo SIOSE (Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España) de 2014, que se puede descargar en la web del *Instituto Geográfico Nacional*.
 - Grupo hidrológico del suelo donde se localizan las cuencas interceptadas. Consultando la *Figura 2.7* de la *Norma 5.2-IC*, resulta que el área de la actuación se localiza en el **grupo B**: infiltración moderada; textura franco-arenosa, franca, franco-arcillosa-arenosa, y franco-limosa; con un drenaje de bueno a moderado.
 - Pendiente media del terreno, cercano al 3%, según la cartografía de proyecto.
- β []: Coeficiente corrector del umbral de escorrentía.

En la *Figura 7.9* de la *Norma 5.2-IC*, resulta que la actuación se localiza en la **zona 1021**.



Figura 9. Regiones consideradas para la caracterización del coeficiente corrector del umbral de escorrentía. Norma 5.2-IC.

El coeficiente corrector del umbral de escorrentía presenta dos valores, según se vaya a utilizar o bien para los cálculos de caudales del drenaje transversal (β^{DT}), o bien para el cálculo de caudales para el drenaje de plataformas y márgenes (β^{PM}). Se calcula aplicando las siguientes formulaciones:

$$\beta^{DT} = (\beta_m - \Delta_{50}) \cdot F_T$$

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

Siendo:

- β^{DT} []: Coeficiente corrector del umbral de escorrentía para el drenaje transversal de la carretera.
- β^{PM} []: Coeficiente corrector del umbral de escorrentía para el drenaje de plataforma, márgenes, y drenaje transversal de vías auxiliares.
- β_m []: Valor medio en la región del coeficiente corrector del umbral de escorrentía.
- F_T []: Factor función del periodo de retorno T.
- Δ_{50} []: Desviación respecto al valor medio.

Los valores de β_m , F_T , y Δ_{50} , se obtienen de la *Tabla 2.5* de la *Norma 5.2-IC*, y son los siguientes:

Región	β_m	Δ_{50}	$F_{T,2}$	$F_{T,5}$	$F_{T,10}$	$F_{T,25}$	$F_{T,50}$	$F_{T,100}$	$F_{T,500}$
1.021	1,45	0,15	0,79	0,93	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00

NOTA: Los valores de $F_{T,10}$, $F_{T,50}$, y $F_{T,1000}$ se han interpolado.

Tabla 12.- Resultados previos. Coeficientes correctores del umbral de escorrentia.

Sustituyendo en las formulaciones anteriores, se obtienen los siguientes resultados:

$\beta_{PM,2}$	$\beta_{PM,5}$	$\beta_{PM,10}$	$\beta_{PM,25}$	$\beta_{PM,50}$	$\beta_{PM,100}$	$\beta_{PM,200}$	$\beta_{PM,500}$
1,146	1,349	1,374	1,450	1,450	1,450	1,450	1,450
$\beta_{DT,2}$	$\beta_{DT,5}$	$\beta_{DT,10}$	$\beta_{DT,25}$	$\beta_{DT,50}$	$\beta_{DT,100}$	$\beta_{DT,200}$	$\beta_{DT,500}$
1,027	1,209	1,232	1,300	1,300	1,300	1,300	1,300

Tabla 13.- Coeficientes correctores del umbral de escorrentia.

$P_{0,PM,2}$	$P_{0,PM,5}$	$P_{0,PM,10}$	$P_{0,PM,25}$	$P_{0,PM,50}$	$P_{0,PM,100}$	$P_{0,PM,500}$
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
28,6	33,7	34,3	36,3	36,3	36,3	36,3
$P_{0,DT,2}$	$P_{0,DT,5}$	$P_{0,DT,10}$	$P_{0,DT,25}$	$P_{0,DT,50}$	$P_{0,DT,100}$	$P_{0,DT,500}$
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
25,68	30,23	30,79	32,50	32,50	32,50	32,50

Tabla 14.- Umbrales de escorrentia.

$C_{PM,2}$	$C_{PM,5}$	$C_{PM,10}$	$C_{PM,25}$	$C_{PM,50}$	$C_{PM,100}$	$C_{PM,500}$
0,228	0,289	0,349	0,409	0,461	0,518	0,625
$C_{DT,2}$	$C_{DT,5}$	$C_{DT,10}$	$C_{DT,25}$	$C_{DT,50}$	$C_{DT,100}$	$C_{DT,500}$
0,261	0,325	0,386	0,447	0,500	0,556	0,661

Tabla 15.- Coeficientes de escorrentia.

3.6.3. Coeficiente de uniformidad

El coeficiente de uniformidad K_T tiene en cuenta la falta de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación. Se calcula a través de la siguiente expresión:

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

Siendo:

- K_T []: Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.
- t_c [h]: Tiempo de concentración de la cuenca.

Sustituyendo $t_c = 0,287$ h, resulta $K_T = 1,015$.

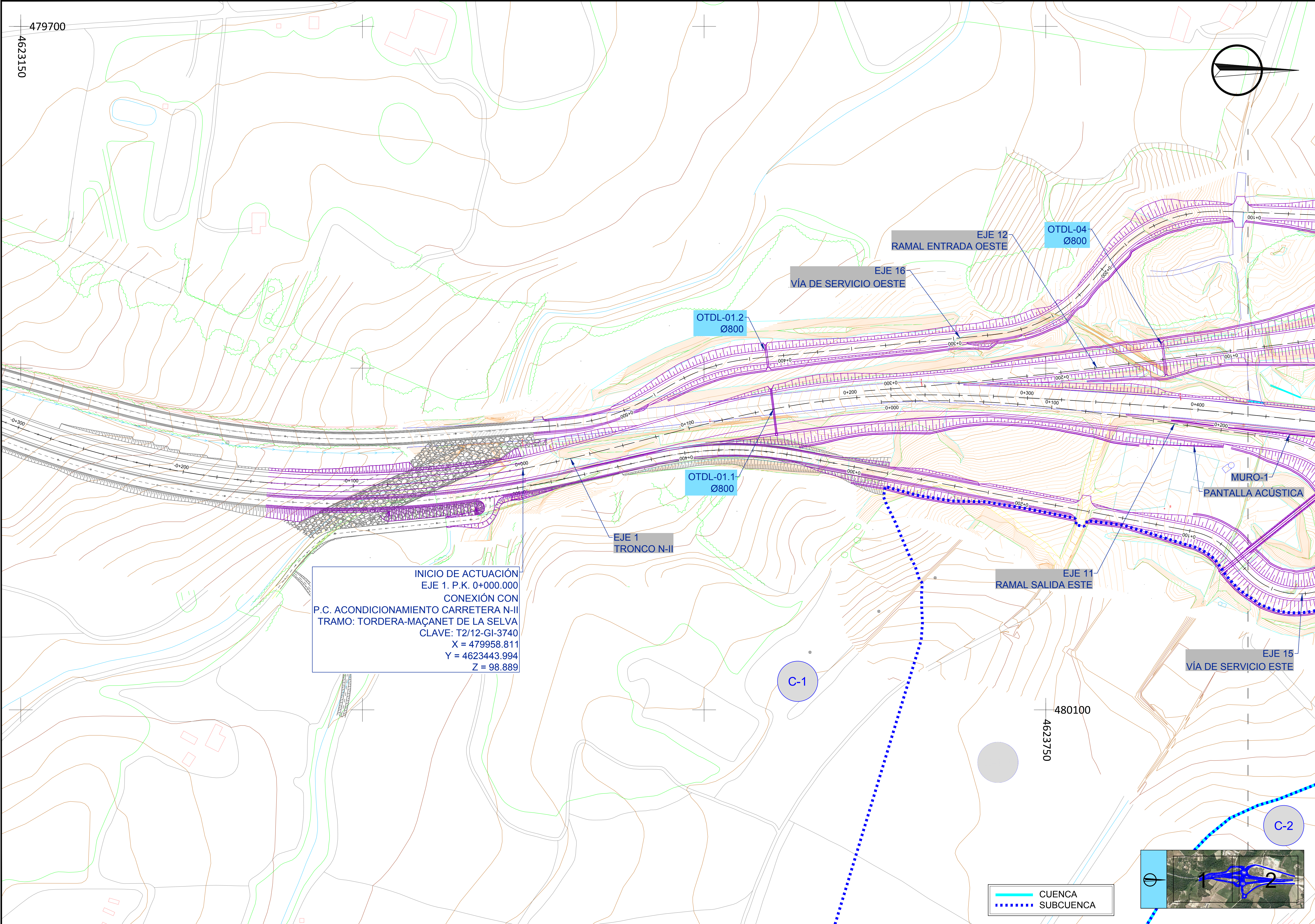
3.6.4. Resultados finales

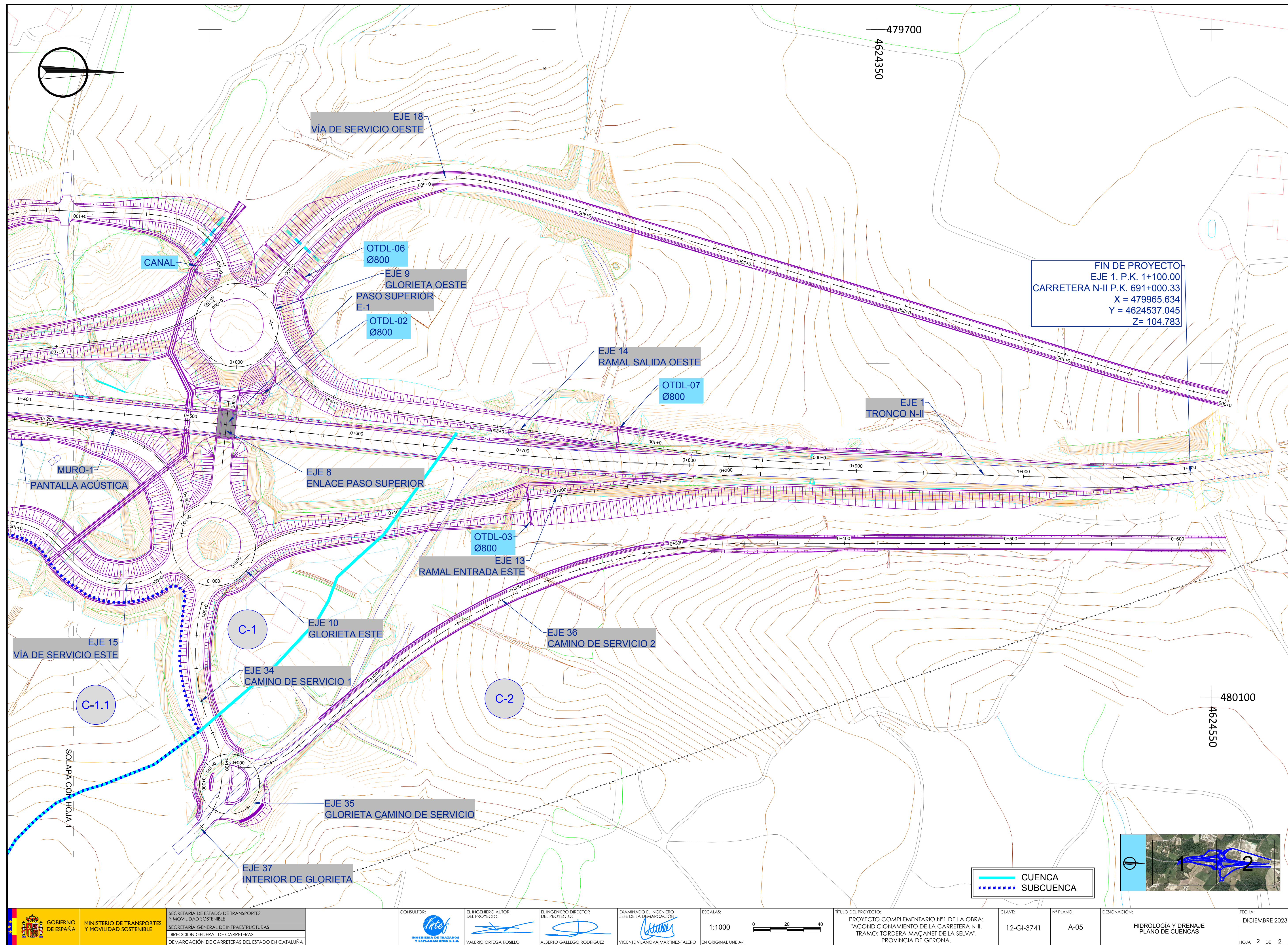
Aplicando las formulaciones descritas anteriormente, se tienen los siguientes resultados para la subcuenca 1:

$Q_{PM,2}$	$Q_{PM,5}$	$Q_{PM,10}$	$Q_{PM,25}$	$Q_{PM,50}$	$Q_{PM,100}$	$Q_{PM,500}$
m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s
0,300	0,560	0,820	1,200	1,580	2,080	3,440
$Q_{DT,2}$	$Q_{DT,5}$	$Q_{DT,10}$	$Q_{DT,25}$	$Q_{DT,50}$	$Q_{DT,100}$	$Q_{DT,500}$
m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s
0,350	0,624	0,906	1,316	1,709	2,235	3,632

Tabla 16.- Caudales de diseño.

APÉNDICE Nº1.- PLANOS





APÉNDICE Nº2.- ANEJO Nº5. CLIMATOLOGÍA DEL PROYECTO T2/12-GI -3850.B

ANEJO N° 5.

CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES.....	3		
2. PROYECTO DE TRAZADO “AUTOVÍA DEL NORDESTE (A-2) PK 9+700-14+266. TRAMO: MAÇANET DE LA SELVA-SILS”. CLAVE 12-GI-3580.....	3		
3. INTRODUCCIÓN	3		
4. INFORMACIÓN CLIMÁTICA.....	4		
4.1. INTRODUCCIÓN	4		
4.2. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS GENERALES	5		
4.2.1. Aspectos generales.....	5		
4.2.2. Estaciones meteorológica consideradas	5		
4.2.3. Pluviometría	8		
4.2.4. Termometría.....	23		
4.2.5. Humedad.....	27		
4.2.6. Evapotranspiración.....	29		
4.2.7. Insolación	31		
4.2.8. Vientos	33		
4.3. CLASIFICACIÓN DE ÍNDICES CLIMÁTICOS	35		
4.3.1. Índices de caracterización agroclimática.....	35		
4.3.1.1. Índice de temperatura efectiva de Thornthwaite (It).	35		
4.3.1.2. Índice pluviométrico de Blair.....	36		
4.3.1.3. Índice termopluviométrico de Martonne (Ia)	36		
4.3.1.4. Índice termopluviométrico de Dantín–Revenga (IDR).....	36		
4.3.1.5. Índice de Lang (IL).....	37		
4.3.2. Clasificación climática de Köppen.....	37		
4.4. CÁLCULO DE LOS DÍAS ÚTILES DE TRABAJO PARA LA PROGRAMACIÓN DE LAS OBRAS.....	38		
5. INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA.....	41		
5.1. INTRODUCCIÓN	41		
5.1. ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS SELECCIONADAS.	42		
5.1.1. Introducción.....	42		
5.2. VALORES EXTRAÍDOS DEL PEF DE LA TORDERA.....	44		
5.3. VALORES ZONALES OBTENIDOS A PARTIR DE LAS “MÁXIMAS LLUVIAS DIARIAS EN LA ESPAÑA PENINSULAR”.	44		
5.3.1. Agència Catalana de l’Aigua: valores zonales deducidos de los mapas de isomáximas de precipitación máxima diaria del ACA.....	47		
5.4. CONTRASTE DE LOS RESULTADOS.....	51		
6. HIDROLOGÍA	52		
6.1. DESCRIPCIÓN HIDROLÓGICA DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	52		
6.1.1. Río Tordera	55		
6.1.2. Riera de Santa Coloma	55		
6.1.3. Sequia de Sils	56		
6.1.4. Otros cauces afectados por el área de estudio.....	57		
6.2. CONTACTOS MANTENIDOS CON LA AGÈNCIA CATALANA DE L’AIGUA.	58		
6.3. DELIMITACIÓN Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS CUENCAS.....	69		
6.4. CÁLCULO DE CAUDALES MÁXIMOS	79		
6.4.1. Drenaje transversal	79		
6.4.2. Método hidrometeorológico.....	79		
6.4.3. Drenaje longitudinal	90		
APÉNDICE I. PLANOS	91		

I. ANTECEDENTES

El presente anejo tiene por objeto caracterizar las condiciones climáticas e hidrológicas del entorno afectado por las obras a proyectar.

El actual Proyecto proviene de un largo historial de estudios precedentes, puesto que la construcción para la mejora de la A-2 en el tramo Maçanet de la Selva – Sils y del tramo Enlace de Vidreres han tenido una tramitación complicada. Es por eso que, el origen de la documentación contenida en el presente anejo ya se incluye en el conjunto de Proyectos antecesores al presente.

A continuación se enumeran cronológicamente dichos Proyectos previos y se describe brevemente la problemática acaecida en cada uno de ellos:

- Proyecto de construcción. “Autovía del Nordeste (A-2) PK 8+500-13+500. Tramo: Maçanet de la Selva-Sils”. Clave 12-GI-3100.

Redactado en Junio de 2005 por la ingeniería INTRAESA.

En base a este proyecto se adjudica la obra en diciembre de 2005 a la “UTE Maçanet – Sils” (Copcisa S.A y Marcor Ebro S.A). Debido a problemas de drenaje detectados en la zona de la Riera de Pins, Rec Clar y Rec Sorrer y junto con la necesidad de mejora del enlace de Vidreres, se rescinden las obras de mutuo acuerdo, a 7 de Abril de 2009. A propuesta de la Demarcación de Carreteras del Estado en Cataluña, la Dirección General de Carreteras resuelve autorizar la redacción de un nuevo proyecto de trazado y construcción para el tramo, en fecha de 11 de Mayo de 2009.

- Proyecto de trazado “Autovía del Nordeste (A-2) PK 9+700-14+266. Tramo: Maçanet de la Selva-Sils”. Clave T2-GI-3580.

Redactado en Agosto de 2009 por la ingeniería APIA XXI S.A.

Dicho proyecto es aprobado provisionalmente el 30 de Septiembre de 2009 y sometido a un trámite de Información pública a efectos de la Ley de Expropiación forzosa. En el análisis hidráulico del Proyecto se considera el estudio realizado por el Departamento de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) asociado a los cursos de la Riera de Pins, Rec Clar y Rec Sorrer, con fecha de Octubre de 2008. El 15 de Abril de 2010, la Agència Catalana de l'Aigua (la ACA en adelante) emite un informe favorable en referencia al cálculo y diseño del drenaje de dicho Proyecto. Nuevamente y, ante la existencia de nuevos condicionantes, que no son de naturaleza hidráulica y que se centran en la disminución del tramo de actuación y obras a desarrollar, la Dirección General de Carreteras resuelve modificar la orden de estudio del proyecto de trazado y construcción para el tramo, en fecha de 19 de Septiembre de 2011.

2. PROYECTO DE TRAZADO “AUTOVÍA DEL NORDESTE (A-2) PK 9+700-14+266. TRAMO: MAÇANET DE LA SELVA-SILS”. CLAVE 12-GI-3580.

Redactado en Octubre de 2011 por la ingeniería APIA XXI S.A.

Aprobado provisionalmente en noviembre de 2011, dicho Proyecto pasa también el trámite de Información Pública (B.O.E. de 29 de Diciembre de 2011). En fecha 27 de Abril de 2012, la ACA emite un informe favorable, respecto a las estructuras proyectadas, en tanto que se mantiene la geometría y rasantes previstas en el Proyecto anterior. El 11 de Octubre de 2012 se aprueba el expediente de Información Pública, estableciéndose en el apartado 4 de dicha resolución, la necesidad de redactar un proyecto específico para la mejora, de manera simultánea, del Enlace de Vidreres y de la intersección de Can Cartellà. Para dar cumplimiento a dicha prescripción, la Dirección General de Carreteras, a instancias de la Demarcación de Carreteras de Cataluña, resuelve, en fecha 27 de Noviembre de 2012, autorizar la redacción de dos proyectos independientes: el presente Proyecto de Construcción, de clave 12-GI-3580.A correspondiente al tramo de Autovía Maçanet de la Selva – Sils, y el Proyecto de Trazado y Construcción T2/12-GI-3580.B correspondiente al enlace de Vidreres e intersección de Can Cartellà.

3. INTRODUCCIÓN

El alcance del estudio a realizar abarca la zona cercana a la traza, así como la extensión territorial que forma parte de las cuencas, cuyo caudal recogido después de producirse precipitaciones en las mismas, van a verter sobre la traza.

En líneas generales, los objetivos principales perseguidos por este anejo, son los que se enumeran y describen brevemente a continuación:

- Caracterizar el área de estudio desde el punto de vista climático (termometría, pluviometría, meteoros, vientos, índices climáticos...) e hidrológico (características hidrológicas, etc.).
- Determinar los coeficientes medios de reducción por días de climatología adversa, para el cálculo de días laborables en las diferentes actividades incluidas en el proyecto.
- Detallar la metodología utilizada y los cálculos realizados para la obtención de los diferentes datos pluviométricos que se precisan para el dimensionamiento de todos los elementos de drenaje de la obra.
- Delimitar las cuencas hidrológicas cuyo desagüe natural se ve interrumpido por la traza de la autovía y determinar los datos físicos asociados a éstas que se precisan para el cálculo del caudal aportado.

- Definición de los caudales máximos de avenida necesarios para el diseño de las obras de drenaje, a partir de los datos de precipitaciones recogidos y la caracterización de las cuencas interceptadas.

En lo que respecta al contenido del anejo, tras esta breve introducción, se procede a la caracterización del área de estudio desde el punto de vista climático, a partir de la información existente al respecto en el documento *“Planificació de l’espai fluvial de la conca de la Tordera”*, en adelante PEF, elaborado por la *Agència Catalana de l’Aigua* y completada por los *Anuarios meteorológicos de la Generalitat de Catalunya (1997–2002)*.

Tras la consulta de estas publicaciones de estos organismos, se realiza una elección de los datos climatológicos que realmente afectan a la traza, y se procede a presentar la “Información Climática” recopilada referente al área de estudio, incluyendo una descripción de las características climáticas generales del ámbito de análisis, un estudio de la termometría, pluviometría, meteoros, humedad, evaporación, insolación, nubosidad y vientos de la zona, la determinación de las clasificaciones y de los índices climáticos de interés para el estudio, y la obtención de los coeficientes medios de reducción por días de climatología adversa para el cálculo de días laborables en las diferentes actividades.

A continuación, se presenta la “Información Pluviométrica”, en el que se recogen todos aquellos datos pluviométricos de la zona de estudio necesarios para el posterior diseño del sistema de drenaje. En él se realiza el oportuno proceso de selección de las estaciones pluviométricas próximas al trazado que son más representativas, y a continuación, se determinan las precipitaciones máximas diarias correspondientes a los diferentes periodos de retorno asociadas a cada una de las estaciones seleccionadas, tras el oportuno contraste de los valores.

El estudio hidrológico tiene como objetivo determinar los caudales máximos de avenida necesarios para el diseño de las obras de drenaje, a partir de los datos de precipitaciones recogidos y de la caracterización de las cuencas interceptadas. El estudio de “Hidrología” comienza con una descripción hidrológica de la zona de estudio. De igual modo, se incluye la delimitación y definición de las características físicas de todas las cuencas interceptadas por el trazado y los correspondientes planos de cuencas. A continuación se indican los contactos mantenidos con la *Agència Catalana de l’Aigua*.

Los cálculos hidrológicos efectuados para la determinación de los caudales máximos siguen las recomendaciones de la vigente “Instrucción 5.2.-I.C: Drenaje Superficial” del M.O.P.U. (1990), la Guía Técnica “Recomanacions Tècniques per als estudis d’inundabilitat d’àmbit local” publicada por la *Agència Catalana de l’Aigua* y el resto de publicaciones específicas para el cálculo de caudales máximos en cuencas naturales como el “Método Hidrometeorológico de J. R. Témez para el Cálculo de Caudales”.

Dada la especial idiosincrasia del ámbito de proyecto, desde el punto de vista hidrológico, se ha contado para el estudio hidrológico y de drenaje con la colaboración del Grupo de Investigación en Transporte de Sedimentos (en adelante GITS) del Departamento de Hidráulica de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la *Universitat Politècnica de Catalunya*.

4. INFORMACIÓN CLIMÁTICA

4.1. INTRODUCCIÓN

A efectos de caracterizar el área de estudio desde el punto de vista climático, se ha recogido la información existente al respecto proporcionada por:

- Ministerio de Fomento.
- Generalitat de Catalunya.

Tras ser considerados estos datos, se ha realizado una elección de los que realmente afectan a este estudio.

Ministerio de Fomento

- “Datos Climáticos para Carreteras (M.O.P. 1964)”:**

- Datos para la programación de las obras, mediante cálculo de los días trabajables.

Generalitat de Catalunya

- Atlas Climático General de Catalunya. (Departament de Medi Ambient)*

Este atlas ofrece un conjunto de mapas climáticos digitales de temperatura media del aire (mínimas, medias y máximas), precipitación y radiación solar.

- Servei de Meteorologia de Catalunya*
- Agència Catalana de l’Aigua*

De este organismo se han consultado las siguientes publicaciones:

- *“Planificació de l’espai fluvial de la conca de la Tordera”.*
- *“Recomanacions Tècniques per als estudis d’inundabilitat d’àmbit local”.*
- *“Càlcul hidrològic i determinació del cabals d’avinguda”.*

En los siguientes apartados se va a realizar una descripción detallada de la termometría y pluviometría de la zona de análisis y se determinarán los índices climáticos de interés para el presente estudio. Por último, se calcularán los coeficientes medios de reducción por días de climatología adversa, para el cálculo de días laborables en las diferentes actividades.

4.2. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS GENERALES

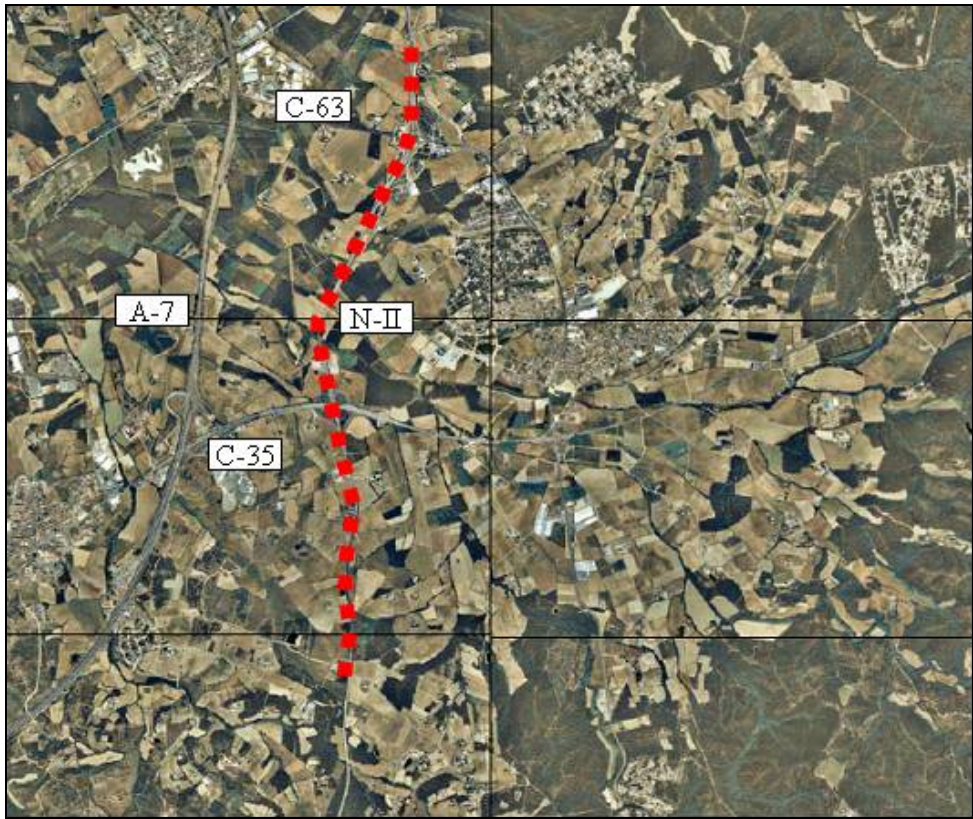
4.2.1. Aspectos generales

Las actuaciones definidas en Proyecto se localizam junto a la actual carretera N-II, en los términos municipales de Sils, Maçanet de la Selva y Vidreres. Configurando el ámbito de proyecto tres infraestructuras: la autopista AP-7 por el oeste, la carretera C-35 por el sur y la carretera C-63 por el norte.

El tramo de Proyecto intercepta la red natural de drenaje de la Riera de Santa Coloma, uno de los principales tributarios de la Tordera.

Cercanas al trazado proyectado, pero sin interceptar en él, se sitúan un total de 4 rieras: Riera de Pins, el Reg Clar, el Reg Sorrer (y también a dos afluentes de este último) y la riera de La Granota.

En la Figura que se adjunta a continuación, se muestra la zona de proyecto.



En Cataluña se distinguen varias zonas climáticas de acuerdo con los valores medios de los siguientes parámetros: Precipitación media anual (PMA), Régimen pluviométrico estacional (RPE), Temperatura media anual (TMA) y Variación térmica anual (VTP) (diferencia entre la temperatura del mes más cálido y del mes más frío). Según estos parámetros se obtiene las siguientes clasificaciones.

Zona climática	Oceánica	Pirenaica	Prepirenaica	Continental	Prelitora	Litoral
PMA (mm)	900-1.000	1.000-1.300	650-1.100	350-850	600-1.000	500-750
RPE	Equilibrado	Máx verano Mín invierno	Máx verano primavera. Mín invierno	Máx otoño primavera Mín verano	Máx otoño primavera	Máx otoño.
TMA (°C)	6 a 9	2 a 9	9 a 12	12 a 14	11 a 15	14,5 a 17
VTP (°C)	13 a 15	13 a 16	16 a 19	17 a 20	15 a 18	14 a 15

Así la zona de estudio que se corresponde con la Cuenca de la Tordera presenta una precipitación media anual de 800 mm con un máximo en otoño y primavera, una temperatura media anual de 14,6 °C y una variación térmica anual de 16,5 °C estos rasgos engloban el ámbito de estudio dentro de la zona climática caracterizada como prelitoral, caracterizada por lluvias producidas, principalmente en otoño, por masas de aire procedentes del mediterráneo.

4.2.2. Estaciones meteorológica consideradas

Para la definición climática del área de estudio, se toman los datos contenidos en el PEF, estos datos proceden del conjunto de estaciones meteorológicas que constituyen la Red Climatológica de Cataluña. Se han utilizado aquellas estaciones consideradas más relevantes según su ubicación y representatividad y según la duración de los años de las series de datos que poseen.

Para la descripción de las variables de temperatura, humedad, viento, evapotranspiración e irradiación se han utilizado las series comprendidas entre 1997 – 2000 de la estación de Santa Coloma de Farners (0 360O).

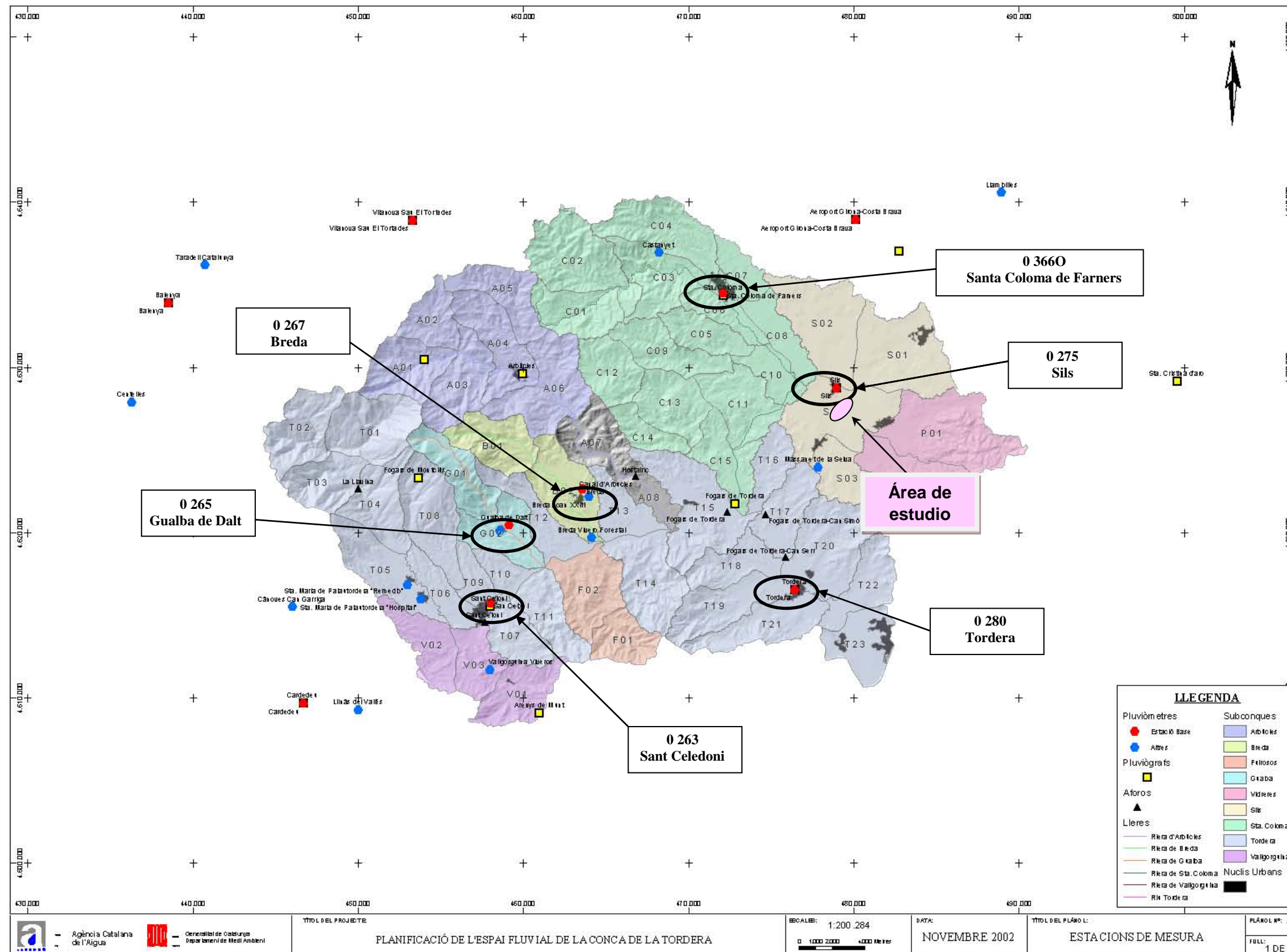
Por otro lado, para el estudio de las precipitaciones se dispone de datos de 15 estaciones de las que se seleccionan 7. En concreto (0 263) Sant Celedoni, (0 265) Gualba de Dalt, (0 265 A) Gialba Juan Ragué, (0 267) Breda, (0 275) Sils, (0 280) Tordera y (0 366O) Santa Coloma de Farners.

A continuación se presenta una tabla con las principales características de las estaciones, indicando su nombre y código así como un plano con la localización de las mismas.

Tabla: Estaciones Meteorológicas.

ESTACIÓN METEOROLÓGICA		TIPO DE ESTACIÓN	COORDENADAS		ALTITUD (m)	DATOS METEOROLÓGICOS		
Designación	Indicativo Hidrológico		Longitud	Latitud		Serie de años con datos	Nº de años con datos	Nº de años con datos completos
Sant Celedoni	0 263	Termopluviométrica	02º 29´ 43´´ E	41º 41´ 30´´ N	155	1940 – 2002	63	48
Gualba de Dalt	0 265	Termopluviométrica	02º 03´ 00´´ E	41º 44´ 00´´ N	177	1942 – 1973	31	19
Gialba Juan Ragué	0 265A	Termopluviométrica	02º 30´ 07´´ E	41º 43´ 52´´ N	170	1977 – 2002	26	24
Breda	0 267	Termopluviométrica	02º 33´ 43´´ E	41º 45´ 15´´ N	175	1927 – 1977	42	34
Sils	0 275	Termopluviométrica	02º 44´ 48´´ E	41º 48´ 35´´ N	76	1921 – 1988	45	31
Tordera	0 280	Termopluviométrica	02º 43´ 00´´ E	41º 42´ 00´´ N	30	1951 – 2002	52	50
Santa Coloma de Farners	0 366O	Termopluviométrica	02º 39´ 50´´ E	41º 51´ 41´´ N	135	1978 - 2002	24	19

Figura: Estaciones Meteorológicas.



4.2.3. Pluviometría

En el apartado anterior se efectía un primer análisis de las características generales de la pluviometría del área de estudio. A partir de ahora, van a concretarse éstas, realizando un estudio detallado y minucioso de dicha pluviometría.

Para ello, se han extraído del PEF una serie de tablas y gráficos, en las que se presenta una descripción pormenorizada del régimen de precipitaciones en la zona de estudio para las estaciones consultadas, y que se adjuntan a continuación.

Tabla: Evolución de la lluvia anual 1940-2000. Estación 0265 Gualba de Dalt

Estación	Media anual (mm)
0265 Gualba	904,81

Figura: Evolución de la lluvia anual 1940-2000. Estación 0265 Gualba de Dalt

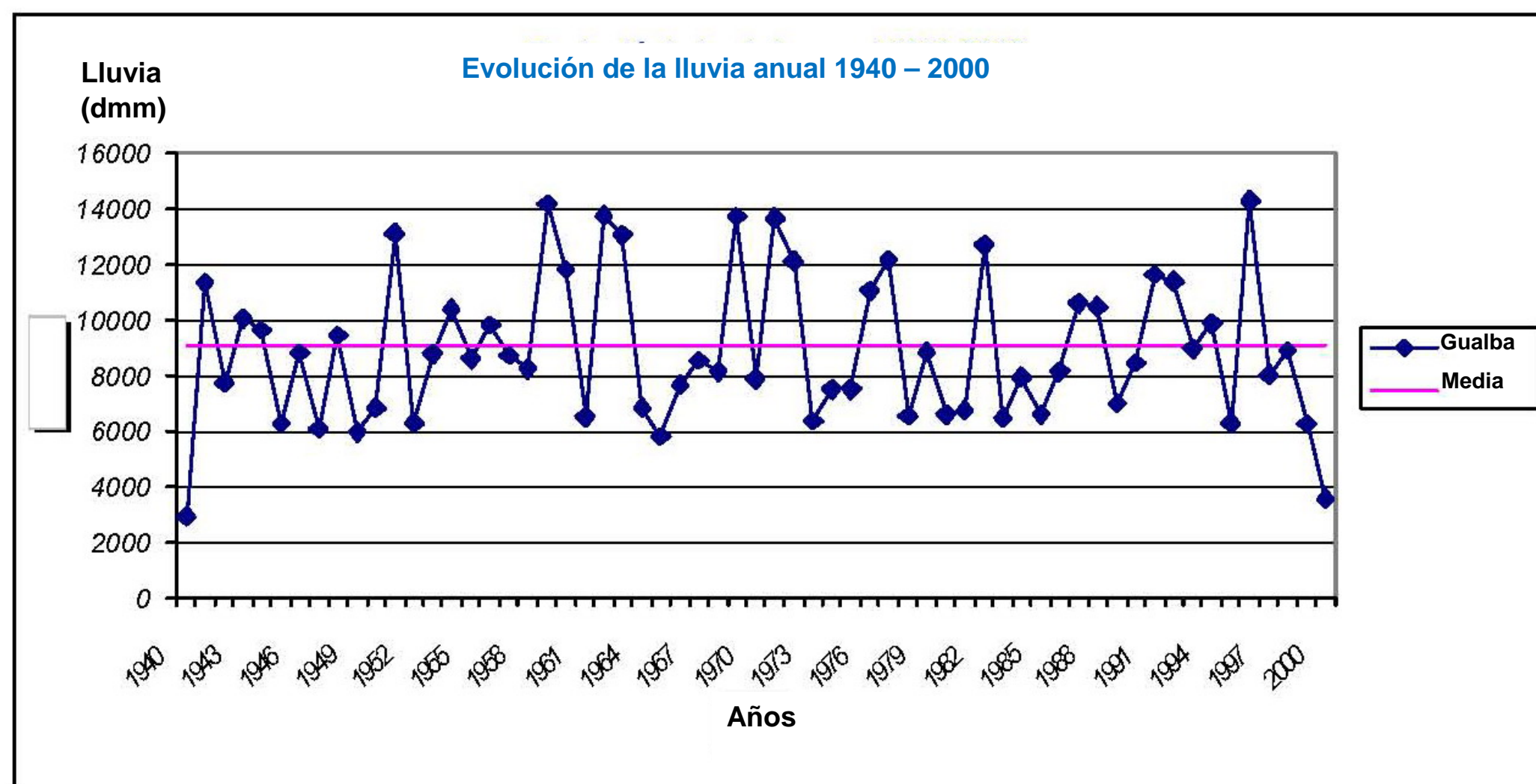


Tabla: Precipitación media mensual. Estación 0265 Gualba de Dalt

PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL(decímetros de mm)											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
682,5	552,2	699,9	836,1	806,9	621,6	389,7	808,3	1017,6	1087,0	746,4	800,0

Figura: Precipitación media mensual. Estación 0265 Gualba de Dalt

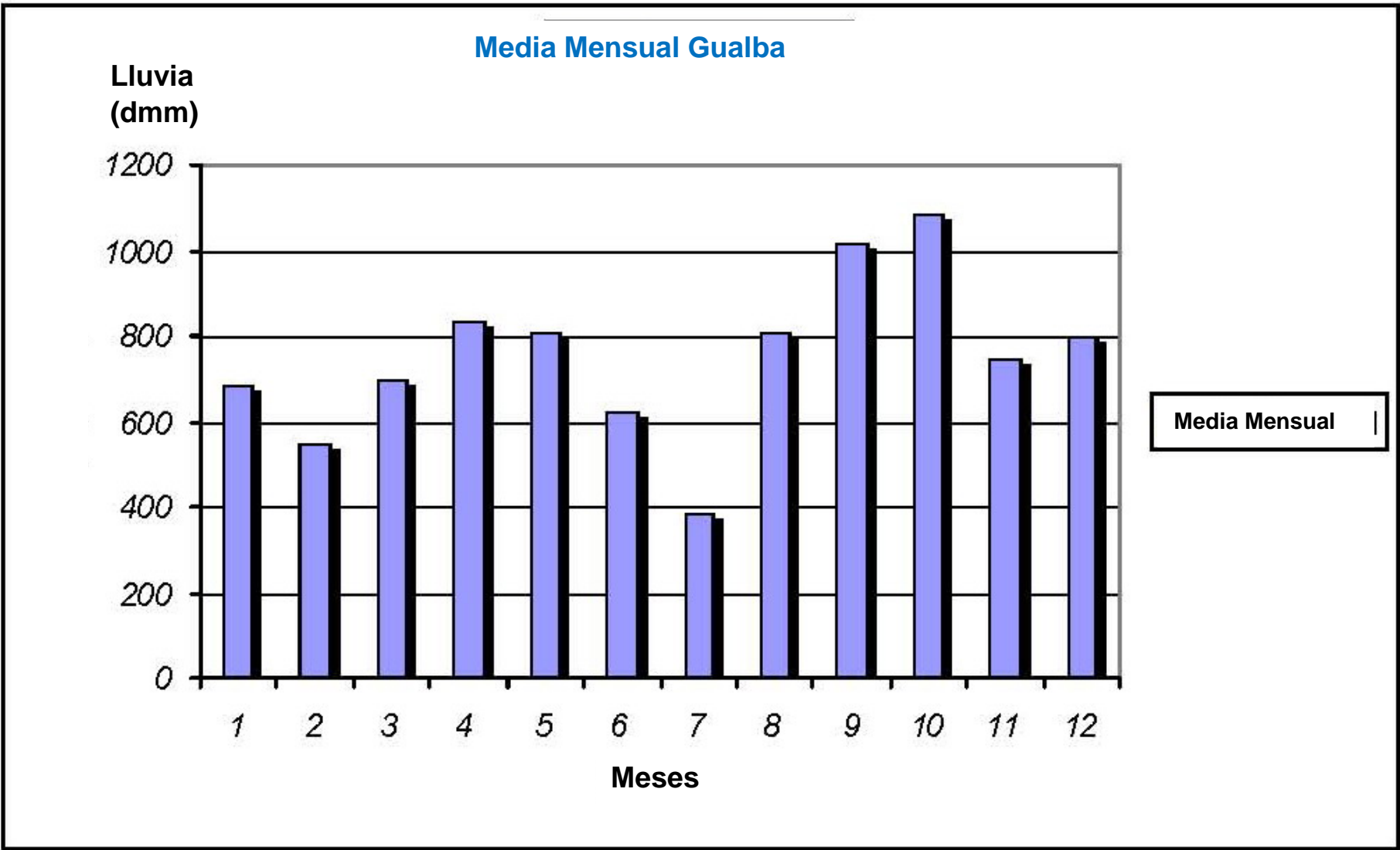


Tabla: Evolución de la lluvia anual 1940-2000. Estación 0263 Sant Celedoni

Estación	Media anual (mm)
San Celedoni	756,96

Figura: Evolución de la lluvia anual 1940-2000. Estación 0263 Sant Celedoni

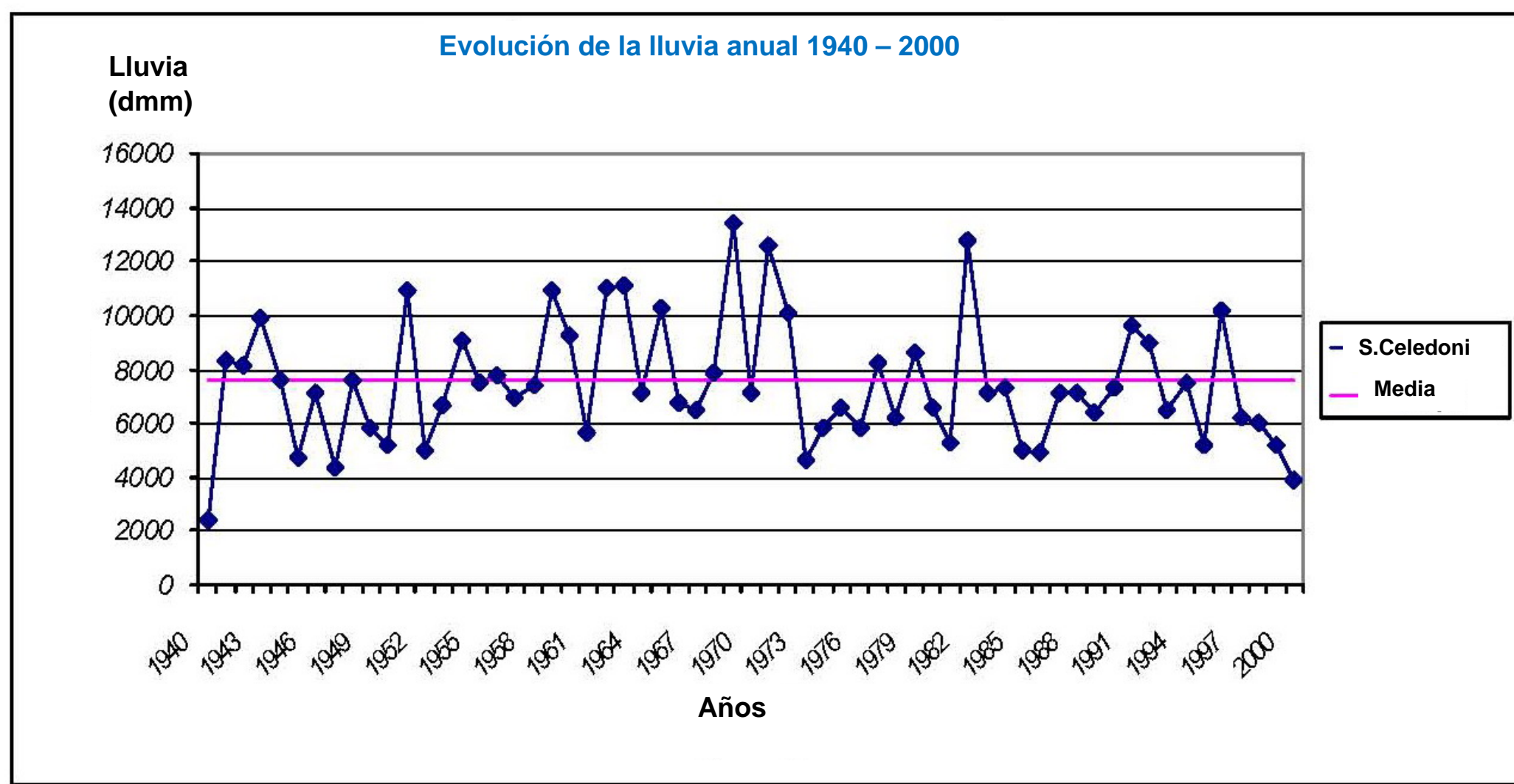


Tabla: Precipitación media mensual. Estación 0263 Sant Celedoni

PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL (dmm)											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
523,8	509,7	637,7	664,6	632,3	488,8	306,2	609,5	853,6	959,1	681,7	702,8

Figura: Precipitación media mensual. Estación 0263 Sant Celedoni

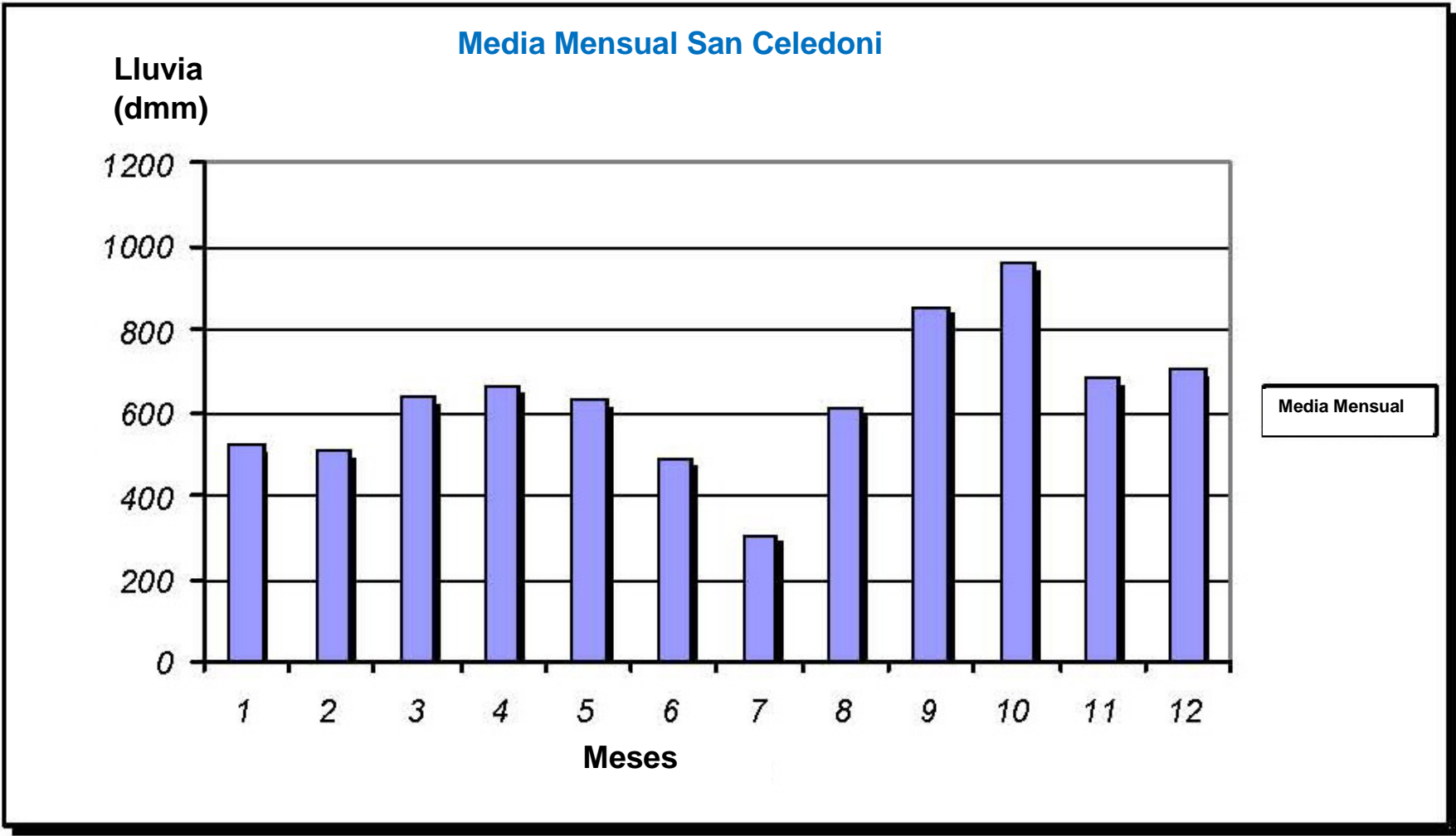


Tabla: Evolución de la lluvia anual 1940-2000. Estación 0267 Breda

Estación	Media anual (mm)
Breda	774,44

Figura: Evolución de la lluvia anual 1940-2000. Estación 0267 Breda

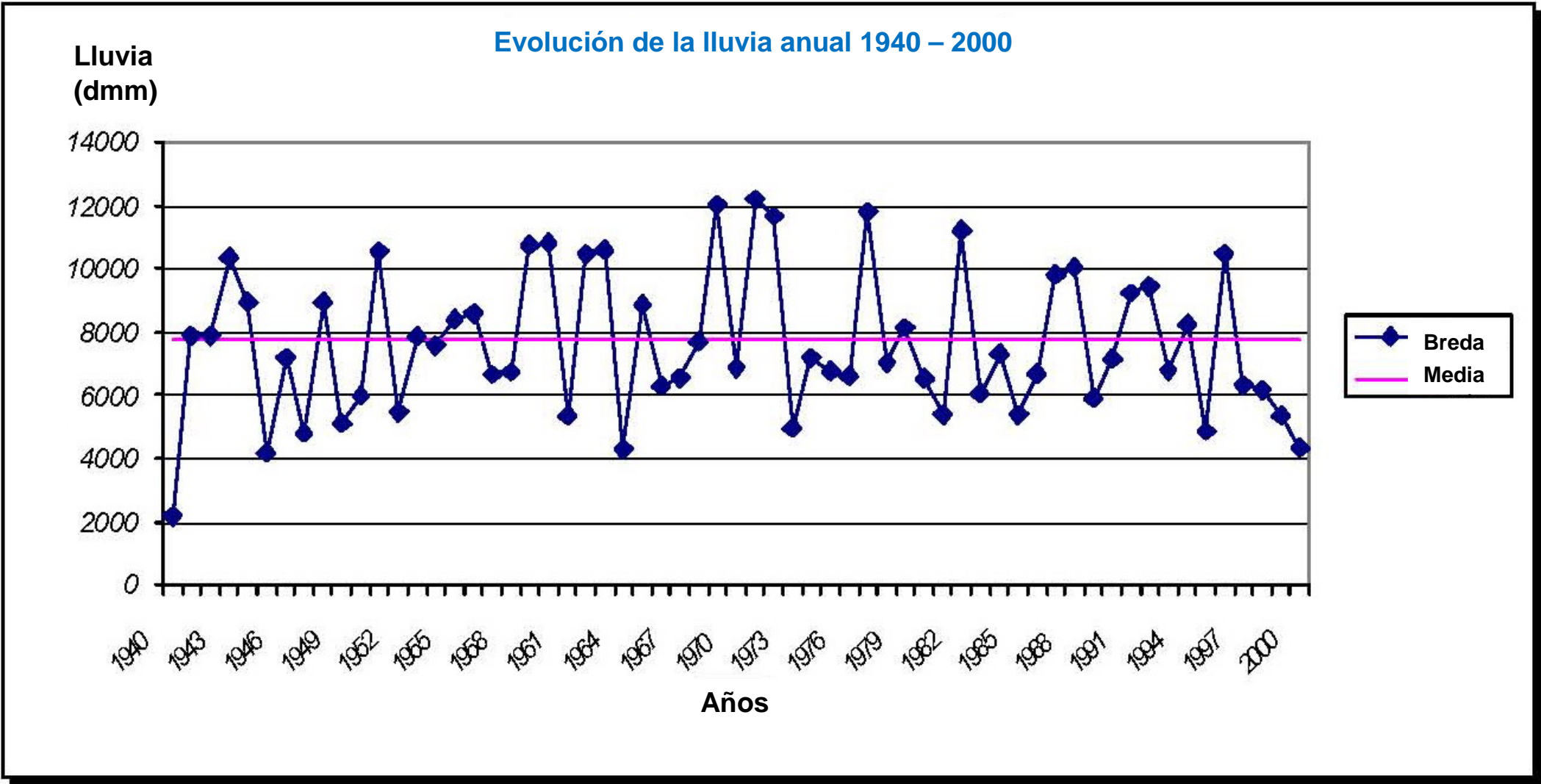


Tabla: Precipitación media mensual. Estación 0267 Breda

PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL (dmm)											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
534,5	461,1	690,2	693,6	692,55	578,5	351,8	628,1	841,3	957,0	667,8	648,0

Figura: Precipitación media mensual. Estación 0267 Breda

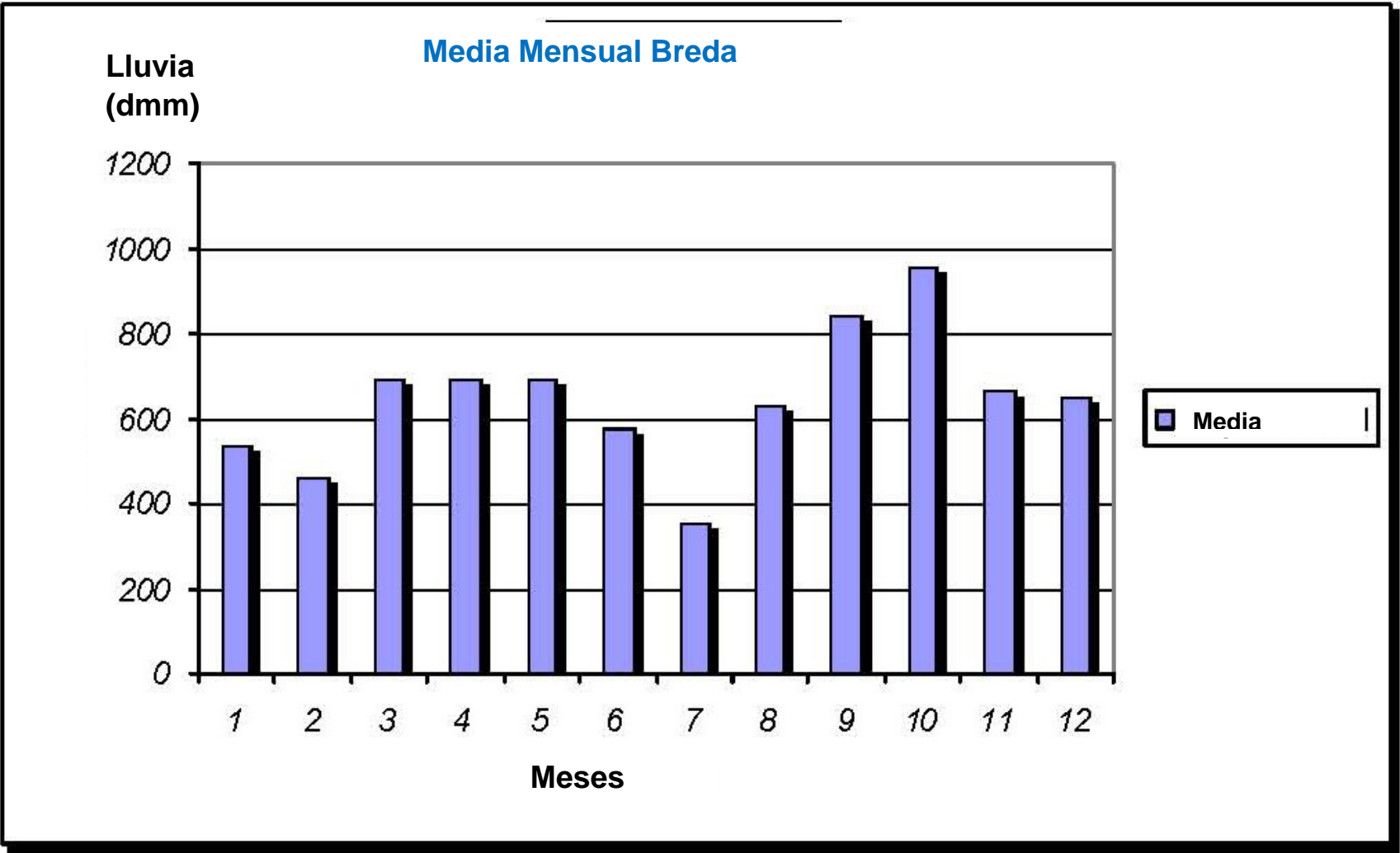


Tabla: Evolución de la lluvia anual 1940-2000. Estación 0275 Sils

Estación	Media anual (mm)
Sils	924,74

Figura: Evolución de la lluvia anual 1940-2000. Estación 0275 Sils

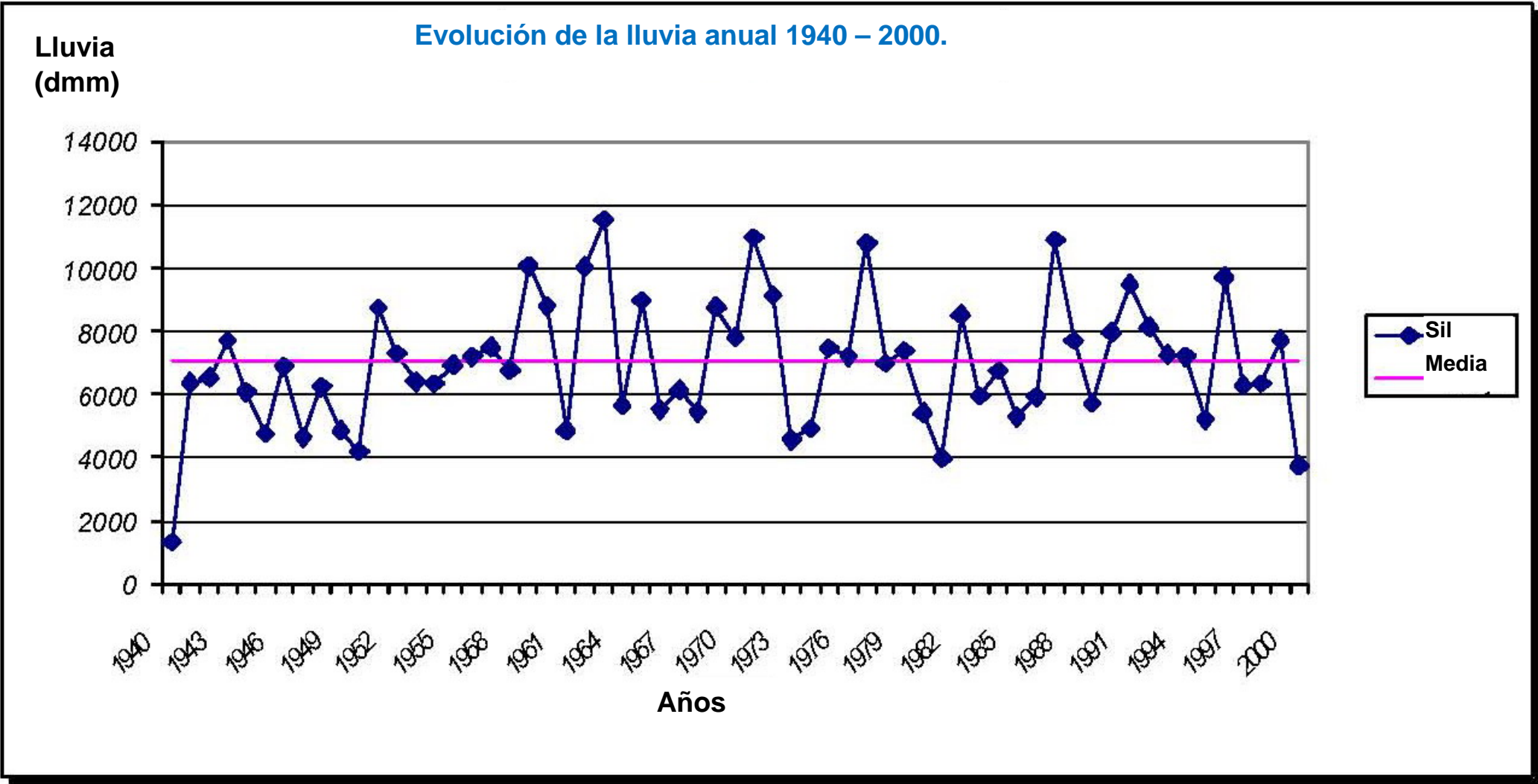


Tabla: Precipitación media mensual. Estación 0275 Sils

PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
497,6	442,9	532,5	628,7	627,6	488,8	234,9	467,7	814,0	1067,5	667,6	612,2

Figura: Precipitación media mensual. Estación 0275 Sils

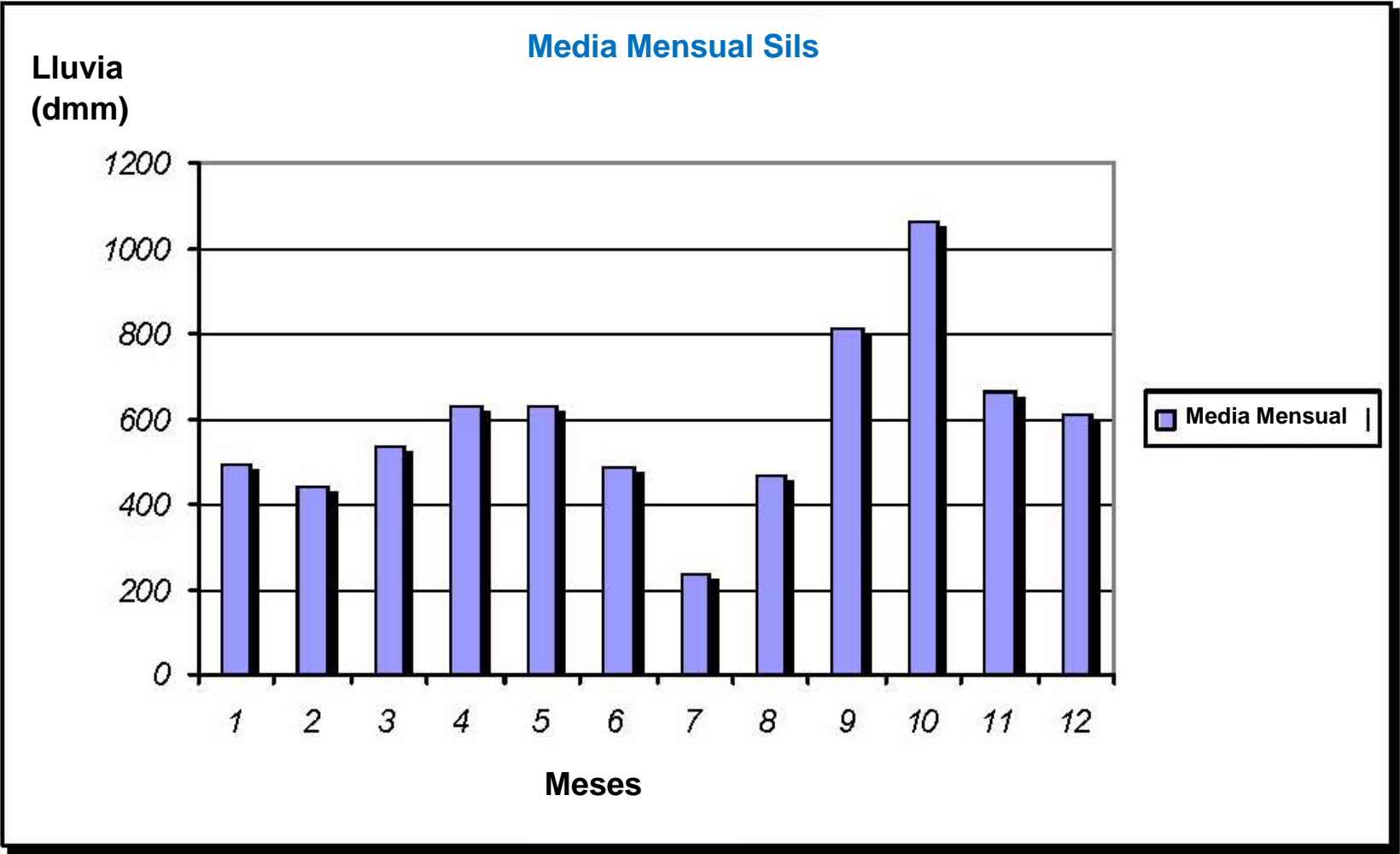


Tabla: Evolución de la lluvia anual 1940-2000. Estación 0280 Tordera

Estación	Media anual (mm)
Tordera	924,74

Figura: Evolución de la lluvia anual 1940-2000. Estación 0280 Tordera

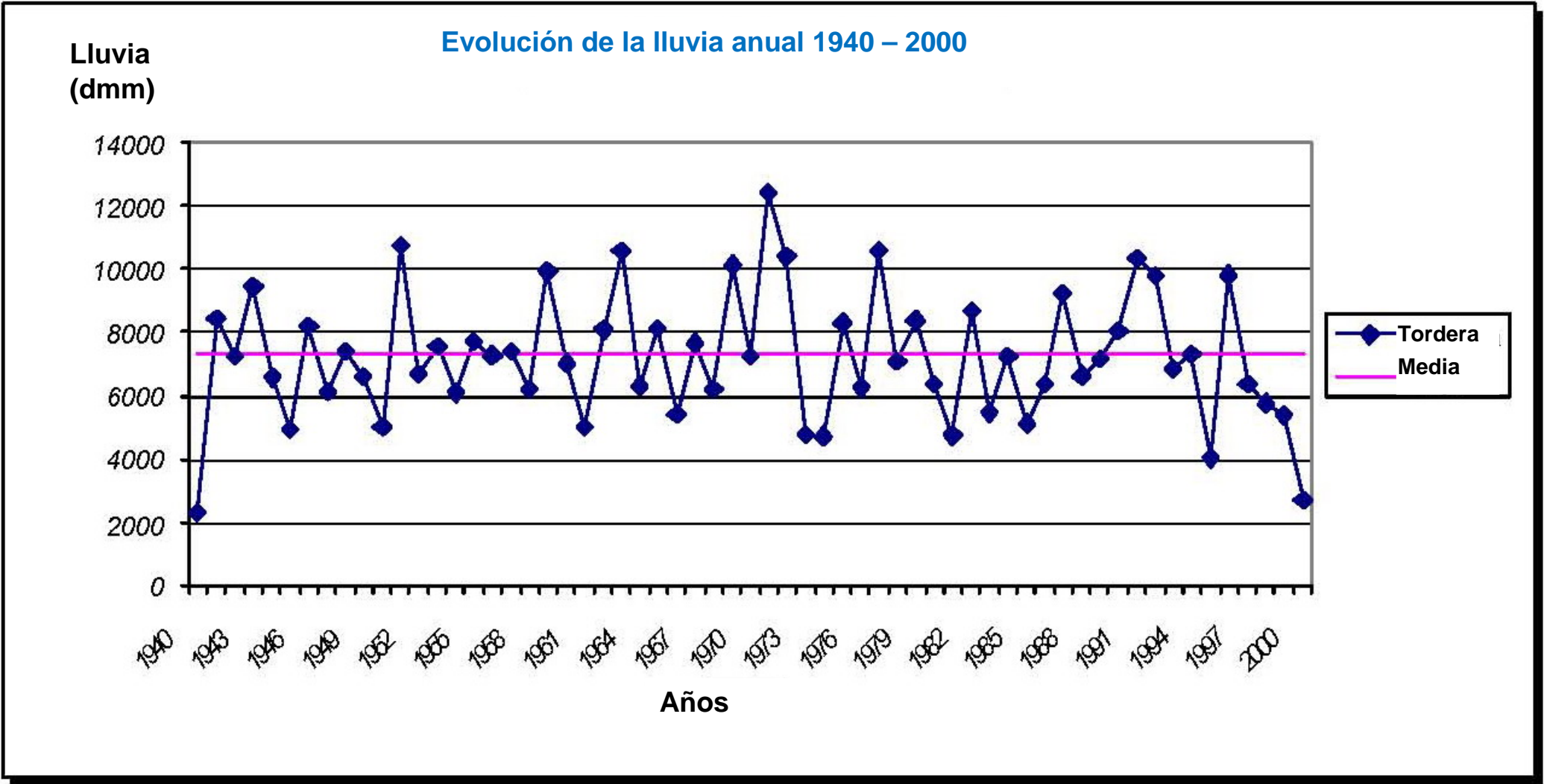


Tabla: Precipitación media mensual. Estación 0280 Tordera

PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
564,7	458,0	593,2	635,7	647,0	520,4	278,8	530,4	806,8	937,8	672,0	689,6

Figura: Precipitación media mensual. Estación 0280 Tordera

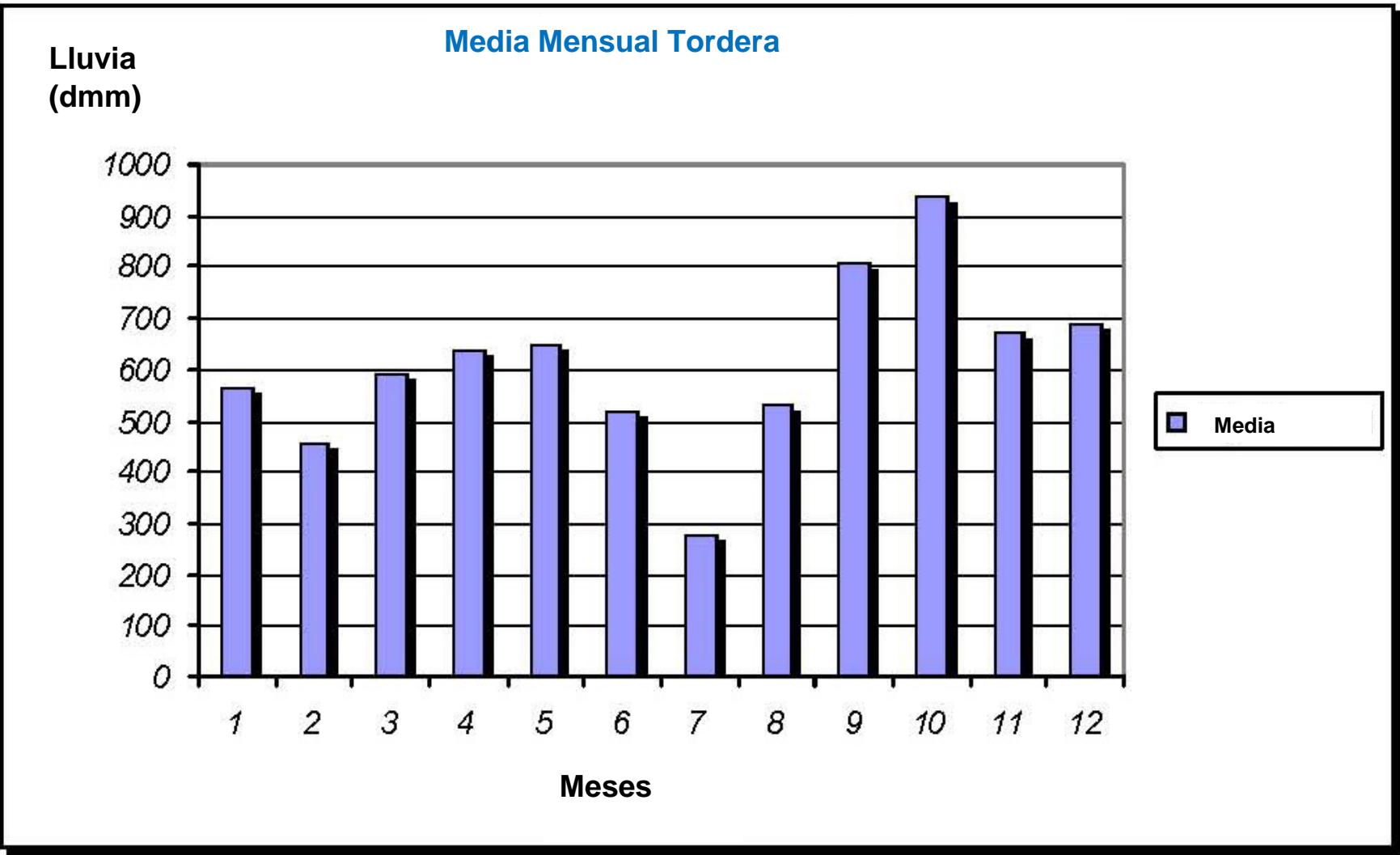


Tabla: Evolución de la lluvia anual 1940-2000. Estación 0366 O Santa Coloma de Farners

Estación	Media anual (mm)
Santa Coloma	765,64

Figura: Evolución de la lluvia anual 1940-2000. Estación 0366 O Santa Coloma de Farners

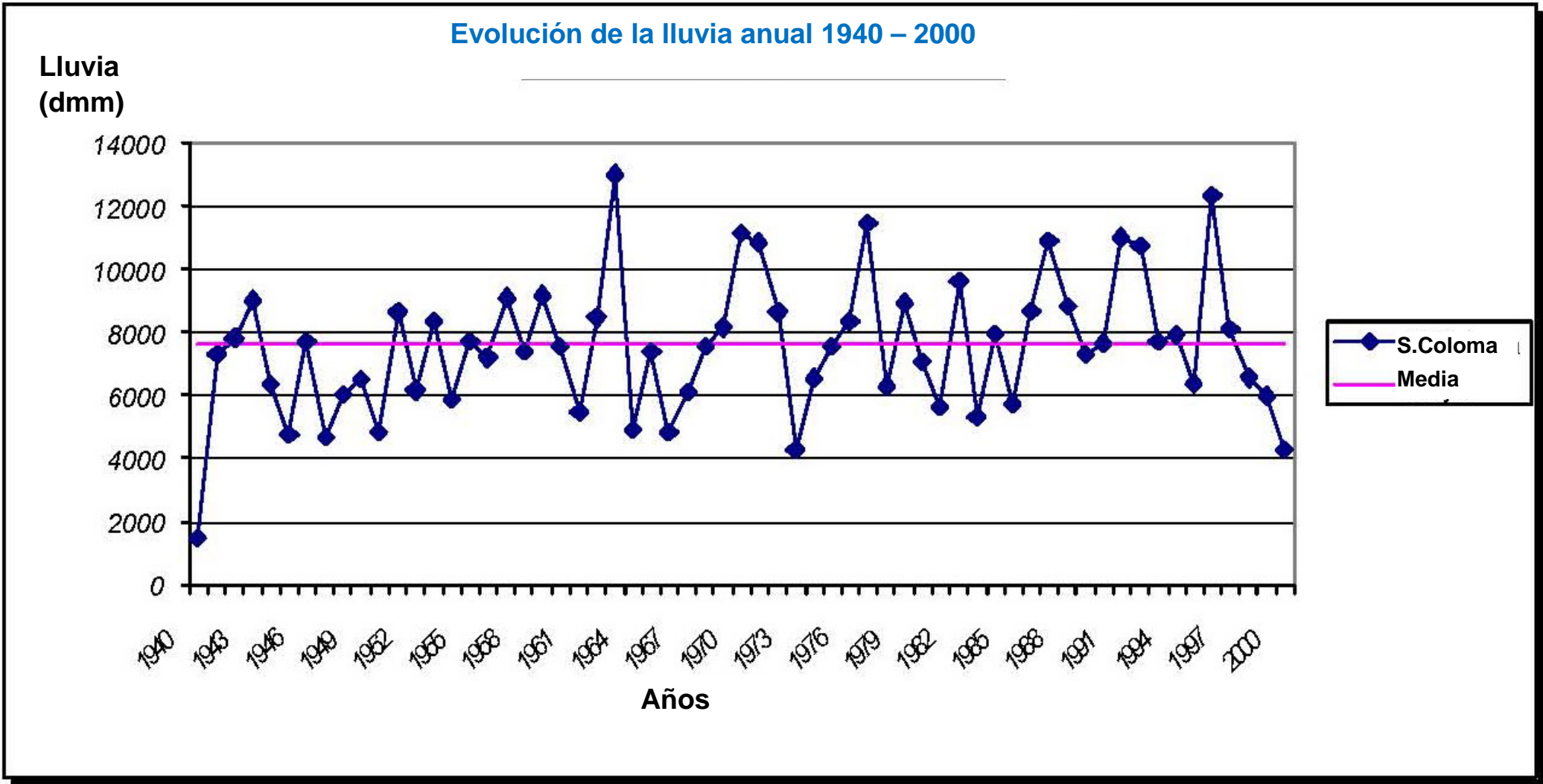


Tabla: Precipitación media mensual. Estación 0366 O Santa Coloma de Farners

PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
617,7	429,1	574,1	725,8	703,3	591,5	363,1	491,1	784,2	960,9	781,6	634,1

Figura: Precipitación media mensual. Estación 0366 O Santa Coloma de Farners

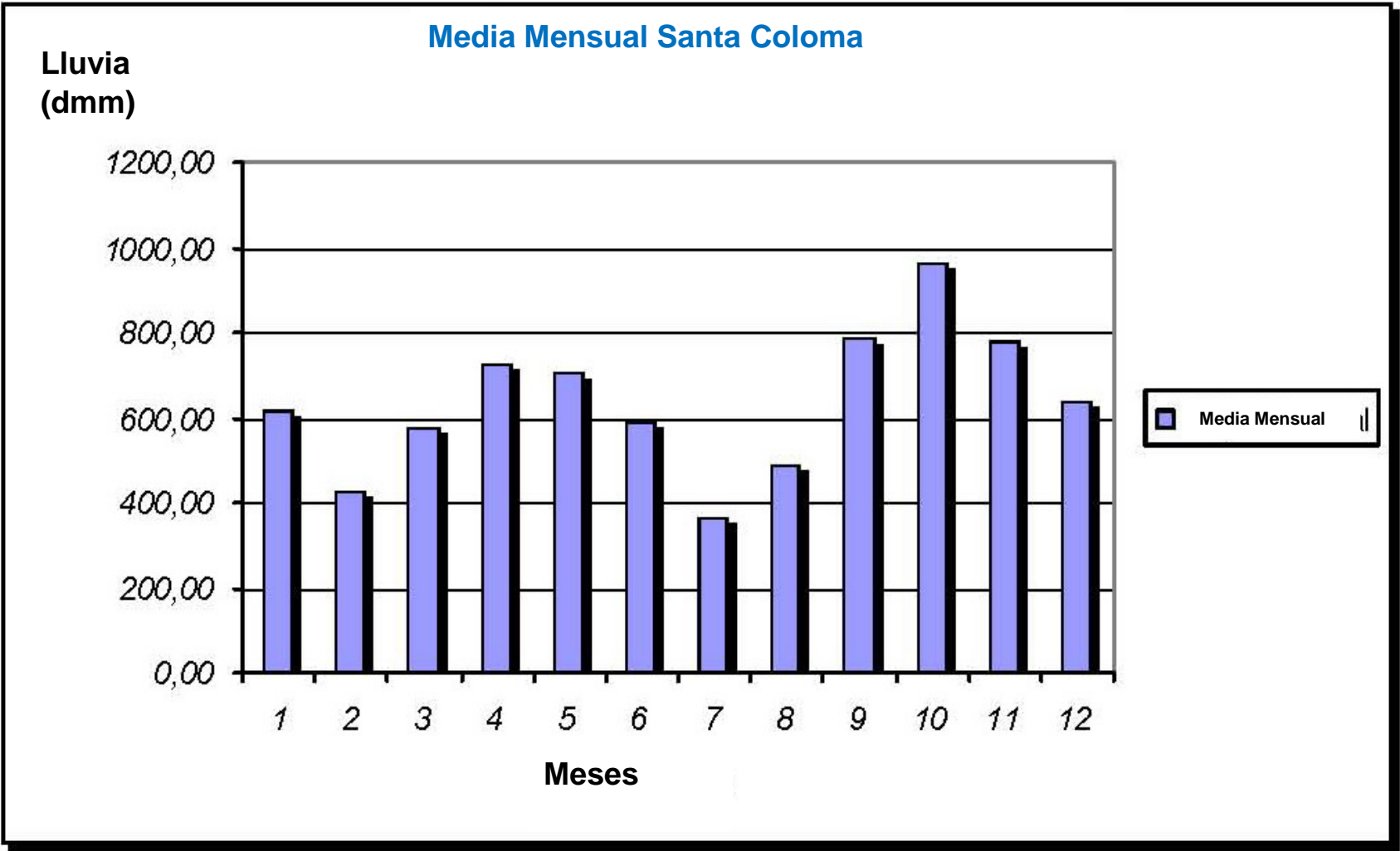


Tabla: Evolución de la lluvia en la CUENCA 1940- 2000.

Media anual (mm)
795,5

Figura: Evolución de la lluvia anual en la CUENCA 1940-2000.

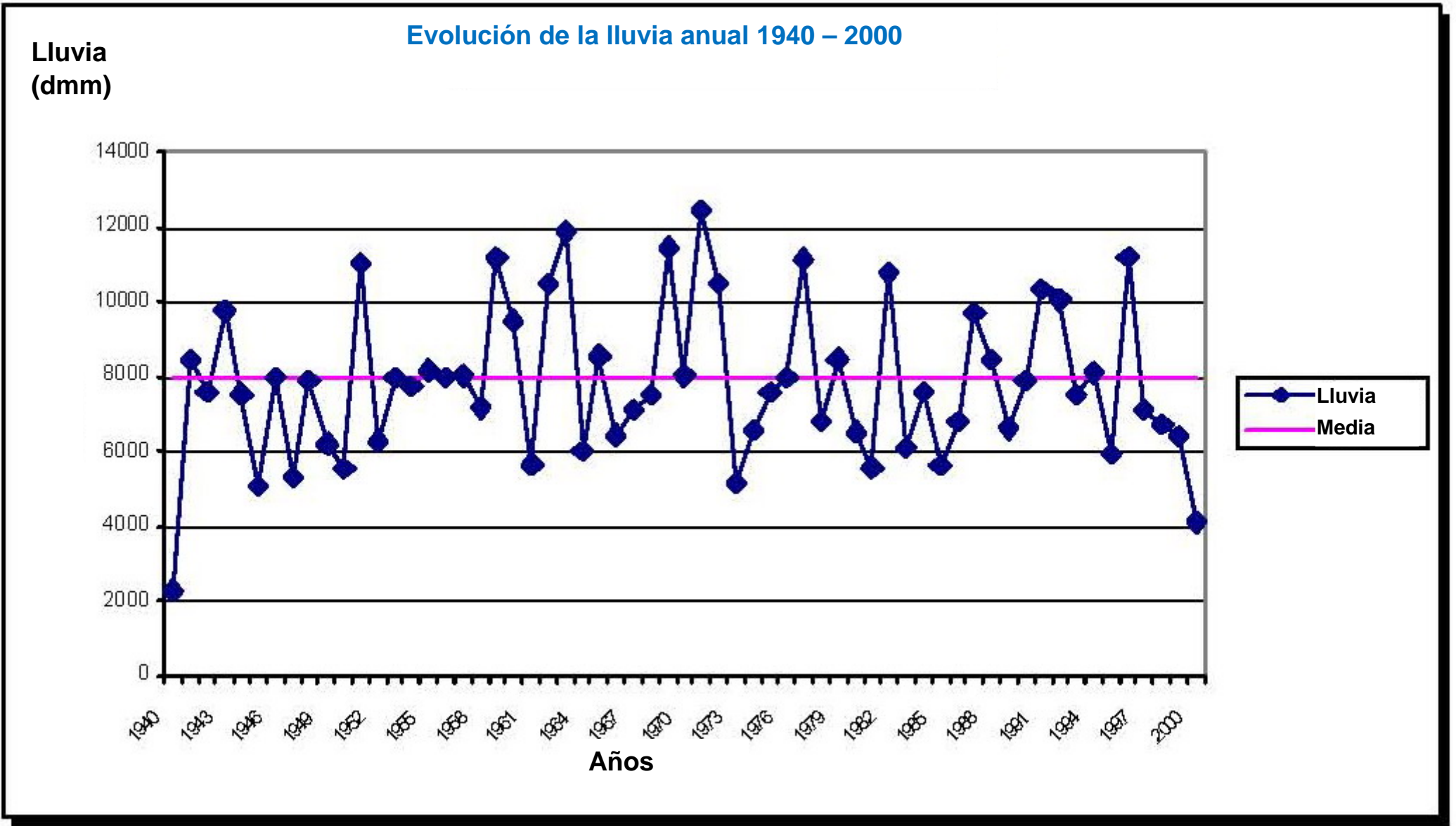
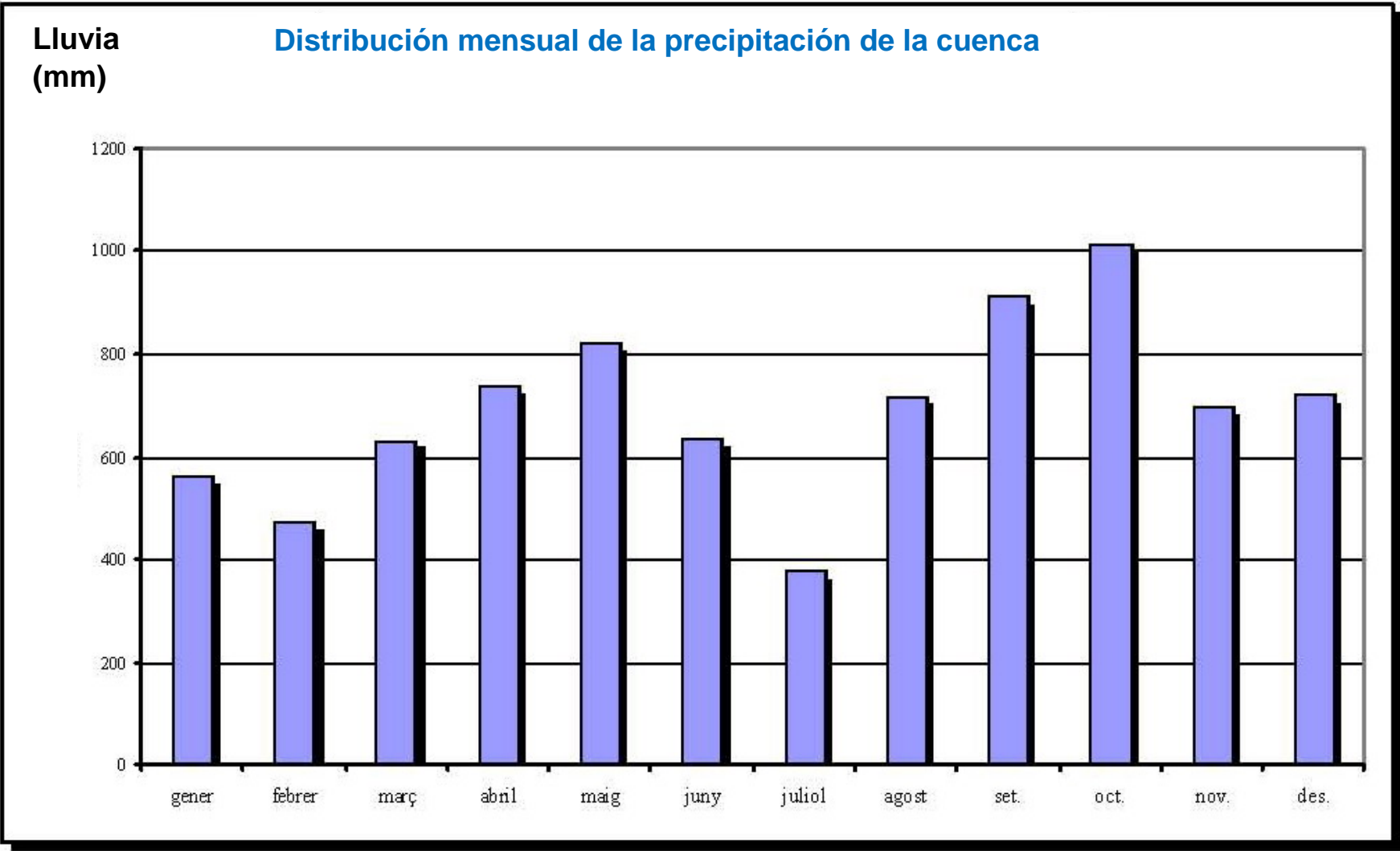


Tabla: Distribución mensual en la CUENCA

PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL (dmm)											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
561	472	633	736	822	636	376	716	913	1015	695	719

Figura: Distribución mensual en la CUENCA



De los resultados anteriores se observa que la media de precipitación de todos los valores anuales de las estaciones utilizadas alcanza un valor de 795,5 mm.

De los gráficos representados podemos observar como los períodos de sequía, por debajo de la media anual, se encuentran distanciados en el tiempo por uno o un par de años muy lluviosos. Algunos de estos años lluviosos coinciden con “torderadas” considerables como en 1971, 1982, 1965, 1963, 1943...etc.

Los períodos de sequía suelen ser de tres años y desde 1940 podemos encontrar un total de 7 períodos de sequía aproximadamente, mientras que los períodos lluviosos suelen durar uno o dos años.

Del análisis de la distribución mensual de las precipitaciones podemos destacar la presencia de máximos en el mes de septiembre octubre, y otro período no tan desatado en abril y mayo. Por otro lado destaca el mínimo estival, que se acentúa en julio, además de un mínimo relativo invernal en enero y febrero.

De esta manera se observa como la época más lluviosa se corresponde con el otoño, seguida por la primavera, mientras que la estación menos lluviosa es la de verano.

4.2.4. Termometría.

De manera análoga al análisis efectuado en el apartado de pluviometría, a continuación, se presenta una serie de tablas y gráficos que permitirán realizar un desarrollo pormenorizado de la termometría de la zona de estudio.

Figura: Temperaturas medias mensuales y precipitación mensual. 1997.

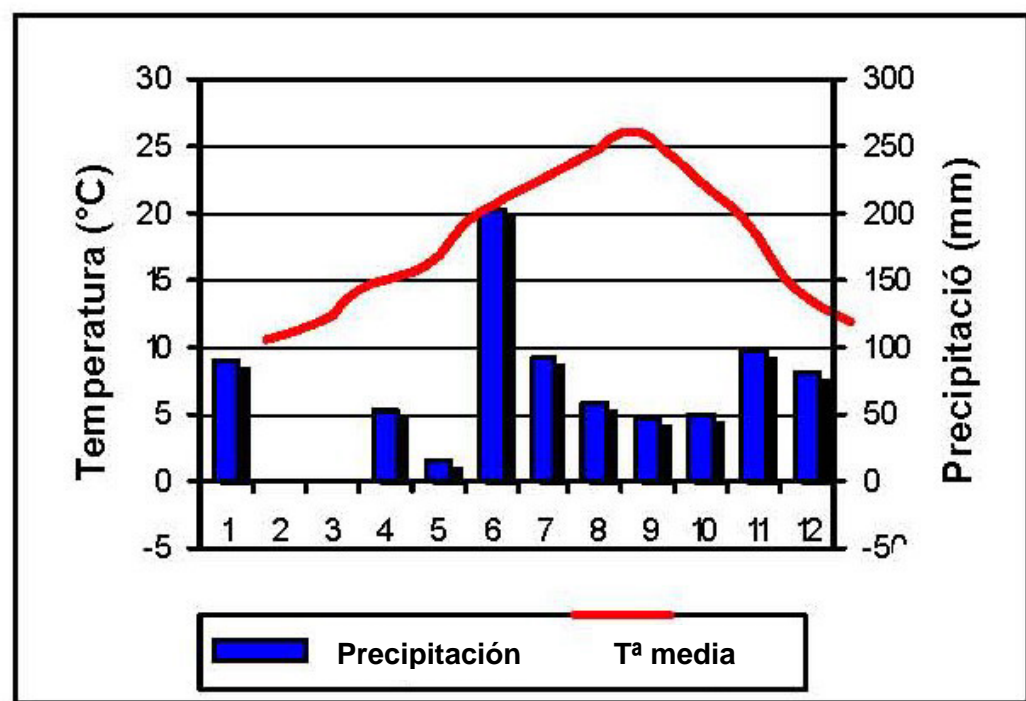


Figura: Temperaturas medias mensuales y precipitación mensual. 1998.

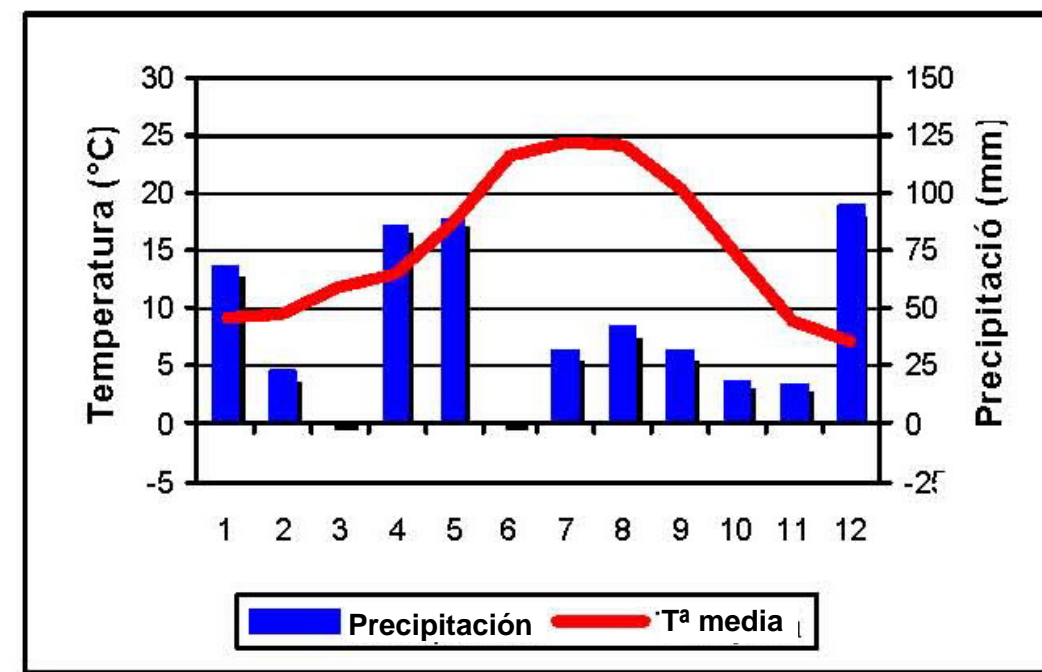


Figura: Temperaturas medias mensuales y precipitación mensual. 1999.

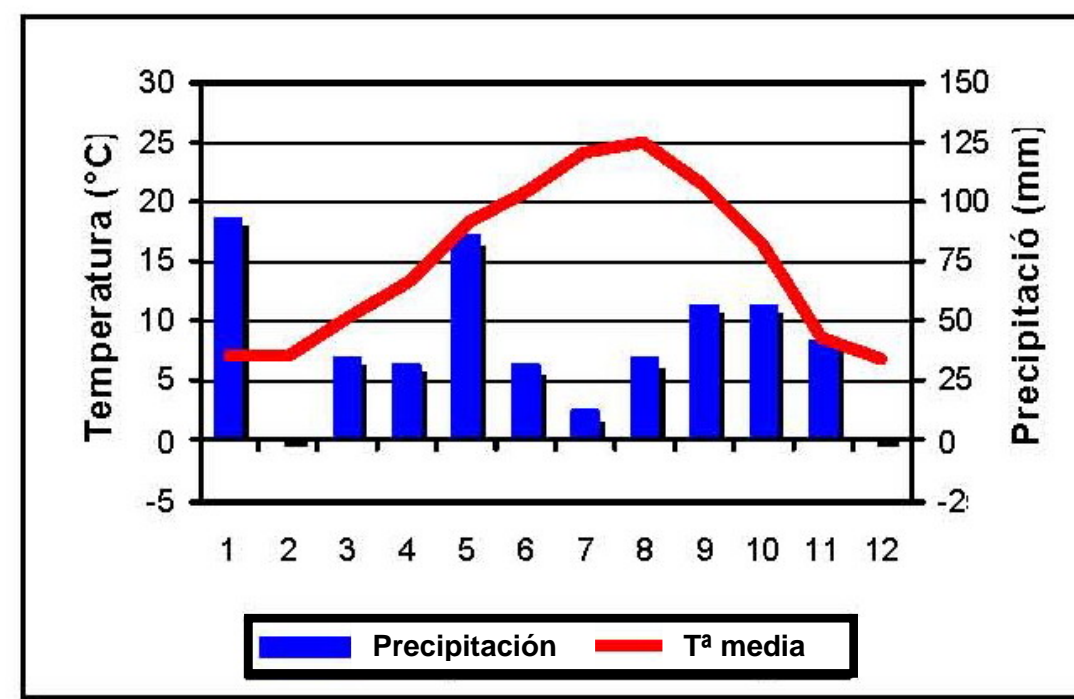


Figura : Temperaturas medias mensuales y precipitación mensual. 2000.

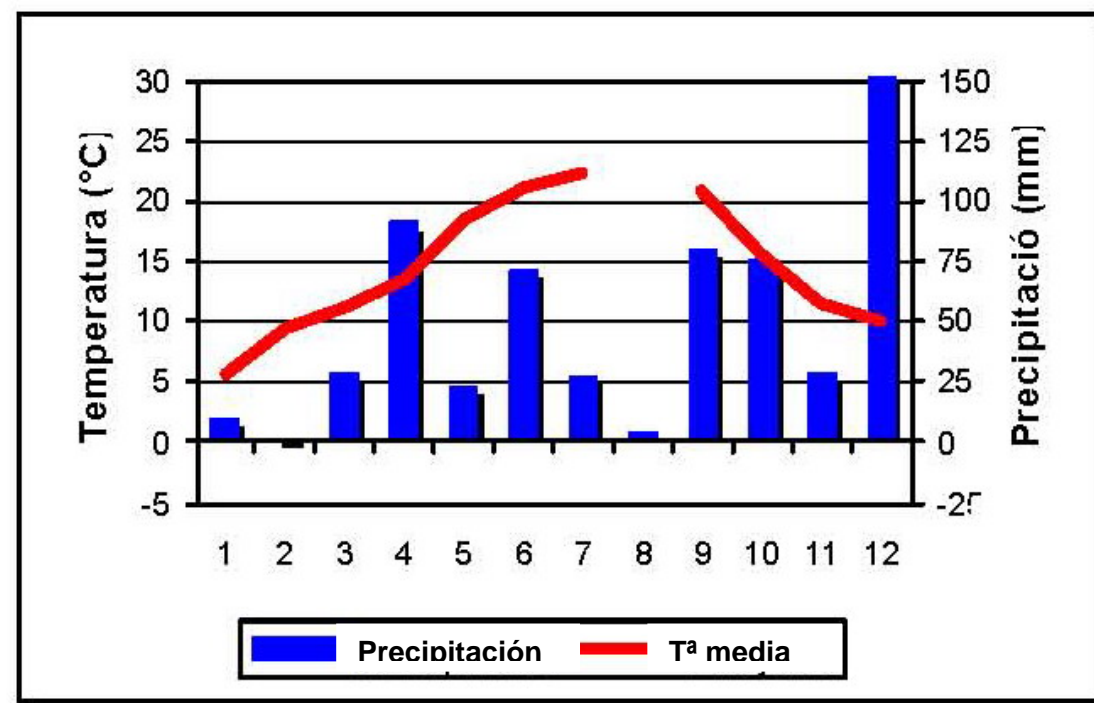


Figura: Temperaturas medias mínimas y máximas mensuales. 1998.

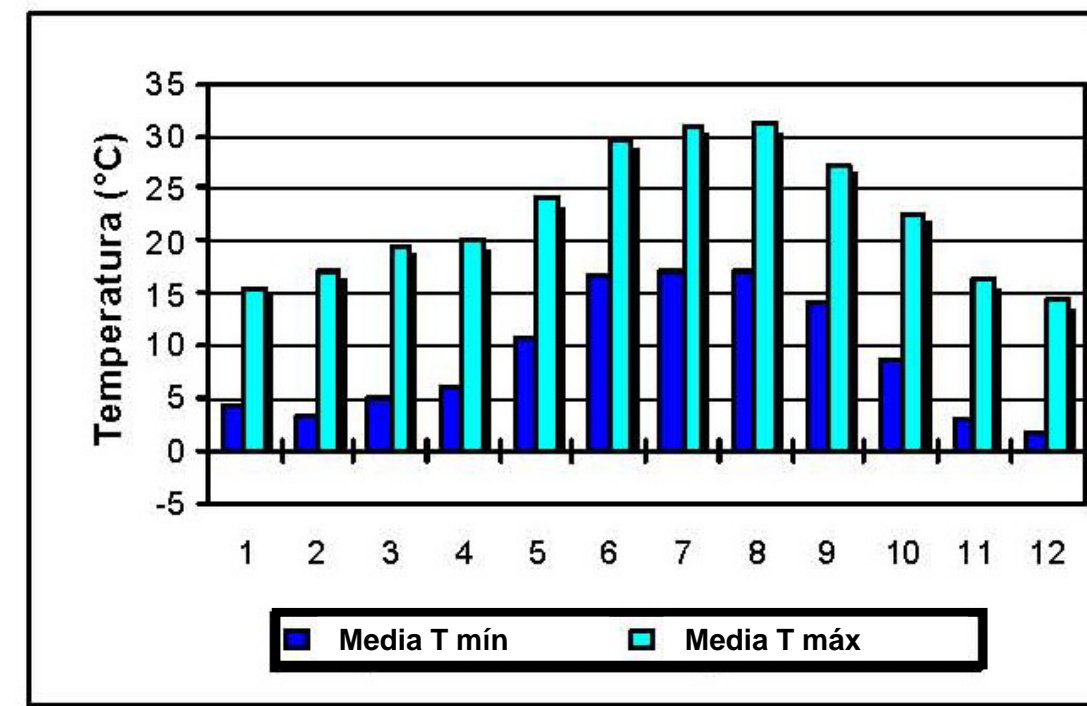


Figura: Temperaturas medias mínimas y máximas mensuales. 1997.

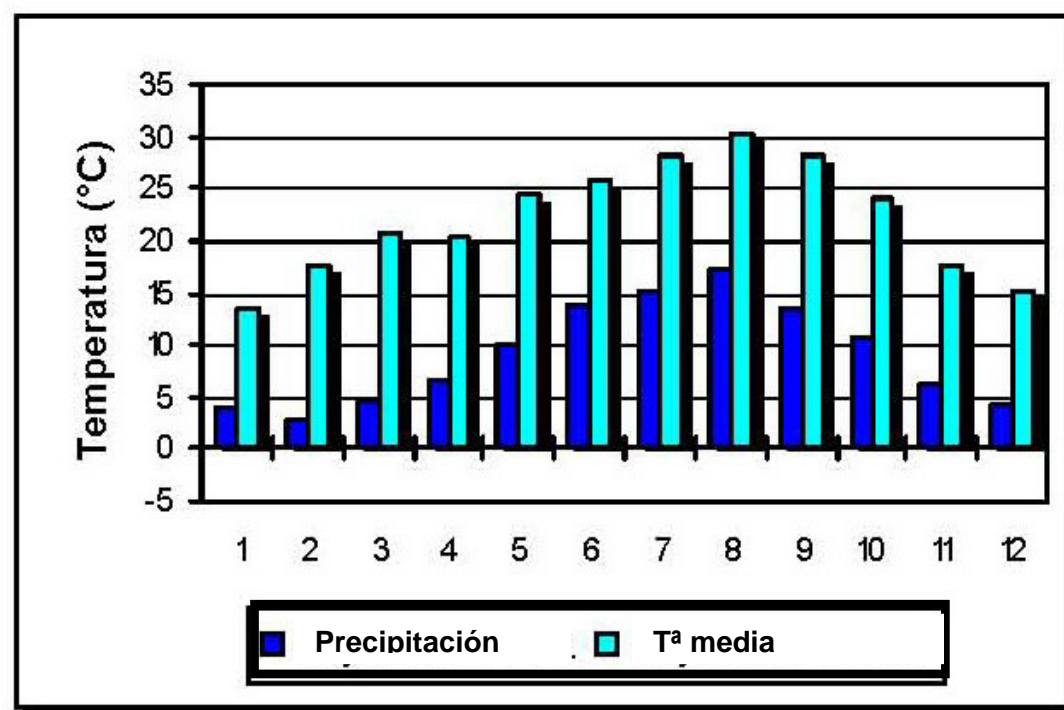


Figura: Temperaturas medias mínimas y máximas mensuales. 1999.

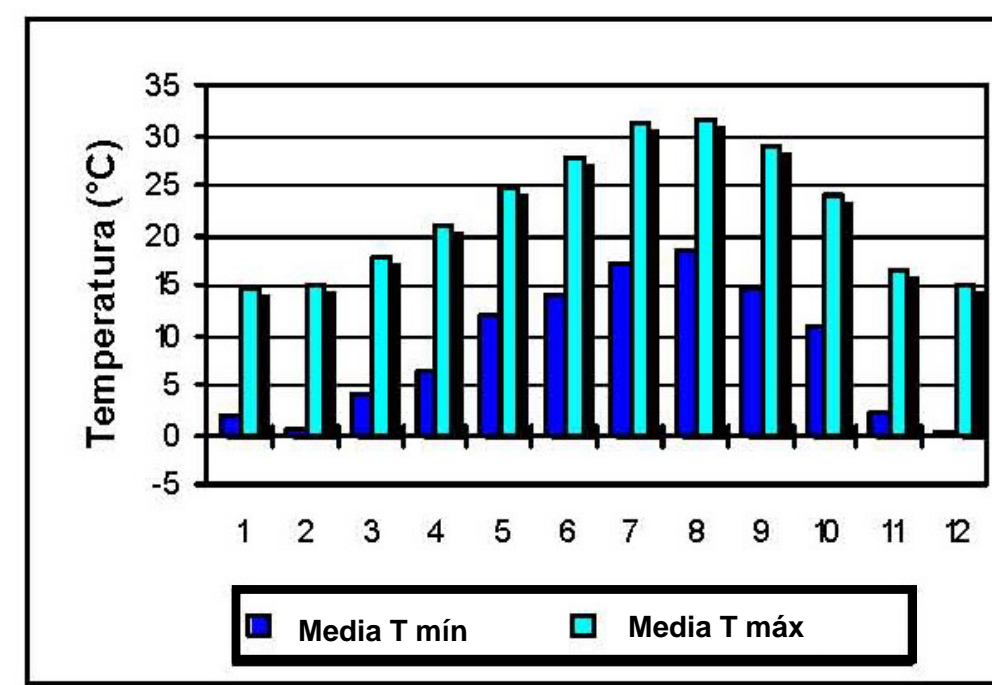


Figura: Temperaturas medias mínimas y máximas mensuales. 2000.

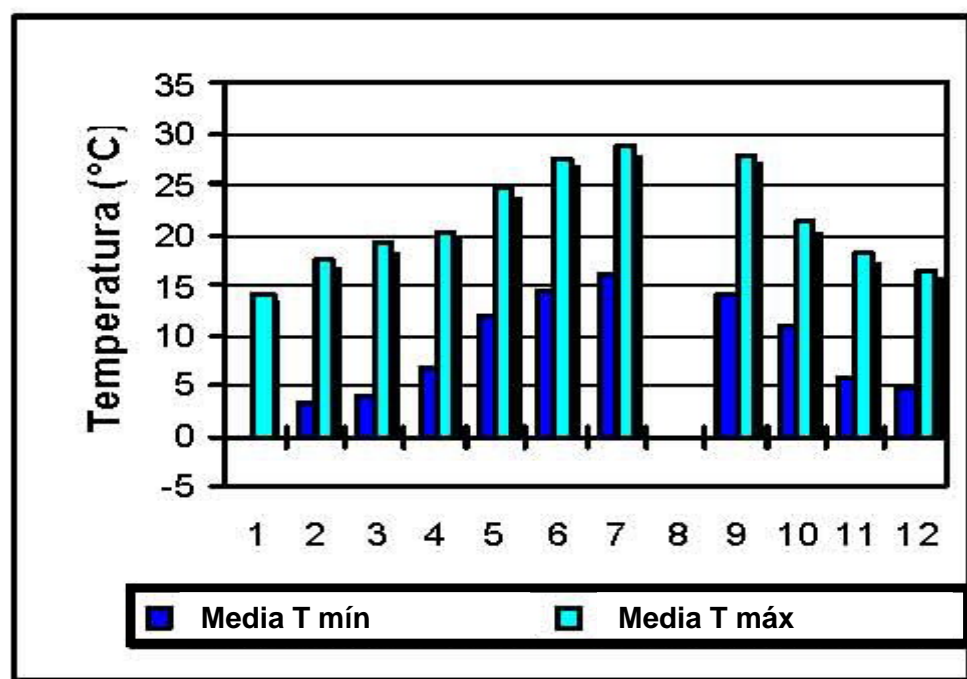


Figura: Temperaturas mínimas absolutas y máximas absolutas. 1998.

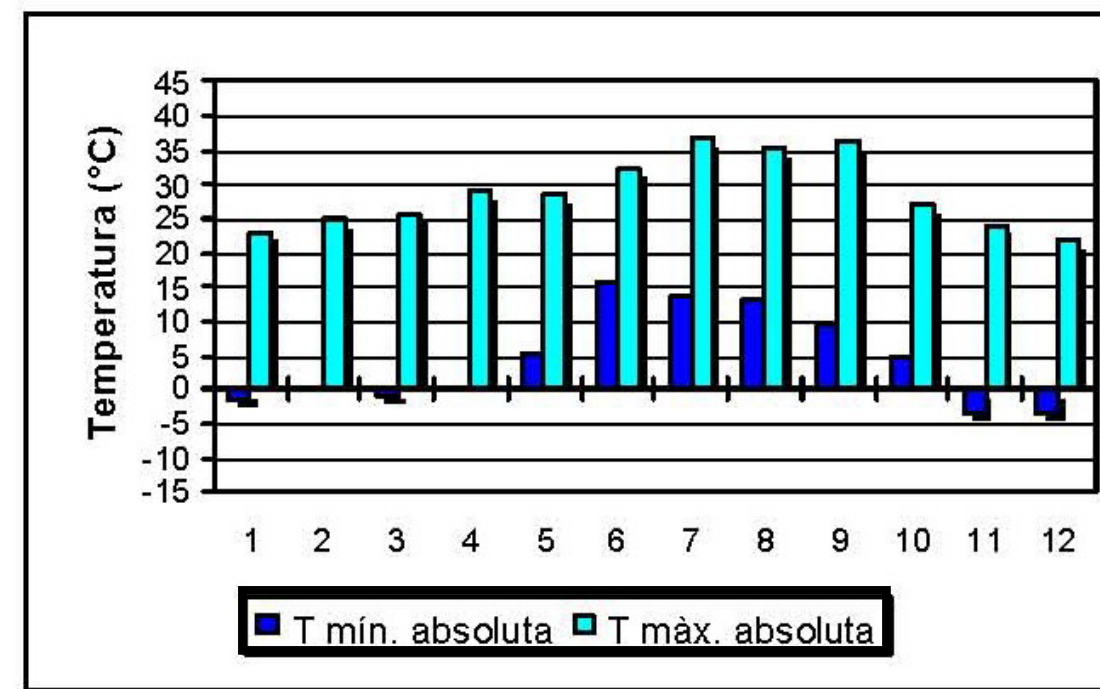


Figura: Temperaturas mínimas absolutas y máximas absolutas. 1997.

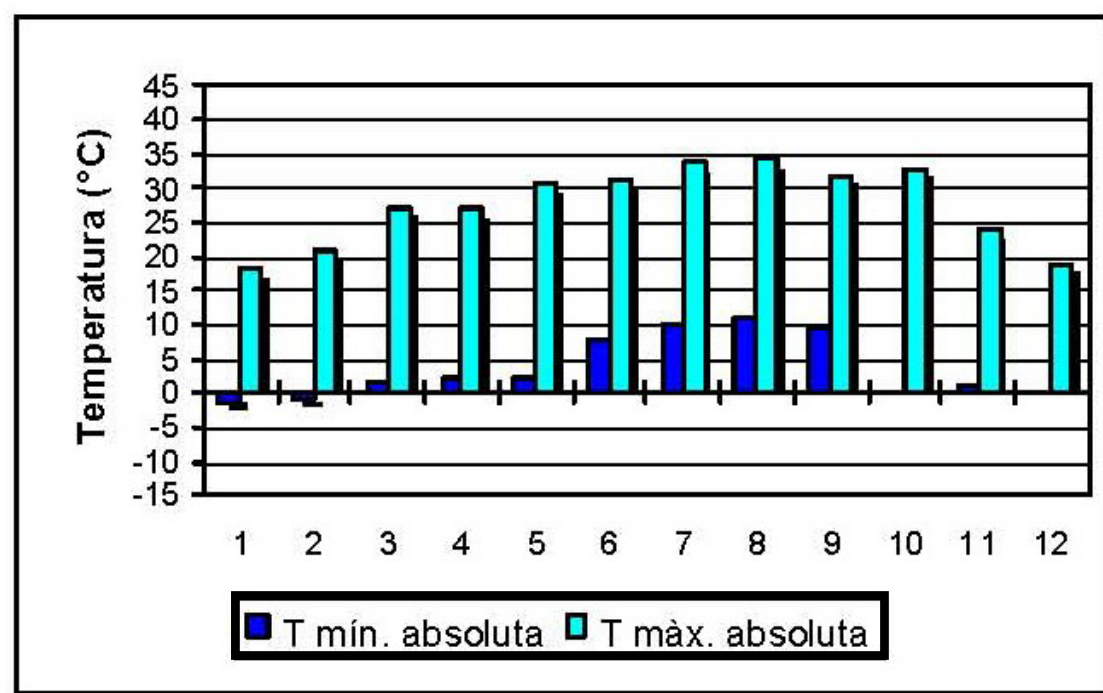


Figura: Temperaturas mínimas absolutas y máximas absolutas. 1999.

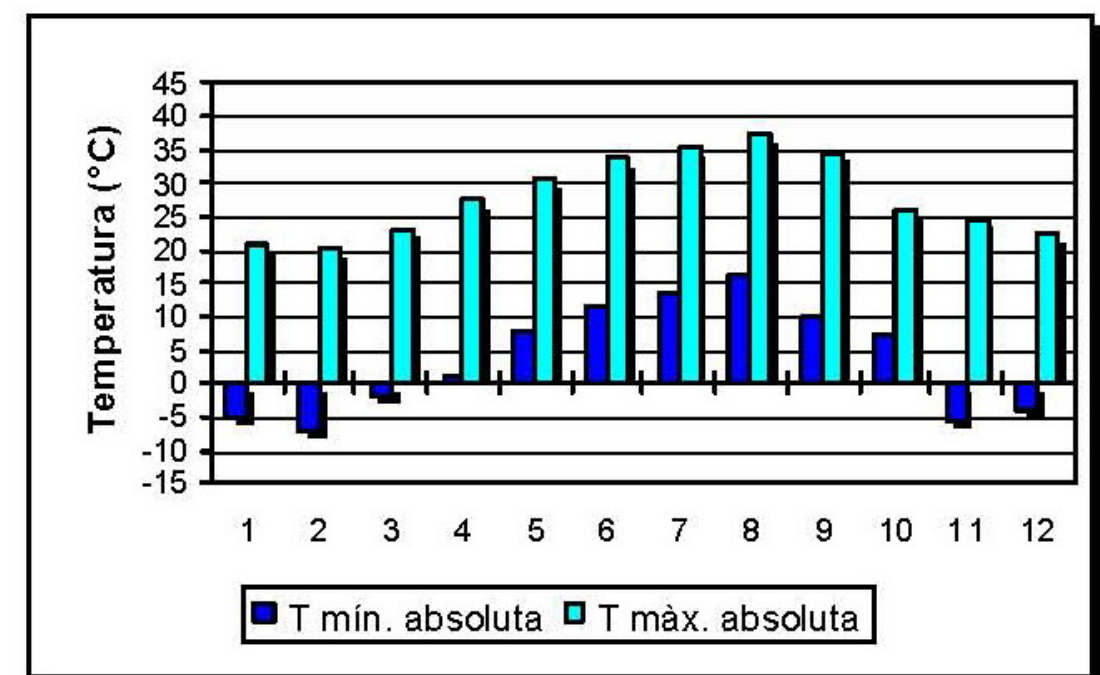


Figura: Temperaturas mínimas absolutas y máximas absolutas. 2000.

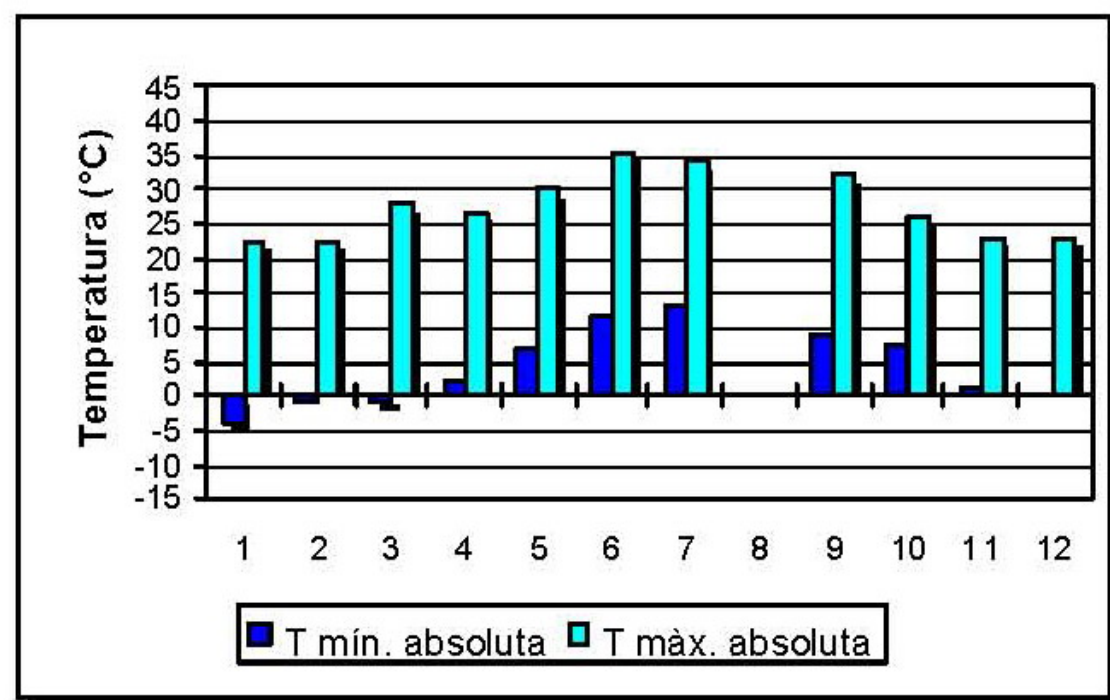


Figura: Días de helada. 1997.

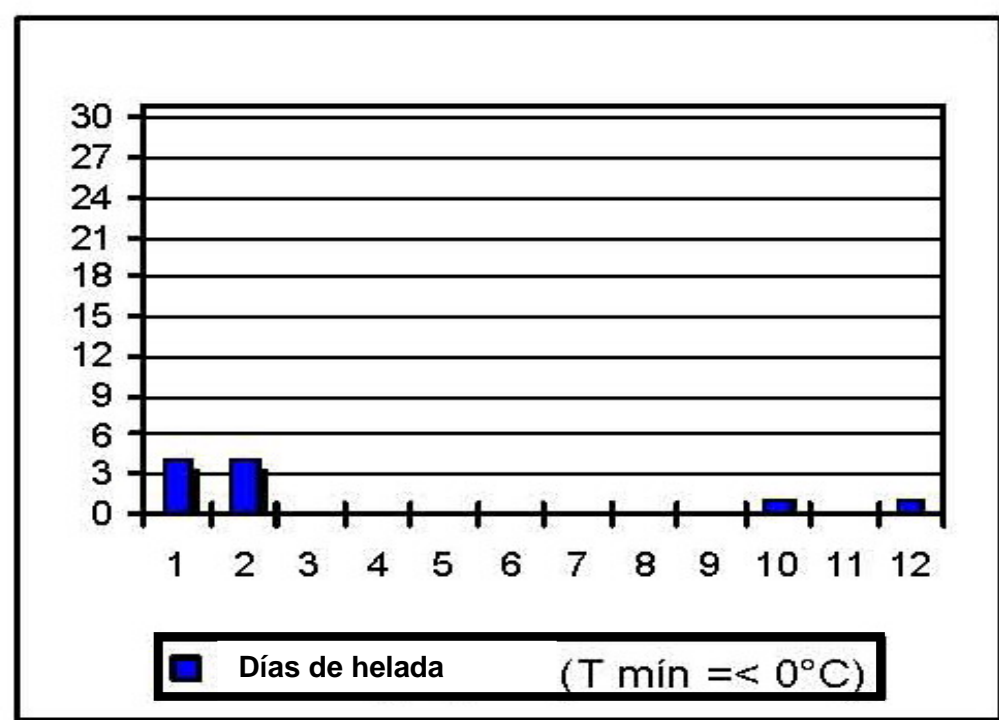


Figura: Días de helada. 1998.

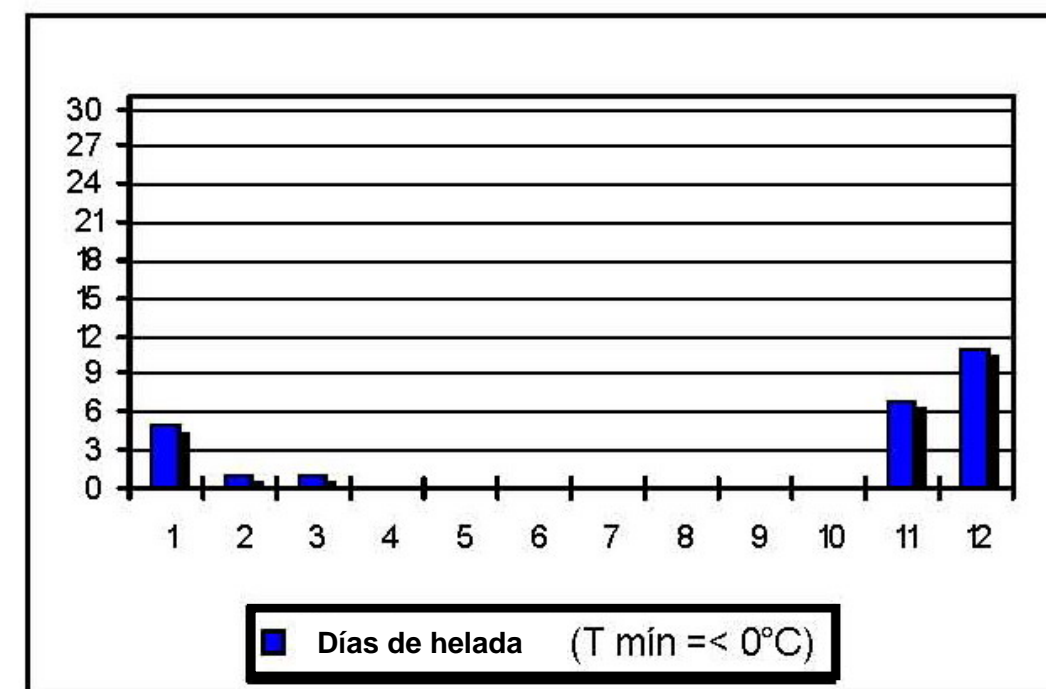


Figura: Días de helada. 1999.

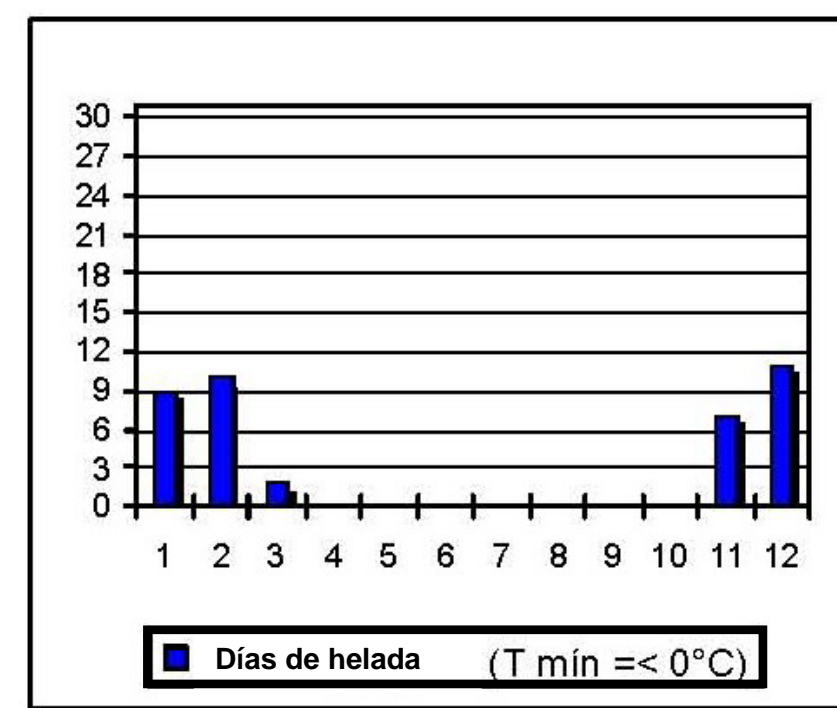
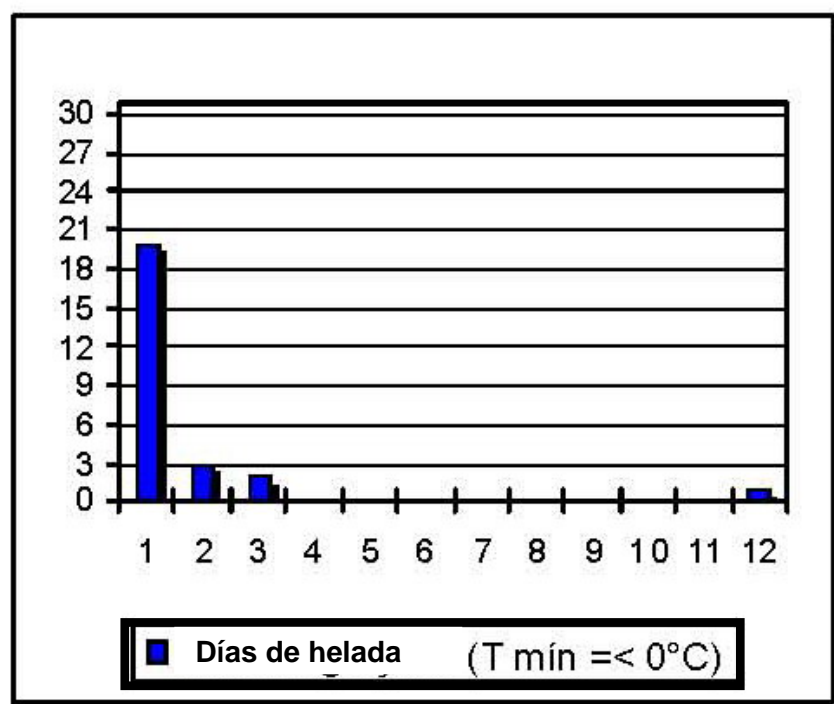


Figura: Días de helada. 2000.



Del análisis de las temperaturas hay que resaltar el carácter Mediterráneo del clima, con unos veranos calurosos caracterizados por temperaturas medias que llegan hasta los 24 °C con máximos alcanzados en julio y agosto, mientras que los inviernos se caracterizan por ser suaves con temperaturas no inferiores a 7 °C que se alcanzan durante diciembre y enero, destacando este último como el mes más frío. La media de la temperatura anual es 14,6 °C.

Por otro lado y en relación a los datos sobre el número medio de heladas al mes, podemos deducir que el período de días con mayor número de heladas se corresponde con el mes de enero, con 8 jornadas, seguido de diciembre.

4.2.5. Humedad

La humedad relativa media en el área de estudio posee un valor medio mínimo del 67,0% en el mes de agosto y un valor máximo del 83,38% en el mes de enero.

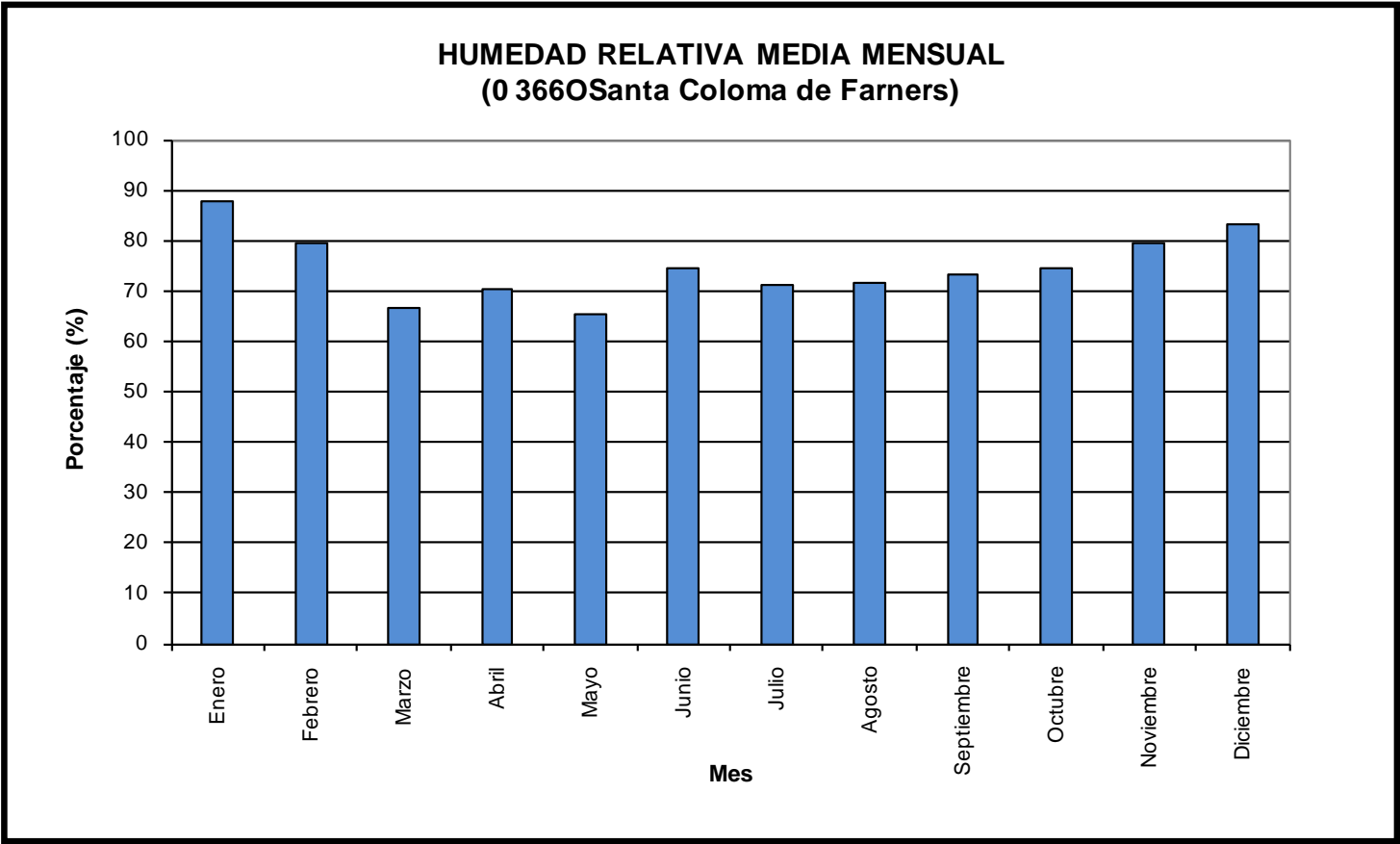
Tal y como puede deducirse de los datos de la estación meteorológica de Santa Coloma de Farners (0 366O) que se incluyen a continuación, la humedad relativa media presenta oscilaciones máximas del 16,8% entre los meses de humedad relativa media máxima (enero, con un 83,8%) y mínima (agosto, con un 67,0%). Asimismo, en el periodo comprendido entre junio y agosto (periodo estival), la humedad relativa media alcanza sus valores más bajos siendo siempre inferior al 71%, mientras que en otoño e invierno (meses de septiembre a febrero) se registran los valores máximos de humedad (del orden de 73-83%).

En la página siguiente se adjunta una tabla y un gráfico en el que se resumen los principales valores de humedad relativa media registrados en el periodo 1997-2000 en la estación meteorológica 0 366O Santa Coloma de Farners.

Tabla: Humedad relativa media mensual. Estación 0366O Santa Coloma de Farners

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
1997	87,8	79,4	66,5	70,5	65,3	74,6	71,2	71,6	73,2	74,4	79,3	83,4	74,8
1998	82,3	78,7	70,0	68,4	68,2	65,6	63,6	65,3	71,9	77,0	80,4	81,3	72,7
1999	84,0	72,0	76,0	74,0	76,0	69,0	66,0	69,0	70,0	77,0	81,0	76,0	74,2
2000	81,0	77,0	72,0	75,0	75,0	72,0	70,0	62,0	74,0	85,0	77,0	81,0	75,1
Media	83,8	76,8	71,1	72,0	71,1	70,3	67,7	67,0	72,3	78,4	79,4	80,4	74,2

Figura: Humedad relativa media mensual. Estación 0366O Santa Coloma de Farners



4.2.6. Evapotranspiración

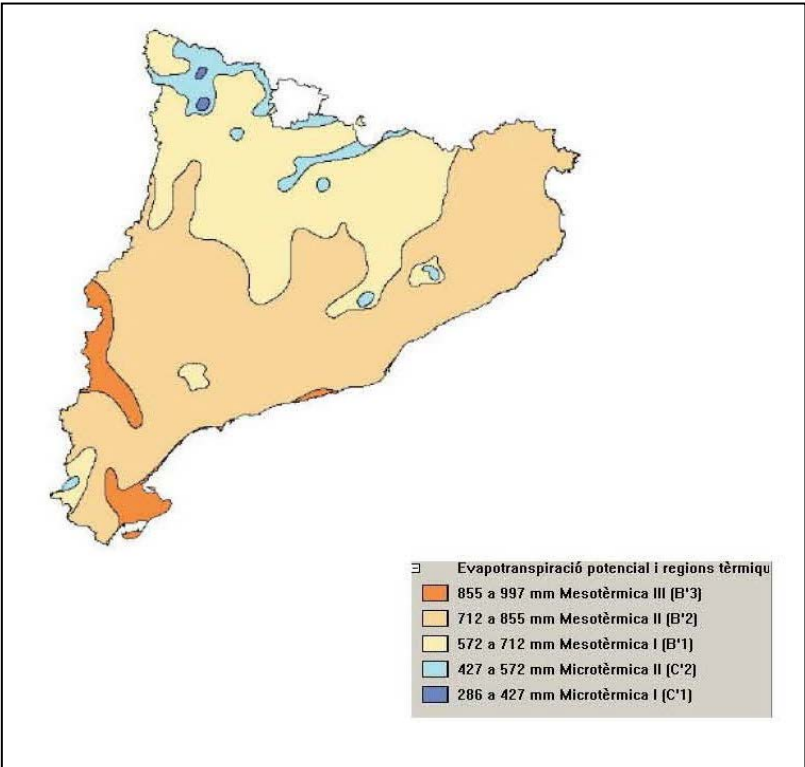
Si bien la cantidad de vapor de agua existente en la atmósfera se denomina humedad atmosférica, el concepto de evapotranspiración engloba los fenómenos de evaporación del agua no saturada del subsuelo y la transpiración de las plantas. El cálculo de la evapotranspiración permite la cuantificación de los recursos hídricos de una zona, de tal forma que la cantidad de lluvia caída menos la evapotranspiración representa el volumen de agua disponible.

Aunque existen numerosas fórmulas para el cálculo de la evapotranspiración, se ha optado por el método de Thornthwaite para cuantificarla, puesto que es uno de los métodos más comúnmente utilizados.

Como se puede observar en el gráfico que se adjunta a continuación obtenido del PEF de la Tordera, la zona de estudio se encuentra en una región mesotérmica II (B'2).

Tabla: Evapotranspiración media mensual y total anual.

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
1999	20,2	32,9	49,4	75,3	90,9	100,3	153,0	132,8	96,3	53,9	28,5	13,8	847,3
2000	24,7	39,3	54,2	82,8	90,0	65,7	110,7	90,8	55,5	25,9	33,7	22,1	695,4
2001	21,8	33,4	74,3	83,2	112,1	137,2	73,0	127,0	63,1	12,4	14,0	21,0	772,5
Media	22,2	35,2	59,3	80,4	97,7	101,1	112,2	116,9	71,6	30,7	25,4	19,0	771,7



4.2.7. Insolación

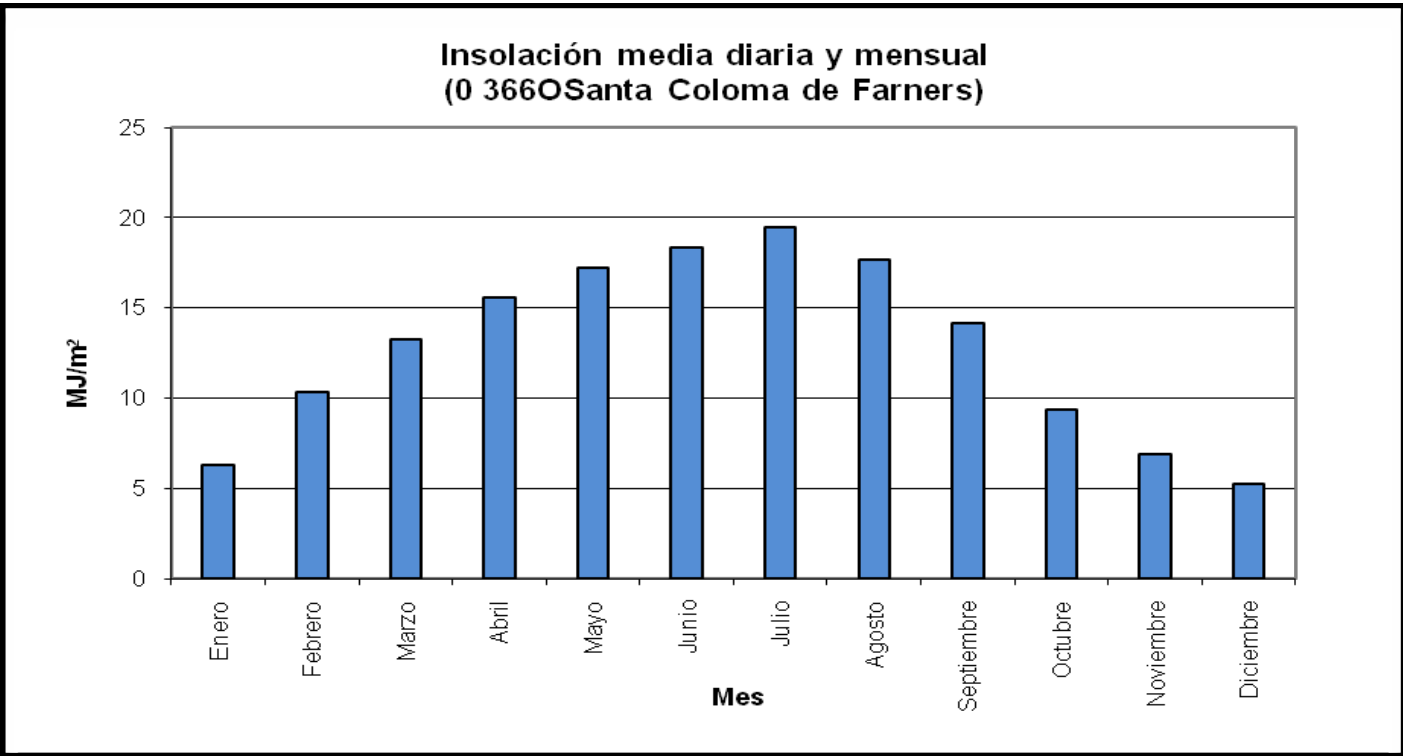
Según los valores extraídos del PEF de la Tordera, los meses en que la insolación es mayor son junio, julio y agosto (superior a 17,5 MJ/ m²), siendo diciembre el mes que presenta insolación mínima.

En la tabla y en el gráfico que se adjuntan a continuación, se indica la distribución por meses de dicha insolación en la zona de estudio.

Tabla: Insolación media mensual y total anual.

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
1997	5,6	10,6	14,4	15,3	17,0	15,4	17,3	15,8	13,6	9,3	6,2	4,8	145,3
1998	5,5	9,9	11,7	13,6	15,3	19,1	18,3	15,1	11,8	9,5	6,2	5,1	141,1
2000	7,7	10,5	13,6	17,9	19,3	20,6	22,8	22,1	17,1	9,4	8,2	5,8	175,0
Media	6,3	10,3	13,2	15,6	17,2	18,4	19,5	17,7	14,2	9,4	6,9	5,2	12,8

Figura: Insolación media mensual y total anual.



4.2.8. Vientos

Para el estudio y análisis de los vientos se han utilizado los datos recogidos en la estación Santa Coloma de Farners (0 366 O) dentro del PEF de la Tordera. Estos datos y las gráficas que se muestran a continuación se han obtenido a su vez de la web de la Generalitat de Catalunya y representan los años 1997, 1998, 1999, 2000 y la medida tanto de velocidad como de dirección.

Del estudio de las gráficas siguientes se puede extraer como conclusión que la dirección predominante del viento es la noroeste con una velocidad media del viento que oscila entre 2 y 2,3 m/s.

Tabla: Frecuencia de ocurrencia (%). Año 1997.

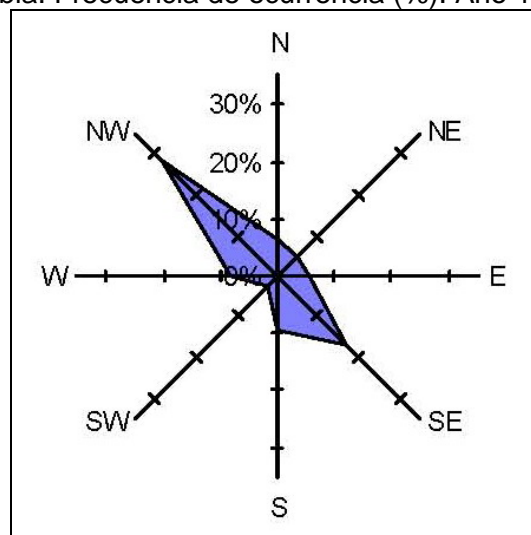


Tabla: Frecuencia de ocurrencia (%). Año 1998.

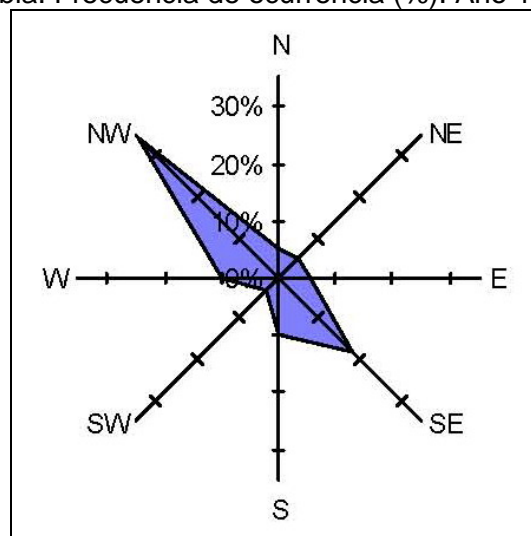


Tabla: Frecuencia de ocurrencia (%). Año 1999.

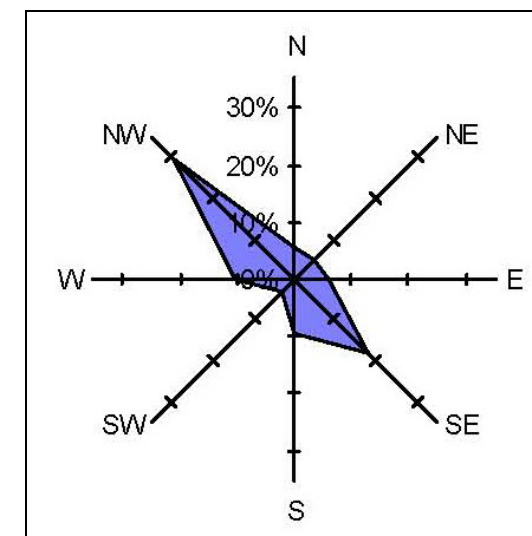


Tabla: Frecuencia de ocurrencia (%). Año 2000.

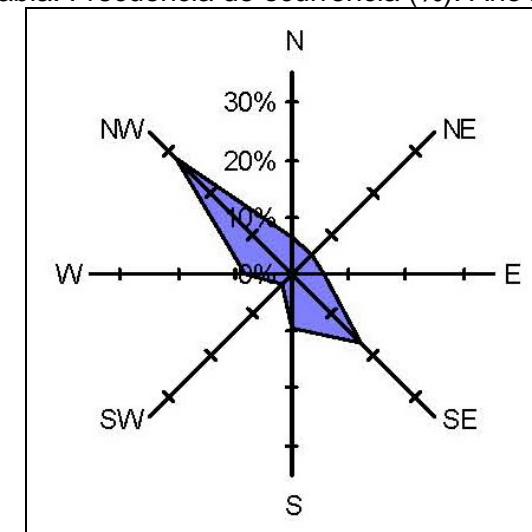


Tabla: Velocidad media (m/s). Año 1997.

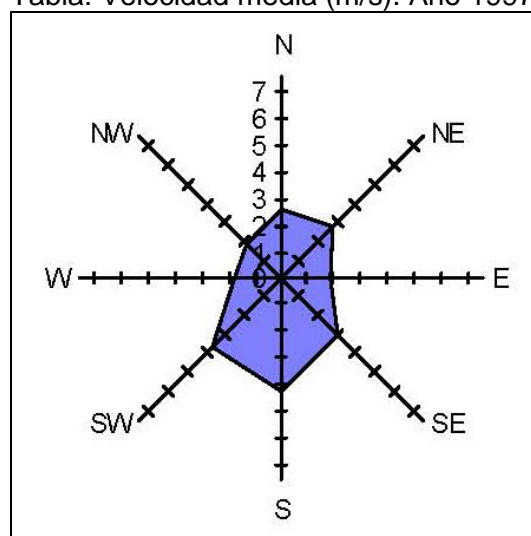


Tabla: Velocidad media (m/s). Año 1999.

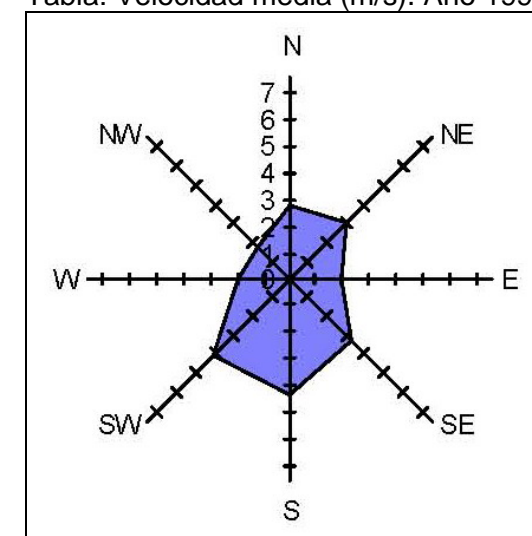


Tabla: Velocidad media (m/s). Año 1998.

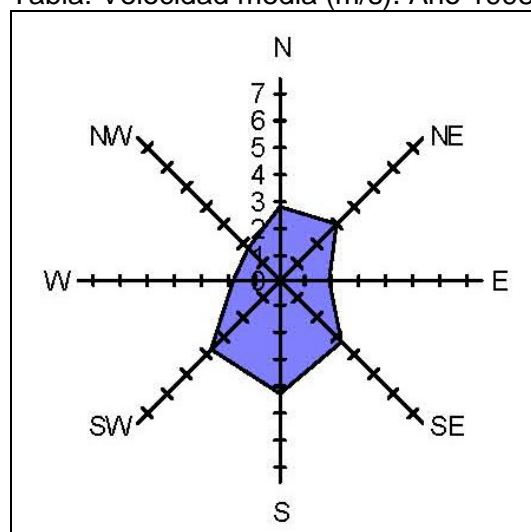
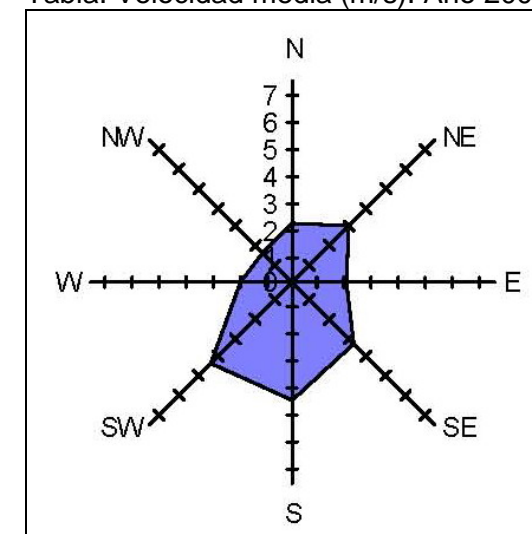


Tabla: Velocidad media (m/s). Año 2000.



4.3. CLASIFICACIÓN DE ÍNDICES CLIMÁTICOS

4.3.1. Índices de caracterización agroclimática

Existen una serie de parámetros asociados a cada estación desde el punto de vista climático, como son los días de lluvia, viento, granizo, tormenta, niebla, rocío y escarcha, temperaturas extremas, días de temperatura mayor de 25 ó 30°C, temperaturas medias, días de helada, etc.

Con todos estos parámetros se calculan los índices climáticos. Como es imposible el tratamiento conjunto de todos ellos, se hace necesaria la inclusión de unos criterios objetivos de definición del clima que se basen en la integración de las variables consideradas más importantes. Esta integración se realiza a través de la obtención de unos índices teóricos que permiten establecer una clasificación del territorio de estudio. Si bien son numerosos y de muy variada clasificación, se consideran aquí los tres tipos más significativos:

- Los térmicos, basados en el régimen de temperatura del aire.
- Los termopluviométricos, basados en la consideración simultánea de la precipitación y la temperatura.
- Los hídricos, basados en las cantidades de precipitación y de evaporación.

Según estos índices, la zona de estudio se califica con las correspondientes clasificaciones climáticas, que definen características tanto del clima como de la vegetación que aparece. A continuación, se detallan los índices que se han elegido en el presente estudio.

4.3.1.1. Índice de temperatura efectiva de Thornthwaite (It).

Se trata de un índice térmico expresado de la siguiente forma:

I_t = 5,4 × T

siendo T la temperatura media anual en °C.

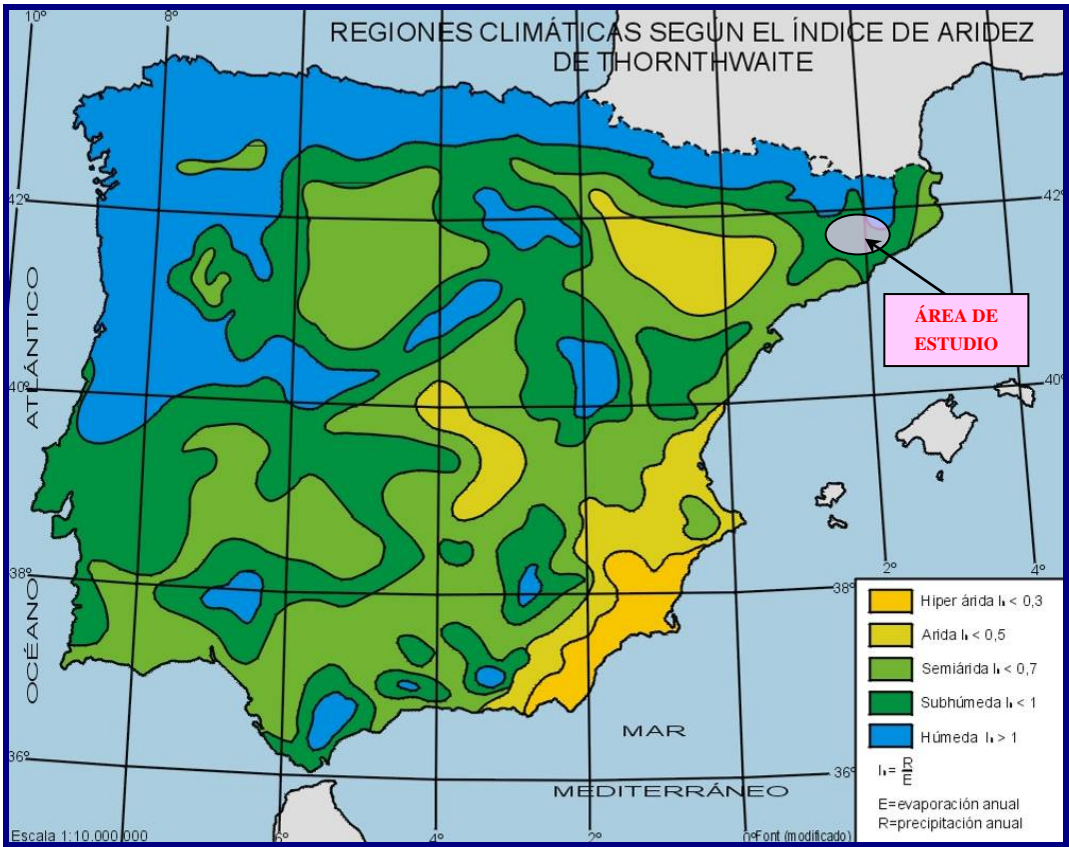
Para los distintos valores de It, Thornthwaite da una calificación distinta al clima y a la vegetación de la zona.

Índice de Thornthwaite (It)	Clima	Vegetación
> 125	Macrotermal	Floresta tropical
65 – 125	Mesotermal	Floresta media
30 – 65	Microtermal	Floresta microtermal
15 – 30	Taiga (frío)	Floresta de coníferas
0 – 15	Tundra (frío)	Tundra (musgo)
0	Nieve	

El valor del índice It de la zona de estudio es el siguiente:

Datos	Temperatura media anual (°C)	Índice It	Clima	Vegetación
Santa Coloma de Farners	14,6	78,84	Mesotermal	Floresta media

Como se puede apreciar en el gráfico que se adjunta a continuación obtenido del antiguo Instituto Nacional de Meteorología, la zona de estudio se encuentra en la región subhúmeda, con un clima mesotermal y una vegetación tipo floresta media.



4.3.1.2. Índice pluviométrico de Blair.

Es un índice pluviométrico que clasifica el clima en función de la precipitación media anual (en mm) de la zona según la tabla adjunta.

Precipitación (mm)	Tipo de clima
0 – 250	Árido
250 – 500	Semiárido
500 – 1.000	Subhúmedo
1.000 – 2.000	Húmedo
> 2.000	Muy húmedo

Según esta clasificación y a partir de los datos obtenidos, el valor del índice de Blair es el que se presenta en la siguiente tabla:

Datos	Precipitación media anual (mm)	Clima
Santa Coloma de Farners	800	Subhúmedo

4.3.1.3. Índice termopluviométrico de Martonne (Ia)

Se trata de un índice termopluviométrico y, por lo tanto, tiene en cuenta valores de temperatura y precipitaciones. Su expresión es:

$$I_a = \frac{R}{T + 10}$$

siendo T la temperatura media anual en °C y R la precipitación anual en mm. Según los valores de dicho índice, Martonne clasifica el terreno en:

Índice de Martonne (Ia)	Terreno
0 – 5	Desierto
5 – 10	Estepa desértica, con posibilidad de cultivos de regadío
10 – 20	Zona de transición, con escorrentías temporales
20 – 30	Escorrentía con posibilidad de cultivos sin riego
30 – 40	Escorrentía fuerte y continua; permite la existencia de bosques
> 40	Exceso de escorrentía

De acuerdo con esta clasificación y a partir de los datos obtenidos, el valor del índice de Martonne es el que se recoge en la tabla que se adjunta a continuación:

Datos	Temperatura media anual (°C)	Precipitación media anual (mm)	Índice Ia	Terreno
Santa Coloma de Farner.	14,6	800	32,52	Escorrentía con posibilidad de cultivos sin riego

Este índice clasifica al terreno como una zona con una escorrentía fuerte y continua; permite la existencia de bosques.

4.3.1.4. Índice termopluviométrico de Dantin–Revenga (IDR)

Estos autores distinguen cuatro zonas diferenciadas: húmeda, semiárida, árida y subdesértica.

El índice se calcula según la fórmula:

$$I_{DR} = \frac{100 \times T}{P}$$

donde:

P Precipitación media anual (mm).

T Temperatura media anual (°C).

Según los valores de este índice, Dantin–Revenga diferencia cuatro zonas:

Índice Termopluviométrico de Dantin–Revenga (IDR)	Zona
0 – 2	Zona Húmeda
2 – 3	Zona Semiárida
3 – 6	Zona Árida
> 6	Zona Subárida

A continuación se recogen los resultados obtenidos para el índice de Dantin–Revenga, que nos permiten clasificar el área de estudio como una zona semiárida.

Datos	Temperatura media anual (°C)	Precipitación media anual (mm)	Índice Ia	Zona
Santa Coloma de Farner.	14,6	800	1,83	Zona Húmeda

4.3.1.5. Índice de Lang (IL)

El índice de Lang se define como el cociente entre la lluvia anual y la temperatura media anual.

$$IL = \text{Lluvia anual (en mm)} / \text{Temperatura media anual (en } ^\circ\text{C)}$$

De acuerdo con los valores de dicho índice, Lang distingue las siguientes zonas:

Índice de Lang (IL)	Zona
0 – 20	Desierto
20 – 40	Árida
40 – 60	Húmeda de estepas y sabanas
60 – 100	Húmeda de bosques ralos
100 – 160	Húmeda de bosques densos
> 160	Hiperhúmeda de prados y tundras

Tras aplicar la expresión del índice de Lang a los datos disponibles, se obtienen los siguientes resultados:

Datos	Precipitación media anual (mm)	Temperatura media anual (°C)	Índice la	Zona
c.	800	14,6	54,79	Húmeda de estepas y sabanas

4.3.2. Clasificación climática de Köppen.

Vladimir Köppen propone una clasificación climática en la que se tienen en cuenta tanto las variaciones de temperatura y humedad como sus valores medios en los meses más cálidos o fríos y, lo más importante, hace hincapié en las consecuencias bioclimáticas de dichos valores. En su clasificación utiliza letras para denominar a los climas.

Köppen publica su clasificación definitiva en 1936. En 1953 dos de sus alumnos, Geiger y Pohl, revisan la clasificación, por lo que también se la conoce como de Köppen-Geiger-Pohl. Según esta clasificación el clima se divide en grupos climáticos, subgrupos y subdivisiones.

Los grupos climáticos se establecen en función de la temperatura media mensual. Se escriben con mayúscula y se distinguen seis tipos:

Tabla: Grupos climáticos según Köppen.

Clasificación	Grupo Climático	Características
A	Climas lluviosos tropicales	El mes más frío tiene una temperatura superior a los 18°C
B	Climas secos	La evaporación excede las precipitaciones. Siempre hay déficit hídrico
C	Climas templados y húmedos	Temperatura media del mes más frío < 18°C y > – 3°C y al menos un mes la temperatura media es > 10°C
D	Climas boreales o de nieve y bosque	La temperatura media del mes más frío es < – 3°C y la del mes más cálido es > 10°C
E	Climas polares o de nieve	La temperatura media del mes más cálido es < 10°C y > 0°C
F	Climas de hielos perpetuos	La temperatura media del mes más cálido es < 0°C

En la tabla siguiente se definen los grupos climáticos según la estación meteorológica consultada.

Tabla: Grupos climáticos de la zona de estudio.

Estación Meteorológica	Temperatura media mensual del mes más frío	Grupo Climático
Santa Coloma de Farner	6,9	C

Como puede observarse, el grupo correspondiente a la zona de estudio es el ‘C’ (clima templado y húmedo), según los resultados obtenidos para la estación considerada.

Los subgrupos dependen de la humedad. Los dos primeros se escriben con mayúscula y el resto con minúscula.

Tabla: Subgrupos climáticos según Köppen.

Clasificación	Subgrupo Climático	Características
S	Semiárido (estepa)	Sólo para climas de tipo B
W	Árido (desértico)	Sólo para climas de tipo B
f	Húmedo sin estación seca	Sólo para climas de tipo A, C y D
m	Húmedo con una corta estación seca	Sólo para climas de tipo A
w	Estación seca en invierno	Sol en posición baja
s	Estación seca en verano	Sol en posición alta

Tabla: Subgrupos climáticos de la zona de estudio.

Estación Meteorológica	Humedad	Subgrupo Climático
Santa Coloma de Farner ´´	Húmedo sin estación seca	f

El subgrupo correspondiente a la zona de estudio es el ´s´ (Húmedo sin estación seca) y tiene por característica la presencia del sol en posición alta.

Las subdivisiones dependen de características adicionales. Se escriben en minúscula.

Tabla: Subdivisiones climáticas según Köppen.

Clasificación	Subdivisión Climática	Características
a	La temperatura media del mes más cálido supera los 22°C	Se aplica a climas C y D
b	La temperatura media del mes más cálido es inferior a 22°C	Se aplica a climas C y D
c	La temperatura media del mes más frío es inferior a – 38°C	Se aplica a climas D
h	La temperatura media anual es superior a 18°C	Se aplica a climas B
k	La temperatura media anual es inferior a 18°C	Se aplica a climas B

Tabla: Subdivisiones climáticas de la zona de estudio.

Estación Meteorológica	T media del mes más cálido	T media del mes más frío	T media anual	Subdivisión climática
Santa Coloma de Farner	23,4	6,9	14,6	a

La subdivisión correspondiente a la zona de estudio es la ´a´. En la estación analizada la temperatura media del mes más cálido es superior a 22°C, criterio aplicable a un clima del grupo ´C´ como el analizado.

En definitiva, según la clasificación climática de Köppen, el clima de la zona de estudio es de tipo mediterráneo Cfa, es decir, un clima templado húmedo sin estación seca y temperaturas medias superiores a los 22°C en el mes más cálido.

4.4. CÁLCULO DE LOS DÍAS ÚTILES DE TRABAJO PARA LA PROGRAMACIÓN DE LAS OBRAS.

Con objeto de determinar los días útiles para la ejecución de los diferentes trabajos, se han utilizado los datos obtenidos de los mapas de isolíneas de coeficientes de reducción de los días de trabajo, editados por la Dirección General de Carreteras, teniendo en cuenta las afecciones que se indican en la siguiente tabla.

Tabla: Factores que afectan a las diferentes obras.

CLASE DE OBRA	FACTORES QUE AFECTAN A LA OBRA				
	Días con t < 0°C	Días con p > 10 mm	Días con p > 1 mm	Días con t9h < 10°C	Días con t9h < 5°C
Hormigones	×	×			
Explanaciones	×	×	×		
Áridos		×			
Riegos y ttos. superficiales o por penetración			×	×	
Mezclas bituminosas			×		×

Los coeficientes de reducción por condiciones climáticas para las distintas fuentes vienen dados en las tablas que se adjuntan a continuación. El valor adoptado es una media proporcional de los datos disponibles.

Se define coeficiente de reducción por helada η_m como el cociente de días del mes m, en que la temperatura mínima es superior a 0°C, al número de días del mes.

Tabla: Coeficiente de reducción por helada (η_m).

Mes	M.O.P.
Enero	0,700
Febrero	0,800
Marzo	0,900
Abril	0,900
Mayo	1,000
Junio	1,000
Julio	1,000
Agosto	1,000
Septiembre	1,000
Octubre	1,000
Noviembre	0,800
Diciembre	0,900

Se define el coeficiente de reducción por temperatura límite de riegos y tratamientos superficiales o por penetración τm como el cociente del número de días en que la temperatura a las 9 de la mañana es igual o superior a 10 °C, al número de días del mes.

Se define el coeficiente de reducción por temperatura límite de mezclas bituminosas $\tau'm$ como el cociente del número de días en que la temperatura a las 9 de la mañana es igual o superior a 5 °C, al número de días del mes.

Tabla: Coeficiente de reducción por temperatura límite de riegos y tratamientos superficiales o por penetración (τm) y por temperatura límite de mezclas bituminosas ($\tau'm$).

Mes	τm	$\tau'm$
Enero	0,100	0,400
Febrero	0,200	0,600
Marzo	0,200	0,800
Abril	0,400	1,000
Mayo	0,800	1,000
Junio	1,000	1,000
Julio	1,000	1,000
Agosto	0,900	1,000
Septiembre	0,900	1,000
Octubre	0,700	0,900
Noviembre	0,300	0,800
Diciembre	0,200	0,700

Se define el coeficiente de reducción por lluvia límite de trabajo λm como el cociente del número de días del mes en que la precipitación es inferior a 10 mm, al número de días del mes.

Se define el coeficiente de reducción por lluvia límite de trabajo $\lambda'm$ como el cociente del número de días del mes en que la precipitación es inferior a 1 mm, al número de días del mes.

Tabla: Coeficiente de reducción por lluvia límite 10 mm (λm).

Mes	M.O.P.
Enero	0,960
Febrero	0,950
Marzo	0,900
Abril	0,940
Mayo	0,950

Mes	M.O.P.
Junio	0,900
Julio	0,950
Agosto	0,930
Septiembre	0,910
Octubre	0,880
Noviembre	0,950
Diciembre	0,950

Tabla: Coeficiente de reducción por lluvia límite 1 mm ($\lambda'm$).

Mes	M.O.P.
Enero	0,860
Febrero	0,860
Marzo	0,760
Abril	0,780
Mayo	0,780
Junio	0,740
Julio	0,820
Agosto	0,800
Septiembre	0,780
Octubre	0,740
Noviembre	0,820
Diciembre	0,880

Por tratarse de fenómenos independientes, y como el trabajo ha de suspenderse cuando ocurra una de las condiciones adversas, se aplican reiteradamente los coeficientes de reducción correspondientes. De acuerdo con la metodología indicada en la publicación “Datos Climáticos para Carreteras” de la Dirección General de Carreteras, se han determinado los valores medios mensuales (cm) de los coeficientes de reducción de los días laborables para cada tipo de obra, habiéndose obtenido los valores que se indican en la Tabla “Coeficientes de reducción de días laborables”.

El coeficiente de reducción de los días laborables del equipo, afecto a cada clase de obra es:

Hormigones hidráulicos: $c_m = \eta_m \times \lambda_m$

Explanaciones:

$$c_m = \frac{\lambda_m + \lambda'_m}{2} \times \eta_m$$

Producción de áridos:

$$c_m = \lambda_m$$

Riegos y tratamientos superficiales o por penetración:

$$c_m = \tau_m \times \lambda'_m$$

Mezclas bituminosas:

$$c_m = \tau'_m \times \lambda'_m$$

Tabla: Coeficientes de reducción de días laborables.

Mes	Hormigones hidráulicos	Explanaciones	Producción de áridos	Riegos y tratamientos superficiales o por penetración	Mezclas bituminosas
Enero	0,672	0,637	0,960	0,086	0,344
Febrero	0,760	0,724	0,950	0,172	0,516
Marzo	0,810	0,747	0,900	0,152	0,608
Abril	0,846	0,774	0,940	0,312	0,780
Mayo	0,950	0,865	0,950	0,624	0,780
Junio	0,900	0,820	0,900	0,740	0,740
Julio	0,950	0,885	0,950	0,820	0,820
Agosto	0,930	0,865	0,930	0,720	0,800
Septiembre	0,910	0,845	0,910	0,702	0,780
Octubre	0,880	0,810	0,880	0,518	0,666
Noviembre	0,760	0,708	0,950	0,246	0,656
Diciembre	0,855	0,824	0,950	0,176	0,616

En el cálculo de los días realmente trabajables de cada mes intervienen dos factores de reducción:

- Los días festivos, que son variables según el año y la localidad, pero cuya importancia es notable; su coeficiente de reducción puede establecerse en cada caso a la vista del calendario laboral, habida cuenta de circunstancias extraordinarias (trabajo en días festivos en caso de urgencia, etc.).
- Los días de climatología adversa, cuyo coeficiente de reducción se ha determinado en la Tabla para cada clase de obra.

Podría pensarse a primera vista que la multiplicación de estos dos coeficientes parciales proporcionará el coeficiente total de reducción para la transformación de días-calendario en días-trabajables (para cada mes y clase de obra). Ello no es así, puesto que los días festivos pueden ser también de climatología adversa; y esto ha de tenerse en cuenta al efectuar la programación. Puede admitirse el criterio siguiente:

Si para un mes determinado, Cf representa el coeficiente de reducción de días festivos (que se presenta en la Tabla “Coeficientes de reducción por días festivos), y Cm el coeficiente de reducción climatológico para una clase de obra dada; (1 – Cm) representa la probabilidad de que un día cualquiera del mes presente climatología adversa para dicha clase de obra; y (1 – Cm) × Cf la probabilidad de que un día laborable presente climatología adversa. El coeficiente de reducción total, aplicable a los días laborables de cada mes, será por tanto:

$$C_t = 1 - (1 - C_m) \times C_f$$

Valor que queda reflejado en la tabla “Coeficientes de reducción por días laborables netos. Valores medios mensuales”.

Tabla: Coeficientes de reducción por días festivos.

Mes	Nº de días del mes	Nº de días festivos	Nº de días laborables	Valor de Cf
Enero	31	12	19	0,613
Febrero	28	8	20	0,714
Marzo	31	8	23	0,742
Abril	30	10	20	0,667
Mayo	31	10	21	0,677
Junio	30	9	21	0,700
Julio	31	10	21	0,677
Agosto	31	9	22	0,710
Septiembre	30	8	22	0,733
Octubre	31	12	19	0,613
Noviembre	30	9	21	0,700
Diciembre	31	10	21	0,677

Tabla: Coeficientes de reducción por días laborables netos. Valores medios mensuales.

Mes	Días laborables del mes	Hormigones hidráulicos	Explanaciones	Producción de áridos	Riegos y tratamientos superficiales o por penetración	Mezclas bituminosas
Enero	0,799	0,777	0,975	0,440	0,598	0,799
Febrero	0,829	0,803	0,964	0,409	0,654	0,829
Marzo	0,859	0,812	0,926	0,371	0,709	0,859
Abril	0,897	0,849	0,960	0,541	0,853	0,897
Mayo	0,966	0,909	0,966	0,745	0,851	0,966
Junio	0,930	0,874	0,930	0,818	0,818	0,930
Julio	0,966	0,922	0,966	0,878	0,878	0,966
Agosto	0,950	0,904	0,950	0,801	0,858	0,950
Septiembre	0,934	0,886	0,934	0,782	0,839	0,934
Octubre	0,926	0,884	0,926	0,705	0,795	0,926
Noviembre	0,832	0,796	0,965	0,472	0,759	0,832
Diciembre	0,902	0,881	0,966	0,442	0,740	0,902
Valor medio anual	0,899	0,858	0,952	0,617	0,779	0,899

Tabla: Días hábiles de trabajo.

Mes	Días laborables del mes	Hormigones hidráulicos	Explanaciones	Producción de áridos	Riegos y tratamientos superficiales o por penetración	Mezclas bituminosas
Enero	15,18	14,76	18,53	8,36	11,36	15,18
Febrero	16,58	16,06	19,28	8,18	13,08	16,58
Marzo	19,76	18,68	21,30	8,53	16,31	19,76
Abril	17,94	16,98	19,20	10,82	17,06	17,94
Mayo	20,29	19,09	20,29	15,65	17,87	20,29
Junio	19,53	18,35	19,53	17,18	17,18	19,53
Julio	20,29	19,36	20,29	18,44	18,44	20,29
Agosto	20,90	19,89	20,90	17,62	18,88	20,90
Septiembre	20,55	19,49	20,55	17,20	18,46	20,55
Octubre	17,59	16,80	17,59	13,40	15,11	17,59
Noviembre	17,47	16,72	20,27	9,91	15,94	17,47
Diciembre	18,94	18,50	20,29	9,28	15,54	18,94

Mes	Días laborables del mes	Hormigones hidráulicos	Explanaciones	Producción de áridos	Riegos y tratamientos superficiales o por penetración	Mezclas bituminosas
Total	18,75	17,89	19,84	12,88	16,27	18,75

A partir de los coeficientes medios mensuales anteriores, se ha calculado un coeficiente medio anual de reducción climatológica para cada obra, ponderando los coeficientes de reducción de los días laborables de cada mes con sus propios días laborables. Los resultados, a aplicar sobre los días laborables del año, se muestran en la siguiente tabla.

Tabla: Coeficientes medios anuales para las diferentes obras.

Tipo de obra	Hormigones hidráulicos	Explanaciones	Producción de áridos	Riegos y ttos. superficiales y por penetración	Mezclas bituminosas
Coeficientes	0,899167	0,858083	0,952333	0,617000	0,779333

5. INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA

5.1. INTRODUCCIÓN

En el presente apartado se recogen todos aquellos datos pluviométricos que caracterizan la zona de análisis.

Con objeto de recoger dicha información, en primer lugar se ha realizado un análisis del estudio denominado “Planificació de l’Espai Fluvial de la conca de la Tordera” (PEF) elaborado por la Agència Catalana de l’Aigua (ACA).

En segundo lugar, se ha realizado una estimación de los valores zonales de máximas lluvias diarias previsibles en la zona de estudio a partir del método regional propuesto en la publicación “Máximas lluvias diarias en la España Peninsular” (1999) de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, así como consultando los mapas de isomáximas de precipitación Pd correspondientes a diferentes periodos de retorno elaborados por la Agència Catalana de l’Aigua.

A continuación, para cada periodo de retorno, se ha elegido el valor de precipitación máxima más desfavorable de los obtenidos, de forma que el valor seleccionado en cada caso esté siempre del lado de la seguridad.

5.1. ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS SELECCIONADAS.

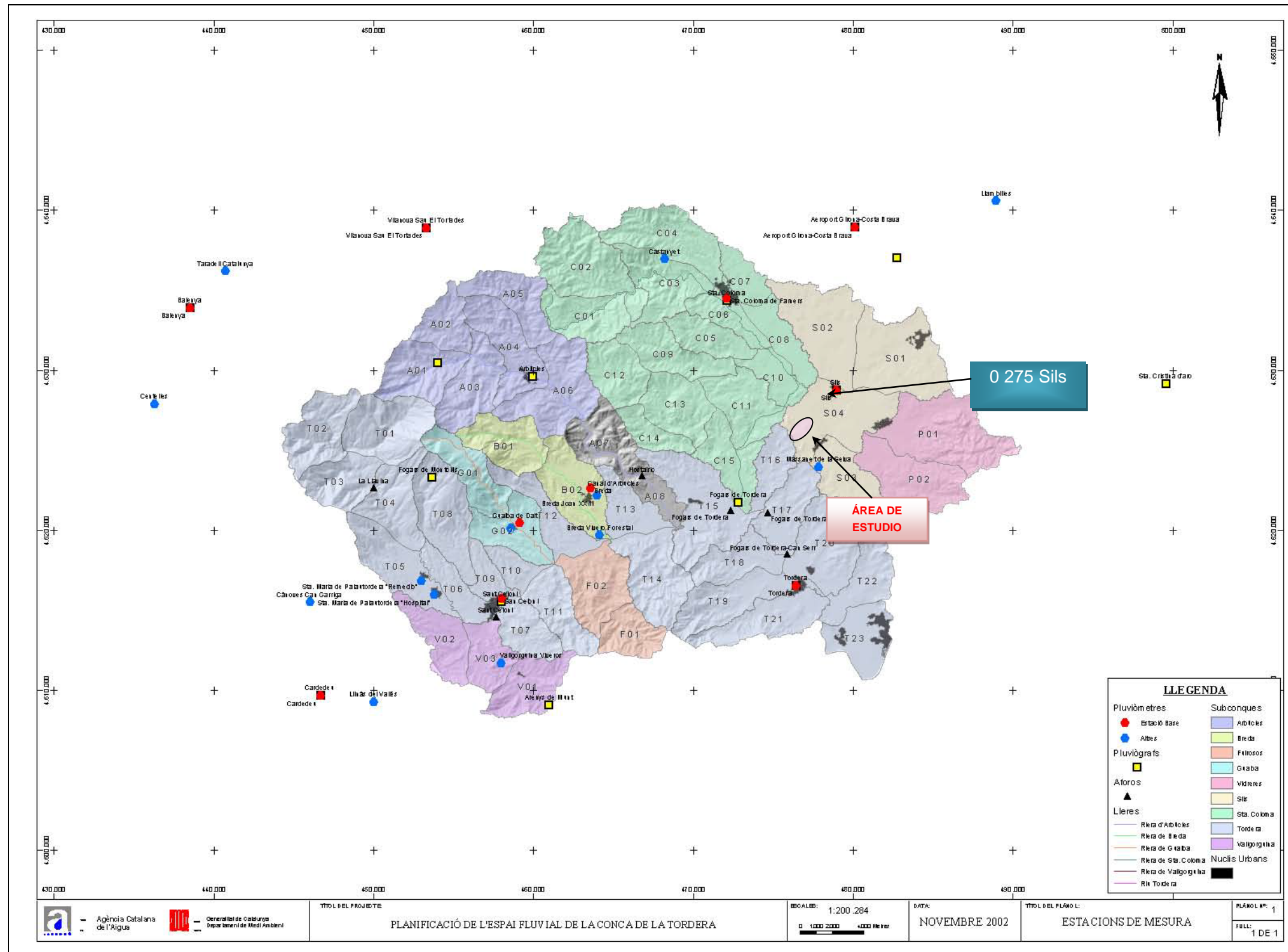
5.1.1. Introducción

Para el estudio pluviométrico se ha seleccionado la estación más representativa y cercana al ámbito de estudio. Con el fin de garantizar que los datos recogidos sean lo suficientemente representativos, se ha seleccionado aquella estación próxima al ámbito de estudio que posee series de registros largas. Se ha decidido tomar como límite un número mínimo de siete años para utilizar los datos de una cierta estación, criterio análogo al comentado en la publicación “Isolíneas de Precipitaciones Máximas Previsibles en un Día” (1978) del M.O.P.U.

La estación seleccionada que posteriormente será utilizada para realizar el estudio que determine la precipitación máxima en 24 horas asociadas a los distintos periodos de retorno se trata de la estación “0 275 Sils”.

A continuación se presenta un plano con la localización de la estación pluviométrica seleccionada.

Figura: Estación Pluviométrica Seleccionada.



5.2. VALORES EXTRAÍDOS DEL PEF DE LA TORDERA.

Las cuencas internas de Cataluña, ámbito al que pertenece la zona de estudio, están gestionadas por la Agència Catalana de l'Aigua (ACA), organismo que supervisa todos los proyectos de infraestructuras que afectan a las cuencas que son de su competencia y posteriormente elabora un informe sobre la adecuación de los mismos a los criterios de diseño que ha dictaminado la misma agencia.

Al mismo tiempo, el área de planificación del ACA ha elaborado una serie de estudios detallados de las diferentes cuencas que son de su competencia. Estos estudios se denominan “Planificació de l’Espai Fluvial” y en ellos se realiza un estudio hidráulico y medioambiental del estado de las cuencas, se localizan problemas y se proponen soluciones. La zona de estudio pertenece al PEF de la Tordera, por lo que los datos pluviométricos que serán empleados para el posterior dimensionamiento hidráulico de las obras de drenaje se han extraído del mismo. En concreto, se han tomado los datos pluviométricos de la estación de Sils.

La tabla siguiente muestra un resumen de los ajustes realizados sobre las series temporales que describen la evolución de las lluvias máximas diarias recogidas en la estación de pluviométrica de Sils.

Tabla: Precipitación máxima. Estación de Sils.

Estación pluviométrica	Función de distribución ajustada	Método de estimación	Parámetro 1 K (Parámetro α – SQRT)	Parámetro 2 μ (Parámetro k – SQRT)	R2
0 275 Sils	SQRT	Mínimos cuadrados	0,47	26,65	0,96

Estación pluviométrica	Pd (mm)			
	25 años	100 años	500 años	1000 años
0 275 Sils	167	228	312	352

5.3. VALORES ZONALES OBTENIDOS A PARTIR DE LAS “MÁXIMAS LLUVIAS DIARIAS EN LA ESPAÑA PENINSULAR”.

En la publicación “Máximas lluvias diarias en la España Peninsular” editada en 1999 por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, se recoge un nuevo método regional para estimar las máximas lluvias diarias previsibles en las distintas regiones de la España Peninsular.

Dicho método viene a sustituir la antigua publicación “Isolíneas de Precipitaciones Máximas Previsibles en un Día” de la Dirección General de Carreteras del M.O.P.U., que data del año 1978.

Entre las mejoras que introduce la reciente publicación respecto a la antigua, puede destacarse la aportación de nuevos datos (desde 1970), así como la aplicación de nuevas tecnologías estadísticas y de un tratamiento informático, aprovechando las capacidades de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

De este modo, pueden obtenerse las máximas precipitaciones en un determinado lugar de la España Peninsular, en función de los distintos periodos de retorno, con sólo conocer sus coordenadas geográficas o U.T.M.

El método regional empleado asume que la variable Y resultante de dividir en cada estación los valores máximos anuales por su media

$$Y = \frac{P}{\bar{P}}$$

sigue idéntica distribución de frecuencia en toda la región considerada. Los parámetros de dicha distribución son obtenidos a partir del conjunto de datos de las estaciones de la región, mientras que el valor local de la media \bar{P} se estima exclusivamente a partir de los datos de cada una de las estaciones.

Según dicho método, la estimación de cuantiles locales X_t (PT en el “Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular” (1997)) en un determinado punto, se reduce a reescalar los cuantiles regionales Y_t (denominados Factores de Amplificación KT en la referida publicación) con la media local \bar{P} según la siguiente expresión:

$$X_t = Y_t \times \bar{P}$$

La estimación regional de cuantiles del método se realizó agrupando las 1.545 estaciones básicas, con 30 o más años de registros, en 26 regiones geográficas definidas agrupando zonas de territorio con características meteorológicas comunes y analizando de forma complementaria los coeficientes de variación C_v muestrales, contrastando posteriormente la homogeneidad de estas regiones mediante un test estadístico chi-cuadrado.

La publicación “Máximas lluvias diarias en la España Peninsular” propone dos métodos para el cálculo de cuantiles de lluvia para diferentes periodos de retorno:

- Mapas con los valores del coeficiente de variación C_v y del valor medio \bar{P} .
- Programa informático MAXPLU.

El proceso operativo de obtención de cuantiles para distintos periodos de retorno mediante mapas puede resumirse en los siguientes pasos:

1. Se localiza en los planos el punto geográfico deseado (la zona objeto de estudio se encuadra en las hojas 5-2 (Barcelona-Ceret) que se adjunta en las páginas siguientes).

- 2. A continuación, para el punto geográfico deseado, se estima mediante las isolíneas representadas, el valor medio \bar{P} de la ley de frecuencia de máximas precipitaciones diarias anuales y el coeficiente de variación Cv de dicha ley.
- 3. Para el periodo de retorno deseado T y el valor de Cv, se obtiene el cuantil o factor regional Yt (también denominado factor de amplificación KT en el “Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular” (1997)), utilizando la figura 3.3 o la tabla 7.1 de la publicación “Máximas lluvias diarias en la España Peninsular” (1999).
- 4. Por último, se determina el cuantil local Xt mediante el producto del cuantil regional Yt por el valor medio \bar{P} , para obtener la lluvia correspondiente a cada periodo de retorno. Dicho cuantil local Xt se designa también como PT en el “Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular” de 1997.

$$X_t = Y_t \times \bar{P} \qquad \text{o bien} \qquad P_T = K_T \times \bar{P}$$

donde:

- Xt , PT Cuantil local que permite estimar la precipitación máxima diaria correspondiente a un determinado periodo de retorno.
- Yt , KT Cuantil regional o factor de amplificación.
- \bar{P} Máxima precipitación diaria anual (mm).

En el presente estudio se han determinado las precipitaciones máximas diarias haciendo uso del programa informático MAXPLU. Dicha aplicación ofrece dos posibilidades para el análisis de lluvias diarias en la España Peninsular, partiendo de las coordenadas geográficas o U.T.M.:

- 1. Obtención del valor medio de la precipitación diaria anual \bar{P} y del coeficiente de variación Cv.
- 2. Estimación de la precipitación diaria máxima correspondiente a diferentes periodos de retorno, a partir del valor de su media y su coeficiente de variación, asumiendo una distribución SQRT-ETmáx.

Con este fin, se ha aplicado el programa MAXPLU a cada una de las cinco estaciones pluviométricas seleccionadas, ubicándolas mediante sus coordenadas geográficas. De dicha aplicación se han deducido los valores de máxima precipitación diaria anual \bar{P} y del coeficiente de variación Cv, asociados al punto de localización de cada una de ellas. Finalmente, con los parámetros anteriores, se ha estimado la precipitación diaria máxima correspondiente a diferentes periodos de retorno para cada una de las estaciones en estudio.

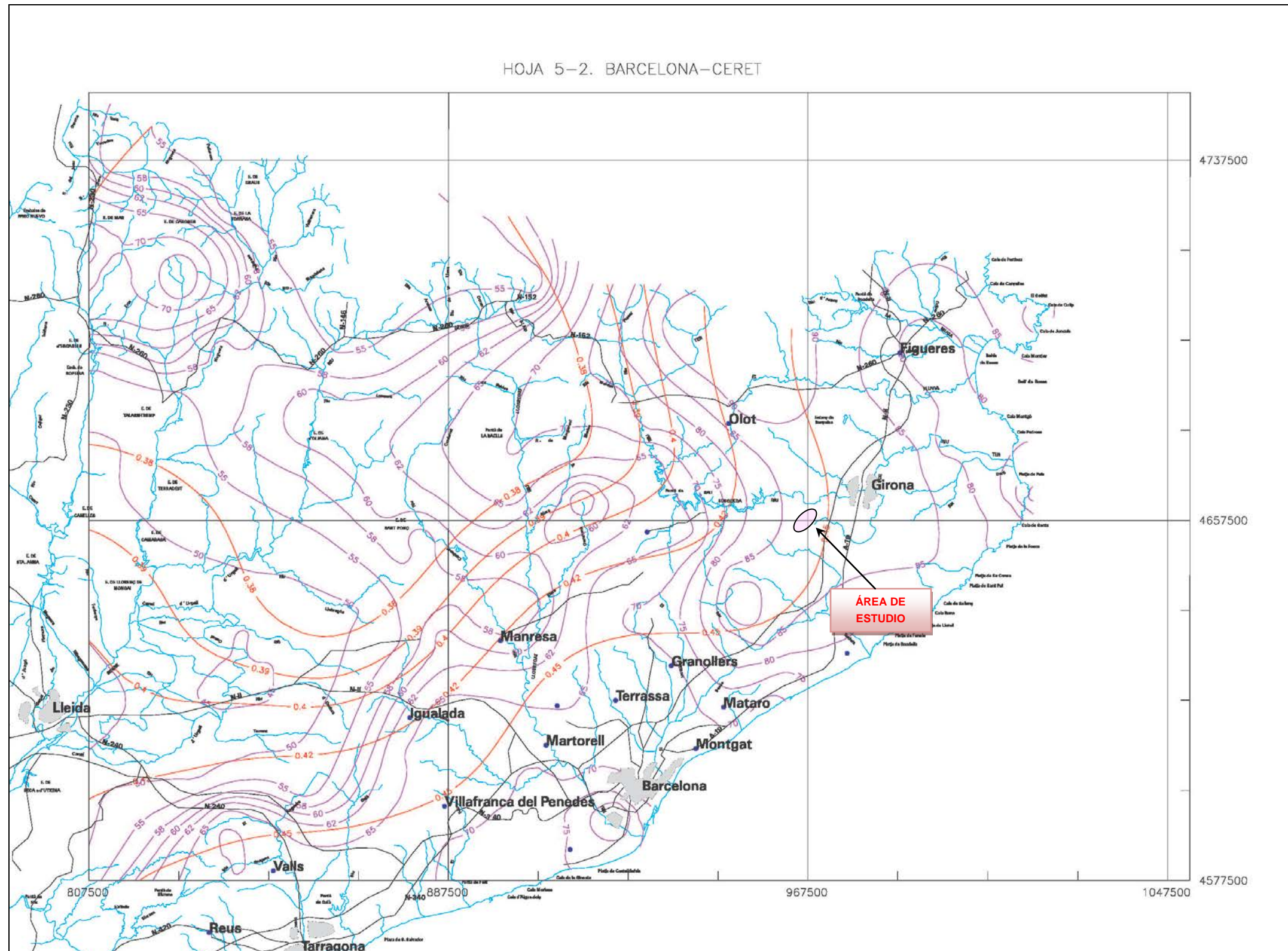
En la tabla que se adjunta a continuación se presenta un resumen de resultados de las precipitaciones máximas diarias obtenidas mediante la aplicación de la metodología propuesta por la publicación “Máximas lluvias diarias en la España Peninsular” (1999), que se ha descrito anteriormente.

Tabla: Precipitaciones máximas diarias resultantes de la aplicación de la metodología de la publicación “Máximas lluvias diarias en la España Peninsular” (1999).

ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA				
Designación	Longitud	Latitud	Coeficiente de variación Cv	Valor medio precipitación diaria anual
0275 Sils	02º44'48" E	41º48'35" N	0,459	85

Precipitación máxima diaria Pd (mm) para cada periodo de retorno (T)							
T= 2 años	T= 5 años	T= 10 años	T= 25 años	T= 50 años	T= 100 años	T= 500 años	T= 1000 años
76	109	133	167	194	224	298	331

Figura: Isolíneas de precipitación máxima y coeficientes de variación.



5.3.1. Agència Catalana de l'Aigua: valores zonales deducidos de los mapas de isomáximas de precipitación máxima diaria del ACA.

Por otro lado, hay que destacar que la Agència Catalana de l'Aigua, consciente del problema asociado a la obtención del valor de la precipitación diaria Pd, a partir del tratamiento estadístico de los datos de pluviometría registrados en diferentes estaciones meteorológicas de Cataluña, ha elaborado unos mapas de isomáximas de precipitación Pd correspondiente a diferentes periodos de retorno (ver planos en páginas siguientes).

Los valores de precipitación máxima diaria asociados a los distintos periodos de retorno, para el punto de ubicación de cada una de las estaciones pluviométricas seleccionadas, son los que se recogen en las tablas de contraste que se incluyen en el apartado 4.3.4, que se desarrolla a continuación.

Figura: Isolíneas de precipitación máxima del ACA (T = 50 años).

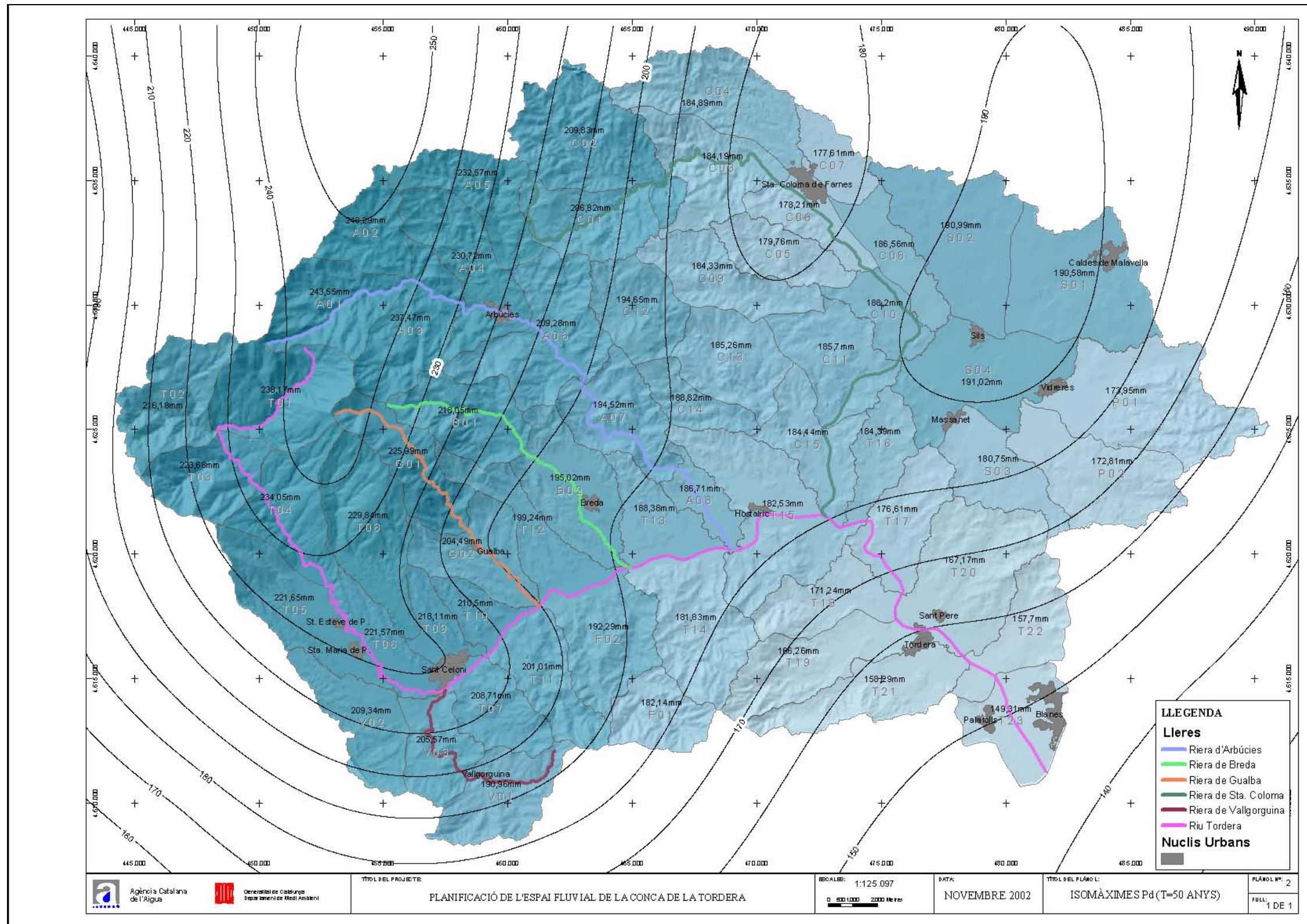


Figura: Isolíneas de precipitación máxima del ACA (T = 100 años).

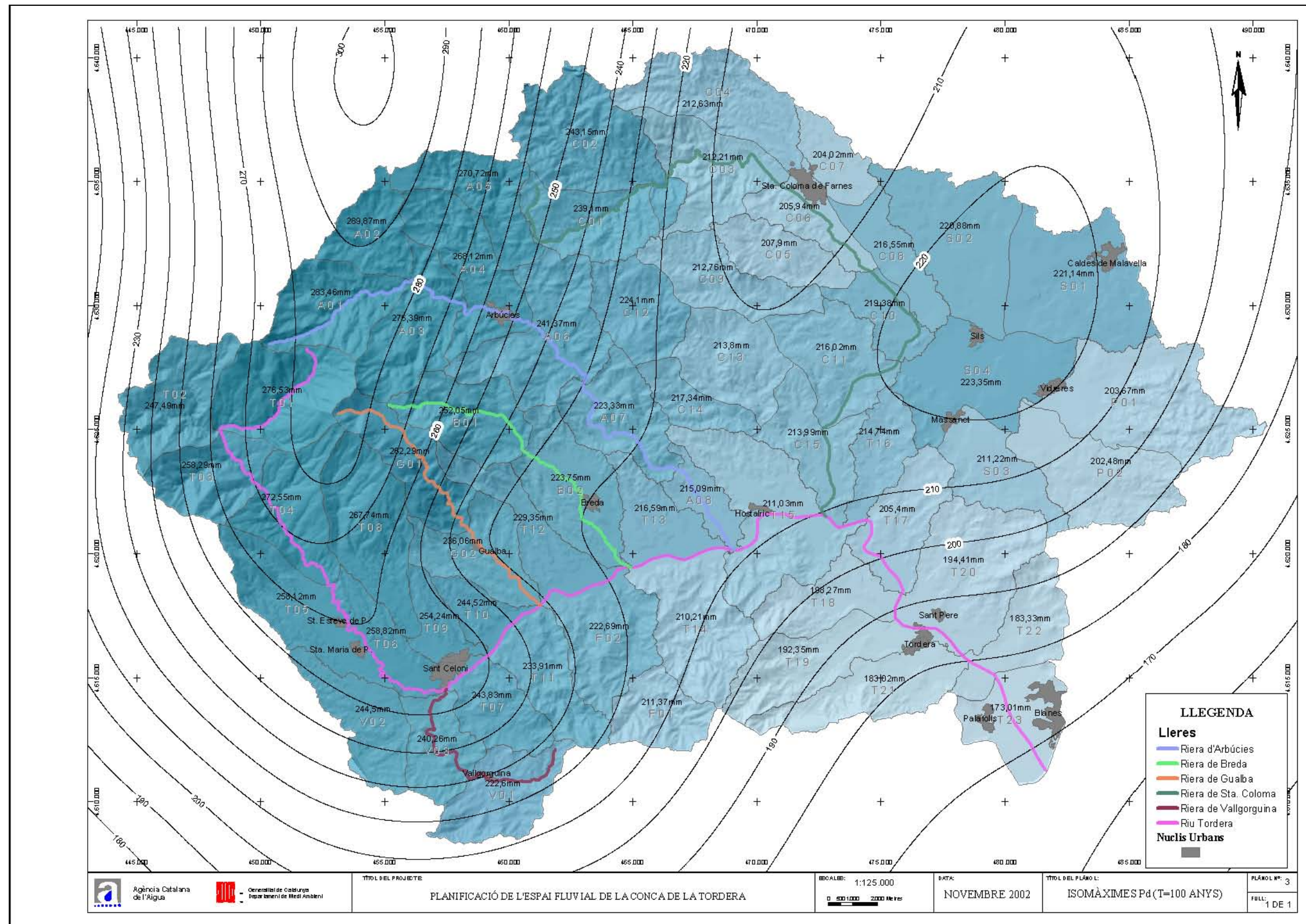
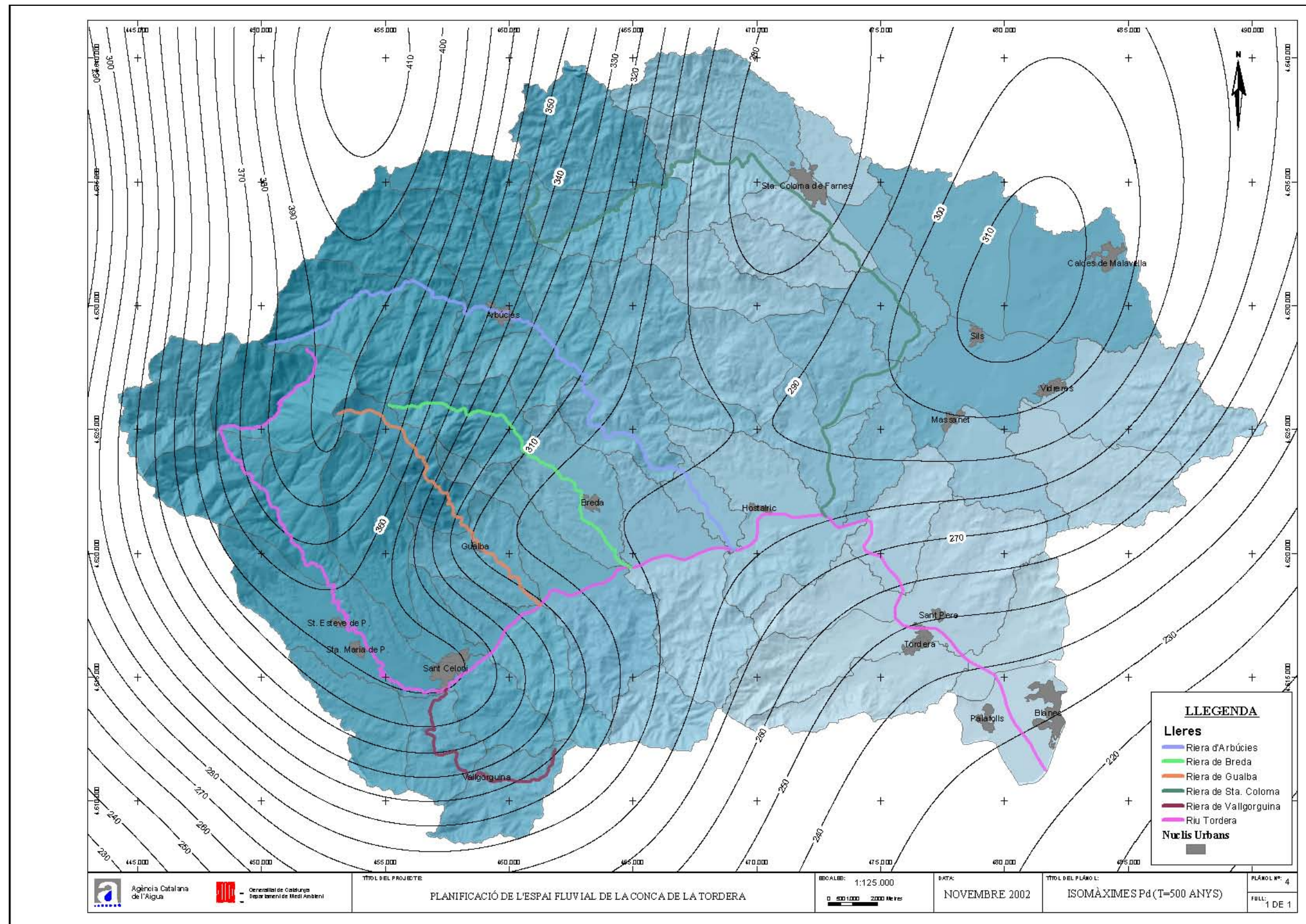


Figura: Isolínies de precipitació màxima del ACA (T = 500 anys).



5.4. CONTRASTE DE LOS RESULTADOS.

De acuerdo con el análisis realizado, se ha decidido elegir, para cada periodo de retorno, la precipitación máxima más desfavorable de entre los métodos aplicados, de modo que el valor seleccionado en cada caso sea el más conservador y siempre se esté del lado de la seguridad.

Los valores de precipitación máxima diaria adoptados para el cálculo, según los criterios expuestos, quedan recogidos en la última columna de la tabla del estudio comparativo efectuado que se incluyen a continuación para la estación seleccionada.

Estación 0275 SILS				
Periodo de retorno (T) años	Precipitación máxima diaria Pd (mm)			
	PEF (Cuenca de la Tordera)	Publicación MAXPLU (Mº Fomento)	Precipitación máxima (ACA)	Precipitación máxima adotada Pd(mm)
2	-	76	-	76
5	-	109	-	109
10	-	133	-	133
25	165	167	-	167
50	-	194	192	194
100	228	224	224	228
500	312	298	305	312
1000	-	331	-	331

Figura: Principales ríos de Cataluña.

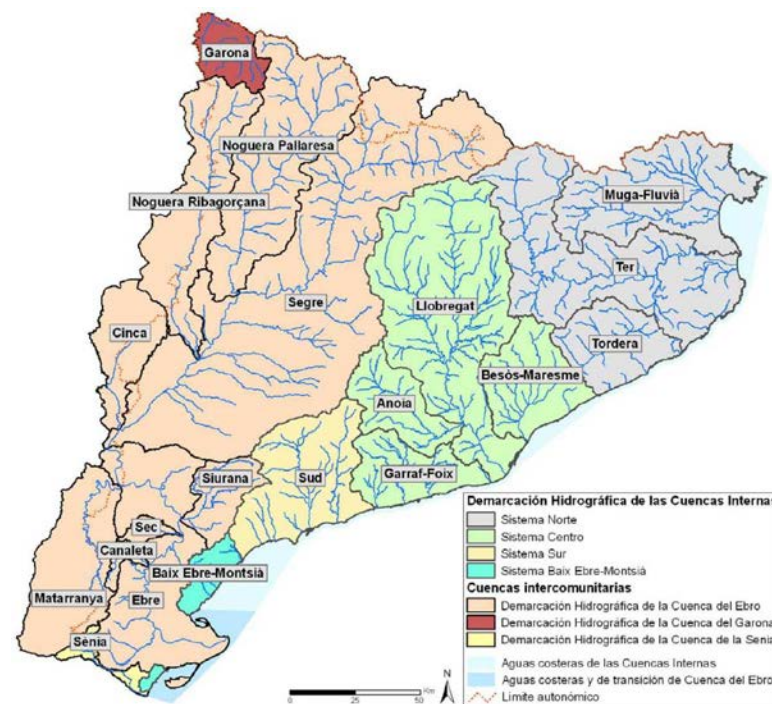
Con este fin, se ha comenzado el estudio realizando una descripción general de la hidrología del área objeto de análisis para, a continuación, pasar a concretar las características hidrográficas de las cuencas más importantes localizadas en el entorno del ámbito de estudio.

Con una superficie de 16.261 Km², las cuencas internas representan aproximadamente el 52% de la superficie de Cataluña. Se extienden por las provincias de Barcelona, Gerona, Tarragona y una reducida extensión de Lérida.

Concretamente y para la zona que nos ocupa se definen a continuación rasgos que de las características principales que engloban las cuencas ubicadas en la sierra prelitoral.

La “cuenca de la Tordera” se encuentra dentro de las cuencas internas de Cataluña, integradas por los ríos y rieras de la vertiente oriental, de caudales menores, que nacen dentro de Cataluña y mueren en el mar Mediterráneo.

Figura: Demarcación Hidrográfica.

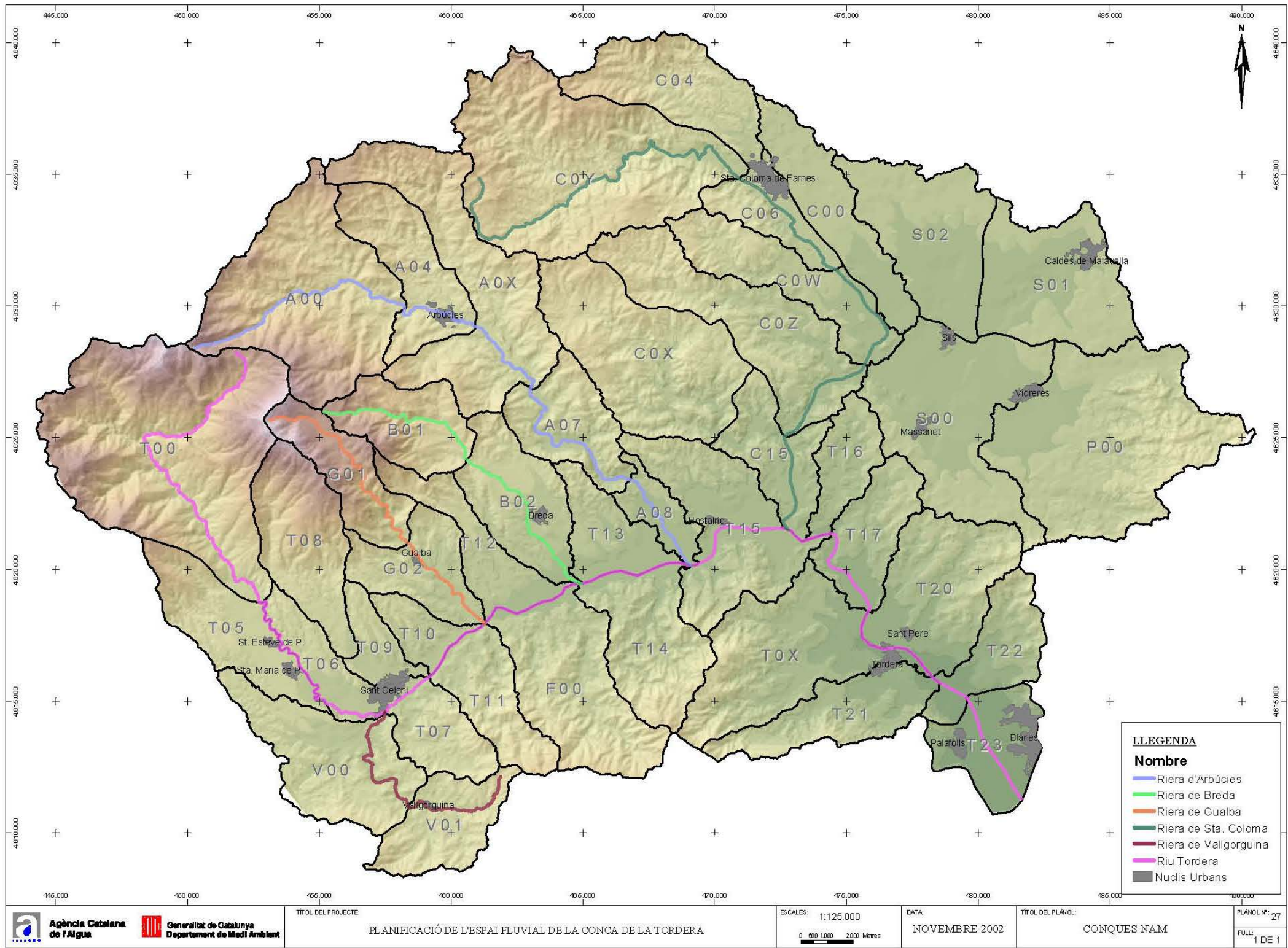


Tras esta breve descripción general de la red hidrográfica superficial de interés para este estudio, en la página siguiente se adjunta un plano en el que se representan los elementos más relevantes de la hidrología superficial de la zona de análisis. A continuación de dicho plano se incluye una serie de fotografías de la zona atravesada por la traza de la “Autovía del Nordeste (A-2). Barcelona – Frontera Francesa. Tramo: Maçanet de la Selva – Sils.”.

Las cuencas de la Sierra Prelitoral: nacen en las divisorias de aguas de los macizos del Montseny, Sant Llorenç de Munt y Montserrat. Se trata de cuencas hidrográficas más extensas, de algunos centenares a un millar de kilómetros cuadrados. Son cursos de caudal permanente durante prácticamente todo el año, como el Tordera, el Besòs, el Foix y, en menor grado, la Riera de Canyelles. Tienen tres partes diferenciadas: la primera corresponde al recorrido por la Sierra Prelitoral, en la que los tálvegs discurren por sustrato rocoso, encajonados y con pendientes superiores al 5%; la segunda corresponde al recorrido por la depresión del Vallès-Penedès, constituida por formaciones detríticas blandas de edad miocena, cuya erosión ha permitido a los ríos prelitorales construir amplias llanuras aluviales por acumulación de los arrastres; el último tramo corresponde al tránsito por la Sierra de Marina, muy breve en el Tordera y el Besòs y más largo en el Foix y en el enlace con sus respectivas zonas deltáicas.

La cuenca del río Tordera está situada en la vertiente suroriental del macizo montañoso del Montseny y discurre entre dicho macizo y la cordillera litoral, hasta su desembocadura en el mar, estableciendo la frontera entre la Costa Brava y la comarca del Maresme. Tiene una superficie aproximada de 900 Km², hasta su desembocadura en forma de delta (actualmente barra de arena) en el mar.

Figura: Cuencas hidrográficas.



6.1.1. Río Tordera

La Tordera nace en el Massís del Montseny, en la font Bona de Sant Marçal, a unos 1.100 m de altitud, y después de un recorrido de unos 60 km desemboca en el mar entre Malgrat y Blanes. En su curso ofrece una trayectoria particular, con un recorrido nada uniforme. Nace en el collado de Sant Marçal, valle enmarcado por la cimbras del Matagalls (1697 m) y el turó de l'Home (1706 m), se dirige hacia el SO, y a unos 4,5 Km de su nacimiento gira bruscamente en ángulo recto para encajar en la falla de Collformic, justo en el lugar de Vilaseca (Montseny). Río abajo éste atraviesa el municipio de Fogars de Montclús y entra en el término de Sant Esteve de Palautordera.



Nacimiento de La Tordera en Montseny

Después de abandonar la montaña, el río inicia su tramo medio en la plana aluvial de Palautordera, caracterizado por meandros pronunciados. Este es el tramo de la Tordera más humanizado del río, con amplias superficies dedicadas a cultivos, industrias y núcleos de población importantes. En Sant Celoni, villa situada a unos 150 m de altitud, vuelve a girar en ángulo recto para dirigirse en dirección NO. Sigue hasta Hostalric donde recibe a la riera d'Arbúcies que baja por la falla que separa las Guillerries del Montseny.

La Tordera es un río de caudal de origen pluvial con aportaciones primaverales del deshielo de la nieve acumulada en las partes elevadas del macizo. En el otoño aumenta su caudal gracias a la intensidad pluviométrica de la zona, mientras que en verano se caracteriza por una intensa sequía. La Tordera es, además, un río de repentinas crecidas, que han modificado el paisaje de la llanura sobretudo, en el tramo medio y bajo del río. Los desbordamientos y torderadas están documentados desde hace muchos años; normalmente su duración es corta y con una estacionalidad marcada, preferentemente en el otoño.



Río de La Tordera a su paso por Sant Celoni

El Tordera es un río de régimen mediterráneo, con veranos secos y caudales torrenciales en primavera y otoño, aunque puede registrar crecidas importantes en cualquier momento del año. En condiciones naturales, el paso por materiales silíceos le confiere una conductividad relativamente baja, con pocos sulfatos y con el bicarbonato cálcico como sal principal. La calidad del agua es elevada en la parte alta hasta el límite del Parque Natural del Montseny. Una derivación de aguas a la altura de Viladecans origina que, algunos veranos, el río llegue seco a Santa Maria de Palautordera. El agua de este tramo es de buena calidad, pero se degrada en verano ya que el escaso caudal que lleva el río es insuficiente para diluir las aportaciones de las depuradoras fisicoquímicas de Santa Maria de Palautordera y, especialmente, de Sant Celoni.

6.1.2. Riera de Santa Coloma

El tramo final de la riera de Santa Coloma se encuentra incluido dentro del Espacio de Interés Natural donde también se encuentra el estanque de Sils y las colinas de Maçanet. Tiene una extensión total de 56 ha, repartidas entre los municipios de Riudarenes, Maçanet de la Selva, Massanes y Fogars de Tordera. En este espacio son destacables los bosques de ribera, especialmente las alisedas y fresnedas, que presentan un estado de conservación aceptable.

La riera de Santa Coloma, de régimen hidrológico mediterráneo, forma en este tramo mencionado algunos meandros y recibe la aportación de aguas de la riera de l'Esparrà, de la de Massanes y de la riera del Vilarras, así como de la acequia de Sils. El lecho de la riera es de naturaleza arenosa, inestable y muy variable morfológicamente debido a las constantes avenidas periódicas a la que se ve sometido.



Riera de Santa Coloma

Las comunidades vegetales de ribera han sido el valor principal por el que se ha incluido estos espacios dentro del PEIN. Encontramos saucedas (*Saponario-Salicetum purpurae*) y el carrizal común (*Typho-Schoenoplectum glauci*). En los bordes del agua está presente la *Gatelledes* (*Carica-Salicetum catalaunicae*), y ya más alejadas de la primera línea de agua y encontramos la olmeda con mijo (*Lithospermo-Ulmetum minorista*) y la aliseda con consuelda (*Lamia -Alnetum glutinosae*), comunidad propia de la montaña media lluviosa pero que en la Selva es el bosque de ribera más frecuente.

La mayoría de estas comunidades vegetales se encuentran degradadas debido a la acción humana, y en muchos lugares han sido sustituidas por plantaciones de especies foráneas como el plátano (*Platanus hybrida*), la robinia (*Robinia pseudacacia*) o los chopos (*Populus sp.*).

La fauna más característica de este lugar está relacionada con el medio acuático.

6.1.3. Sequia de Sils

La acequia de Sils, está relacionada con el estanque de Sils que antiguamente fue un gran estanque desecado para la obtención de terrenos de cultivo, hoy ha sido recuperado y constituye en su laguna permanente un importante hábitat para aves de paso, el estanque recibe aguas de la riera de Vallcanera que ya llegando al estanque de Sils se encuentra canalizada, del otro lado está la Sequia de Sils que es una construcción artificial que fue utilizada para desecar el estanque de Sils.



Estanque de Sils

La Sequia de Sils recibe, a lo largo de su recorrido más o menos paralelo a la vía del ferrocarril, todos los riachuelos y rieras que antes rebosaban en la laguna, y dirige sus aguas hacia la riera de Santa Coloma. Aún así, cuando las precipitaciones son abundantes y persistentes, la acequia no puede absorber todo el volumen de agua y se desborda e inunda prácticamente todo el espacio.



Sequia de Sils

6.1.4. Otros cauces afectados por el área de estudio.

A continuación se enumeran brevemente otros cursos fluviales afectados por el área objeto de análisis, entre los que destacan los siguientes:

- Riera de Santa María
- Riera de Pins
- Reg Clar
- Reg Sorrer
- Riera de la Granota
- Rec de Can Sçria / La Torderola

La riera de Pins (o de Vilopriu), atraviesa el núcleo de Colomers que es drenado también por rieras o torrentes, la mayoría intermitentes o de régimen irregular, que recorren el término de norte a sur y afluyen al Ter: el torrente de las Arces, en el sector oriental, las rieras de Diana (o de San Mateo) y de Ramema (o de Gaüses o de Llampaies), al'occidental, y Reg Clar.



Riera de Pins



Reg Clar



Reg Sorrer



Riera de la Granota

6.2. CONTACTOS MANTENIDOS CON LA AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA.

A la hora de proceder a la definición del drenaje, se han seguido los criterios que fueron establecidos por la Agencia Catalana del Agua tras la serie de contactos mantenidos con motivo del *Proyecto de Trazado de la "Autovía del Nordeste (A-2). Barcelona – Frontera Francesa. Tramo: Maçanet de la Selva – Sils."* En concreto, durante la redacción del proyecto, tanto en la fase de trazado como en la de construcción, se han mantenido diversos contactos con los técnicos del *Departament de Planificació i Ordenació de l'Espai Fluvial* de la ACA.

En las páginas siguientes se incluye una copia de los diferentes contactos mantenidos con la ACA, en donde se recogen las principales indicaciones recibidas en relación con la definición con la solución de drenaje a adoptar en el presente proyecto, y que se resumen en los siguientes puntos:

- Marzo de 2009: Durante la fase de redacción del Proyecto de Trazado se realizó una primera reunión con los técnicos encargados del seguimiento del presente proyecto con tal de exponer los métodos analíticos empleados y las conclusiones obtenidas. Se comentó las particularidades del sistema formado por la riera de Pins, el reg Clar y el reg Sorrer y sus afluentes. Estos se deben considerar como un único sistema, por lo que en el caso de avenida, ésta fluye por toda la llanura de inundación desaguardo a la vez por las tres estructuras proyectadas.

Además, la zona de la riera del reg Sorrer y sus afluentes (donde se emplaza la estructura de mayor longitud) la más deprimida de toda la llanura.

Al ser una zona prácticamente llana, con cauces de pequeña capacidad, se comenta que el estudio se realice únicamente para los caudales de 500 años de periodo de retorno, con tal de obtener la cota de la lámina de agua en situación de avenida.

- 11 de enero de 2010: Durante la fase del Proyecto de Construcción, la ACA realizó la petición, a través del ingeniero director del proyecto, de rehacer los cálculos de la riera de la Granota mediante el programa HY-8, aplicando un coeficiente de rugosidad de Manning de 0,025 (obras de hormigón). Asimismo, se solicita el envío tanto de dicha modelización como de las simulaciones hidráulicas con el HEC-RAS realizada para las rieras de Pins, el reg Clar y el reg Sorrer.
- 14 de enero de 2010: Se mantiene una reunión con la ACA con objeto de presentar los resultados obtenidos en el modelo hidráulico HEC-RAS realizado para las rieras. A raíz de los resultados obtenidos, se comentó por parte del ACA la necesidad de realizar un informe para justificar la solución obtenida, y más en concreto, los resguardos adoptados en el viaducto asociado a la riera del Pins.
- 14 de marzo de 2010: Se hace entrega del informe solicitado con la justificación de la solución de drenaje adoptada para las rieras, incluyendo la modelización HEC-RAS realizada para las rieras dels Pins, Reg Clar y Reg Sorrer, y el modelo mediante el programa HY-8 de la riera de la Granota.
- 15 de abril de 2010: Se recibió por parte de la ACA, el informe técnico favorable de fecha 25 de marzo de 2010 del presente proyecto, dando el visto bueno a la solución de drenaje definida.
- 20 de diciembre de 2012: La Demarcación de Carreteras del Estado en Cataluña remite a la ACA una solicitud de informe técnico sobre el documento "Informe preliminar de drenaje. Actualización de los diseños de drenaje". En este informe se ponen de manifiesto los nuevos condicionantes generados por la puesta en servicio del tercer carril de la AP-7, por la revisión de trazado de la propia A2 y se solicita modificar la geometría de las obras de drenaje de la Riera del Pins, rec Clar y Rec Sorrer a fin de adaptarlas a la nueva coyuntura económica.
- 14 de enero de 2013: Se recibe respuesta de la ACA en relación a la solicitud de informe en la que se fijan los criterios y condicionantes a tener en cuenta en el diseño de las obras de drenaje mencionadas en el informe. Se indica que deberá evitarse el vertido por encima de la actual NII y se permite que la futura A2 tenga cierto efecto laminador para evitar la afección sobre las obras de drenaje existentes en la AP-7, aguas abajo del tramo objeto de este proyecto. Asimismo, se establece la luz libre a proyectar en el Rec Sorrer (20 m.) y en la Riera del Pins y Rec Clar (25 m).

De: Luis Jané Guitart - GeoPlank
Enviado el: lunes, 11 de enero de 2010 16:52
Para: Alejandro Peralta Pozo
Asunto: RV: Autovia Nordeste A-2 en tramo Maçanet de la Selva a Sils

De: Valero Megía Cristina [mailto:cvalero@fomento.es]
Enviado el: lunes, 11 de enero de 2010 13:05
Para: Luis Jané Guitart - Apia XXI
Asunto: RV: Autovia Nordeste A-2 en tramo Maçanet de la Selva a Sils

Adjunto te remito los comentarios recibidos del ACA acerca de los cálculos hidrológicos del proyecto de trazado citado

"En relación a la obra de fábrica asociada a la riera de la Granota, agradeceríamos que se rehicieran los cálculos utilizando el programa de cálculo HY-8 (Manning mínimo de 0,025 para obras de hormigón), para verificar que se ajusta a las recomendaciones de la Agencia en cuanto a resguardo libre en el interior de la obra, sobreelevación y línea de energía (cálculos realizados aplicando fórmula de Manning a sección llena)."

Además de esto, también me han solicitado los archivos asociados a los modelos HEC-RAS, para validar completamente el resto de los cálculos que en él se incluyen.

Un saludo,

De: Alejandro Peralta Pozo - Apia XXI [mailto:APeralta@apiaxxi.es]
Enviado el: lunes, 08 de marzo de 2010 12:06
Para: Ruiz Navarro, Sandra; fmcasquero@gencat.cat
CC: Cristina Valero - MFOM
Asunto: 12-GI-3580 - Autovía A-2. Maçanet de la Selva - Sils
Importancia: Alta


Buenos días,

Referente al proyecto Autovía del Nordeste A-2. Tramo: Maçanet de la Selva – Sils, se adjuntan los siguientes archivos:

- Recálculo mediante programa HY-8 de la obra de fábrica asociada a la riera de la Granota.
- Archivos del modelo HEC-RAS del proyecto.
- Documento justificativo de la solución adoptada para el drenaje de las rieras presentes en el proyecto.

Cualquier duda o información complementaria quedamos a su disposición.

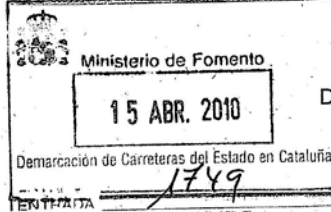
Un saludo.



Agència Catalana de l'Aigua
 Provença, 204-208
 08036 Barcelona
 Tel. 93 567 28 00
 Fax 93 567 27 80
 NIF Q 0801031 F
 www.gencat.cat/aca

Expedient: **UDPH2005002235**
 Procediment: **Infraestructura de transport**
 Assumpte: **Tramessa d'informe**
 Document: **3773080**

Cristina




Ministerio de Fomento
15 ABR. 2010
 Demarcación de Carreteras del Estado en Cataluña
 ENTRADA 1749

CD080070882000003773060
Sr. LUIS BONET LINUESA
DEMARCAÇÃO DE CARRETERAS DEL ESTADO EN CATALUÑA
CARRER DE LA MARQUESA, 12
08003 BARCELONA
BARCELONA

Us trameto, adjunt, l'informe tècnic de data 25 de març de 2010, emès per aquest Departament en relació amb el projecte: "AUTOVIA DEL NORD-EST A-2. BARCELONA – FRONTERA FRANCESA. TRAM: MAÇANET DE LA SELVA – SILS", AMB CLAU T2-GI-3580. Objecte: INFORME ASSOCIAT A LES AFECIONS A DOMINI PÚBLIC HIDRÀULIC, pel vostre coneixement.

El Cap del Departament de Planificació i Ordenació de l'Espai Fluvial




Lluís Godé Lanao
 Barcelona, 31 de març de 2010

Generalitat de Catalunya
 Agència Catalana de l'Aigua

Número: 01385 / 18.202 / 2010
 Data: 12-04-2010 Hora: 13:07:19

Registre de Sortida



Generalitat de Catalunya
Departament de Medi Ambient i Habitatge

Pàgina 1 de 1



Agència Catalana
de l'Aigua

Provença, 204-208
08036 Barcelona
Tel. 93 567 28 00
Fax 93 567 27 80
NIF Q 0801031 F
www.gencat.cat/aca

Expedient: UDPH2005002235
Procediment: Infraestructura de transport
Assumpte: Informe tècnic
Document: 3740724



IDENTIFICACIÓ DE L'EXPEDIENT:

EXPEDIENT NÚM.: UDPH2005002235

PETICIONARI: DEMARCACIÓ DE CARRETERES DE L'ESTA A CATALUNYA

PROJECTE DE TRAÇAT: "AUTOVIA DEL NORD-EST A-2. BARCELONA – FRONTERA
FRANCESA. TRAM: MAÇANET DE LA SELVA – SILS", AMB CLAU T2-GI-3580.

OBJECTE: INFORME ASSOCIAT A LES AFECCIONS A DOMINI PÚBLIC HIDRÀULIC.

COORDENADES UTM: X = 497.784 Y = 4.626.708

ANTECEDENTS:

En data de 16 de juny de 2005, l'Agència Catalana de l'Aigua emet informe favorable amb prescripcions sobre el Projecte Constructiu "AUTOVIA TORDERA- FORNELLS DE LA SELVA. TRAM: MAÇANET DE LA SELVA- SILS", amb clau 12-GI-3100. L'informe favorable de l'actuació restava condicionat al que s'establís a la Declaració d'Impacte Ambiental del Projecte pel que feia la tipologia de les obres de drenatge projectades.

En data de 28 d'octubre de 2008, la Universitat Politècnica de Catalunya realitza un estudi hidrològic i hidràulic associat als cursos fluvials afectats per les obres incloses en el document "PROYECTO MODIFICADO Nº 1. AUTOVIA DEL NORDESTE (A-2) TRAMO: MAÇANET DE LA SELVA - SILS". A partir dels resultats obtinguts, en el citat document es determinen unes dimensions mínimes per a les obres de drenatge associades a la riera de Pins, riera del Reclar i Rec del Sorrer.

En data de 22 d'octubre de 2009, l'Agència Catalana de l'Aigua rep una sol·licitud d'informe tècnic de la Demarcació de Carreteres de l'Estat a Catalunya sobre el Projecte de Traçat "AUTOVIA DEL NORDEST A-2. BARCELONA – FRONTERA FRANCESA. TRAM: MAÇANET DE LA SELVA - SILS", amb clau T2-GI-3580, donant lloc al present informe complementari.

Convé destacar que en data de 8 de març de 2010, la Demarcació de Carreteres de l'Estat a Catalunya remet a aquesta Agència documentació complementària a l'anterior.

DESCRIPCIÓ DEL PROJECTE:

L'objecte del Projecte Constructiu és la definició a nivell de projecte de traçat de les obres necessàries per a l'execució del tram de l'autovia del Nord-est (A-2) comprès entre els termes municipals de Maçanet de la Selva i Sils.

Les modificacions incloses tenen per objecte corregir els errors i les deficiències detectades pel que fa al disseny inicial de les obres de drenatge incloses en el Projecte Constructiu "AUTOVIA TORDERA- FORNELLS DE LA SELVA. TRAM: MAÇANET DE LA SELVA- SILS", amb clau 12-GI-3100, tenint en compte els condicionants de seguretat i funcionalitat del futur enllaç amb l'autovia C-35, així com la proximitat de l'autopista AP-7, situada aproximadament 800 m aigües avall de la nova via.



Generalitat de Catalunya
Departament de Medi Ambient
i Habitatge

Pàgina 1 de 9



Agència Catalana
de l'Aigua

El traçat de la futura autovia s'inicia en el PK 9+700 de l'actual N-II, desplaçant-se cap a l'est en determinades zones, i finalitza en el PK 14+266, en el municipi de Sils.

Les característiques principals de les obres de drenatge projectades són les següents:

Obra de fàbrica	Curs fluvial	Cabal (m³/s)	Resguard respecte linia energia (m)	Calat sortida (m)	Resguard entrada (m)	Sobreelevació (*) (m)
11+950	Riera de Pins	384,30	0,48	-	0,54	0,08
12+200	Riera de Reclar	231,00	1,40	-	1,46	0,08
12+520	Rec Sorrer	141,20	2,71	-	2,77	0,08
14+170	Torrent de La Granota	39,88	0,08	1,57	1,04	-

Taula núm. 1. Resum de les principals característiques de les obres projectades, d'acord amb els càlculs hidrològics – hidràulics presentats. (*) Sobreelevació màxima de la làmina d'aigua respecte a la situació actual, al mantenir-se la N-II com a via de servei de la futura autovia.

Convé destacar que es preveu mantenir la N-II com a via de servei de la nova autovia. Les característiques geomètriques de les obres de drenatge existents sota l'actual N-II i sota l'autopista AP-7 són les que s'especifiquen a continuació:

Obra de fàbrica	Curs fluvial	Dimensions actuals N- II, aigües avall nova via (m)	Dimensions nova autovia A-2 (m)	Dimensions actuals AP-7, aigües avall nova via (m)
11+950	Riera de Pins	Pont de bigues de 9,00 m d'obertura i 2,80 de gàlib	3 viaductes paral·lels formats per 1 vànol de 35,00 m	Estructura formada per dos calaixos de 7,50 x 4,40 m
12+200	Riera de Reclar	Pont de bigues de 9,30 m d'obertura i 2,30 de gàlib	3 viaductes paral·lels formats per 2 vànols de 35,00 m	Estructura formada per dos calaixos de 7,50 x 4,40 m + dos marcs de permeabilització del terraplè de 7,00 x 5,50 m i 7,00 x 3,40 m
12+520	Rec Sorrer	2 tubs Ø 1,80 m + Ø 2,00 m + Ø 2,40 m, equidistants per permeabilitzar terraplè	3 viaductes paral·lels formats per 6 vànol de 35,00 m	Marc d'11,50 x 6,75 m + tres marcs de permeabilització del terraplè de 6,50 x 5,90 m, 9,50 x 6,10 m i 7,00 x 4,30
14+170	Torrent de La Granota	-	Calaix 9,00 x 2,20 m	-

Taula núm. 2. Resum de la tipologia d'obres existents a la N-II i de les noves obres projectades.

CONSIDERACIONS:

Consideracions ambientals

Declaració d'Impacte Ambiental:

En data 30 de gener de 2002 es publica al BOE la Resolució de 19 de desembre de 2001, de la Secretaria General de Medi Ambient, per la que es formula declaració d'impacte ambiental sobre el subtram Maçanet de la Selva – Fornells de La Selva, de l'Estudi Informatiu "DUPLICACIÓ DE LA CALÇADA N-II, P.K. 682.000 AL P.K. 709.600. TRAM: TORDERA – FORNELLS DE LA SELVA", amb clau: EI.1-E-96, de la Direcció General de Carreteres del Ministeri de Foment, de la que fa referència el Projecte Constructiu objecte del present informe.



Generalitat de Catalunya
Departament de Medi Ambient
i Habitatge

Pàgina 2 de 9



**Agència Catalana
de l'Aigua**

En l'esmentada Declaració d'Impacte Ambiental s'estableixen les prescripcions i condicionants a tenir en compte durant la redacció del Projecte constructiu i la realització de les obres informades.

Concretament, els condicionants de la DIA en el punt tercer estableixen les mesures de protecció dels sistema hidrològic i de la qualitat de les aigües que caldrà tenir presents, a fi de preservar les característiques dels cursos fluvials interceptats i evitar processos de contaminació i possibles efectes barrera durant les obres i posteriorment, durant la fase d'exploració. Les mesures de protecció proposades són les següents:

- *"Amb objecte de no afectar significativament als cursos naturals d'aigua interceptats, s'evitarà la rectificació i canalització de les seves lleres, no admetent-se la concentració de vèries lleres en una sola obra de drenatge.*
- *El disseny dels viaductes i de les obres de pas sobre les lleres es realitzarà de forma que els estrepes quedin al menys a 5,0 m a cada costat de la llera, d'acord amb la zona de servitud que estableix la Llei 29/1985 d'Aigües i sense perjudici d'allò establert en la condició 2, sobre protecció de la vegetació de ribera. Les piles, si fossin necessàries, es col·locarien fora de les lleres.*
- *Les aigües residuals procedents de les zones d'instal·lacions i aparcament de maquinària es derivaran i es sotmetran a un sistema de desbast i decantació de sòlids.*
- *En cap cas els olis, combustibles, restes del formigonat, la runa, etc, vessaran directament al terreny o als cursos d'aigua. Els productes residuals es gestionaran d'acord amb la normativa estatal aplicable i la Llei 6/92, de 15 de juliol, de la Generalitat de Catalunya."*

Document IMPRESS:

El document IMPRESS integra una caracterització i definició de les masses d'aigua i en ell s'avalua el risc d'incompliment dels objectius de la Directiva Marc de l'Aigua (DMA 2000/60/CE) de les conques internes de Catalunya i de la part catalana de les conques intercomunitàries de l'Ebre.

Les obres proposades es situen dins la massa d'aigua subterrània identificada en el document IMPRESS com *La Selva* (Codi 14 d l'Agència). Aquesta massa d'aigua inclou l'aquífer protegit *Aquífer de la riera de Santa Coloma*, pel que el Decret 328/1988, d'11 d'octubre, ha establert normes de protecció específiques. En el context anterior, serà necessària la redacció d'un document complementari que contingui la següent informació:

- Mètode constructiu a emprar per executar les fonamentacions. Convé destacar que durant l'execució d'aquestes s'adoptarà la senyalització adequada a afectes d'advertir sobre la possibilitat de riudes.
- En cas que durant l'execució de les obres es faci necessari realitzar esgotaments del nivell freàtic, es preveurà l'execució de basses de decantació impermeabilitzades que interceptin les aigües procedents d'aquests esgotaments i s'analitzaran els efluents de les mateixes abans d'abocar-les en Domini Públic Hidràulic. En aquest sentit, poden establir-se com a nivells de referència els valors de la taula 3 de l'Annex al Títol IV del Reglament de Domini Públic Hidràulic (RDPH), tot i que aquests no estiguin vigents. En cas que aquestes aigües no puguin abocar-se en



**Generalitat de Catalunya
Departament de Medi Ambient
i Habitatge**

Pàgina 3 de 9



**Agència Catalana
de l'Aigua**

Domini Públic Hidràulic, s'eliminaran amb camió cisterna i es gestionaran per un gestor autoritzat.

Serà necessària la realització de tasques de manteniment d'aquestes basses de decantació que inclouran l'extracció, el transport i la eliminació dels sediments acumulats a la seva base. Finalitzades les obres s'hauran de clausurar i eliminar les instal·lacions associades a les mateixes i es restituiran els terrenys ocupats per aquestes basses a l'estat previ a l'inici de les obres.

- Inventari de les captacions que es puguin veure afectades per la construcció de les fonamentacions dels nous viaductes, considerant els esgotaments previstos i el seu radi d'influència. En cas que els pous inventariats no garanteixin els actuals cabals d'extracció s'haurà de considerar la seva reposició.

S'haurà d'evitar la connexió entre aquífers i la contaminació de l'aigua subterrània, ja sigui per la pròpia obra (abocaments accidentals), per la mobilització de contaminants existents en les zones de reblliment o per la barreja de les aigües de l'aquífer amb altres de qualitat inferior.

Si s'utilitza algun producte susceptible de modificar la qualitat de l'aigua subterrània aquest es retirarà de l'emplaçament i, en el cas que no sigui reutilitzable en altres perforacions, es portarà a un abocador de residus autoritzat.

En cas d'utilitzar bentonita s'haurà d'evitar que els pous situats en un radi de fins a 2000 m (màxim radi d'influència) bombin per evitar que aquesta pugui desplaçar-se i impermeabilitzar l'aquífer classificat de la riera de Santa Coloma. L'aigua que s'extregui per a la construcció dels enceps es retornarà un altre cop a l'aquífer sempre que no s'hagin alterat les seves propietats físico-químiques.

Els treballs objecte d'informe es situen la massa d'aigua superficial identificada en el document IMPRESS com *El Reclar i riera de Pins* (Codi 1400200 de l'Agència). Tot i que en el citat document s'identifica com a massa d'aigua amb un risc mig d'incompliment d'objectius de la Directiva Marc de l'Aigua, s'haurà de tenir en compte el principi general establert per la mateixa de no deteriorament.

La zona on es realitzaran les actuacions no es troba inclosa dins de cap espai protegit, ja que no es situa dins del Pla d'Espais d'Interès Natural (PEIN), ni forma part de la Xarxa Natura 2000 com a Zona d'Especial Protecció per a les Aus (ZEPA) o Lloc d'Interès Comunitari (LIC). Tampoc es tracta d'una Zona Humida catalogada dins de l'"Inventari de Zones Húmedes de Catalunya".

Consideracions hidrològiques i hidràuliques:

Riera de Pins, riera del Reclar i Rec Sorrer:

La documentació presentada inclou l'estudi hidrològic realitzat per la Universitat Politècnica de Catalunya sobre els cursos fluvials afectats per les obres incloses en el document "PROYECTO MODIFICADO Nº 1. AUTOVÍA DEL NORDESTE (A-2) TRAMO: MAÇANET DE LA SELVA - SILS". En aquest estudi es calculen les avingudes associades a 500 anys de període de retorn pel mètode hidrològic semidistribuit (HEC-HMS) tenint en compte les recomanacions d'aquesta Agència pel que fa als paràmetres de càlcul.

Tenint en compte els cabals i les condicions de contorn que resulten de l'estudi anterior, la nova documentació presentada inclou un model hidràulic conjunt en règim gradualment variat de la riera de Pins, de la riera de Reclar i del Rec Sorrer, els resultats del qual posen



**Generalitat de Catalunya
Departament de Medi Ambient
i Habitatge**

Pàgina 4 de 9



**Agència Catalana
de l'Aigua**

de manifest que es produeix una sobreelevació màxima de la làmina d'aigua de 0,08 m respecte la situació actual i d'1,27 m respecte a la situació natural sense la N-II.

Atès que es preveu mantenir l'actual N-II com una via de servei que donarà accés a zones consolidades i a camps agrícoles, i que tant la seva demolició com l'increment de la seva permeabilitat empitjorarien les condicions d'inundabilitat existents aigües avall per desaparèixer l'efecte laminador de les obres actuals (especialment entorn l'autopista AP-7), s'accepten les sobreelevacions generades per la nova plataforma perquè pràcticament no s'empitjoren les condicions d'inundabilitat actuals.

No obstant, atès que els resultats del model hidràulic presentat indiquen que la rasant de l'actual N-II és superada per l'avinguda de 500 anys de període de retorn dels cursos naturals d'aigua interceptats, aquesta Agència recomana el següent:

- Es senyalitzin convenientment aquells trams de l'actual N-II on es produeix la superació de la seva rasant per a les avingudes de 100 i 500 anys de període de retorn.
- Es prevegi la seva incorporació en el Pla d'Autoprotecció de la Infraestructura, seguint les directrius que estableixi la Direcció General de Protecció Civil.
- Es verifiqui el compliment de les prescripcions fixades a la Instrucció de Carreteres 5.2-IC pel que fa al calat màxim d'aigua que pot discorre per sobre de la plataforma en casos de vies de baixa intensitat, valorant la interrupció de la circulació per aquesta causa i el risc de fallida del terraplè amb efectes similars al trencament d'una presa com a conseqüència del desnivell de la làmina d'aigua entre els paraments aigües amunt i avall de la N-II.

Es considera justificat que un percentatge de l'obra de fàbrica projectada sobre la riera de Pins no s'ajusti a les recomanacions de disseny d'aquesta Agència pel que fa al resguard lliure mínim perquè en cap cas la línia d'energia supera la clau de l'obra i ja que, per poder-lo garantir, seria inviable assegurar les condicions de seguretat establertes a la Instrucció de Carreteres 5.2-IC pel que fa al traçat dels enllaços amb la carretera C-35.

A la documentació presentada no es justifica la profunditat de soterrament de les fonamentacions dels nous viaductes projectats. En aquest sentit, la generatriu superior de la protecció s'haurà de situar per sota de l'erosió general transitòria per a l'avinguda de 500 anys de període de retorn, considerant una profunditat mínima d'1,50 m per raons de seguretat.

En cas que es prevegi l'ús d'escullera de protecció, aquesta es col·locarà de la cara superior de l'encep cap avall i es dimensionarà d'acord amb les fórmules que figuren en la publicació "Control de la erosión fluvial en puentes", del Ministeri de Foment i Obres Públiques.

Torrent de la Granota:

Els càlculs hidràulics presentats posen de manifest que l'obra de drenatge projectada sobre el torrent de la Granota (PI 14+170) s'ajusta a les recomanacions de disseny d'aquesta Agència Catalana de l'Aigua pel que fa al resguard lliure, línia d'energia i sobreelevació.



**Generalitat de Catalunya
Departament de Medi Ambient
i Habitatge**

Pàgina 5 de 9



**Agència Catalana
de l'Aigua**

CONCLUSIONS:

S'informen favorablement les obres de drenatge projectades sobre la riera de Pins, la riera de Reclar, el Rec Sorrer i el torrent de la Granota, tenint en compte les consideracions que es resumeixen a continuació:

- Atès que es preveu mantenir l'actual N-II com una via de servei que donarà accés a zones consolidades i a camps agrícoles, i que tant la seva demolició com l'increment de la seva permeabilitat empitjorarien les condicions d'inundabilitat existents aigües avall per desaparèixer l'efecte laminador de les obres actuals (especialment entorn l'autopista AP-7), s'accepten les sobreelevacions generades per la nova plataforma perquè pràcticament no s'empitjoren les condicions d'inundabilitat existents.

No obstant, atès que els resultats del model hidràulic presentat indiquen que la rasant de l'actual N-II és superada per l'avinguda de 500 anys de període de retorn dels cursos naturals d'aigua interceptats, aquesta Agència recomana el següent:

- ✓ Es senyalitzin convenientment aquells trams de l'actual N-II on es produeix la superació de la seva rasant per a les avingudes de 100 i 500 anys de període de retorn.
- ✓ Es prevegi la seva incorporació en el Pla d'Autoprotecció de la Infraestructura, seguint les directrius que estableixi la Direcció General de Protecció Civil.
- ✓ Es verifiqui el compliment de les prescripcions fixades a la Instrucció de Carreteres 5.2-IC pel que fa al calat màxim d'aigua que pot discorre per sobre de la plataforma en casos de vies de baixa intensitat, valorant la interrupció de la circulació per aquesta causa i el risc de fallida del terraplè amb efectes similars al trencament d'una presa com a conseqüència del desnivell de la làmina d'aigua entre els paraments aigües amunt i avall de la N-II.
- Es considera justificat que un percentatge de l'obra de fàbrica projectada sobre la riera de Pins no s'ajusti a les recomanacions de disseny d'aquesta Agència pel que fa al resguard lliure mínim perquè en cap cas la línia d'energia supera la clau de l'obra i ja que, per poder-lo garantir, seria inviable assegurar les condicions de seguretat establertes a la Instrucció de Carreteres 5.2-IC pel que fa al traçat dels enllaços amb la carretera C-35.

Atès que les obres proposades es situen dins la massa d'aigua subterrània identificada en el document IMPRESS com *La Selva* (Codi 14 d l'Agència), serà necessària la redacció d'un document complementari que contingui la següent informació:

- Mètode constructiu a emprar per executar les fonamentacions. Convé destacar que durant l'execució d'aquestes s'adoptarà la senyalització adequada a afectes d'advertir sobre la possibilitat de riades.
- En cas que durant l'execució de les obres es faci necessari realitzar esgotaments del nivell freàtic, es preveurà l'execució de basses de decantació impermeabilitzades que interceptin les aigües procedents d'aquests esgotaments i s'analitzaran els efluents de les mateixes abans d'abocar-les en Domini Públic Hidràulic. En aquest sentit, poden establir-se com a nivells de referència els valors de la taula 3 de



**Generalitat de Catalunya
Departament de Medi Ambient
i Habitatge**

Pàgina 6 de 9



**Agència Catalana
de l'Aigua**

L'Annex al Títol IV del Reglament de Domini Públic Hidràulic (RDPH), tot i que aquests no estiguin vigents. En cas que aquestes aigües no puguin abocar-se en Domini Públic Hidràulic, s'eliminaran amb camió cisterna i es gestionaran per un gestor autoritzat.

Serà necessària la realització de tasques de manteniment d'aquestes basses de decantació que inclouran l'extracció, el transport i la eliminació dels sediments acumulats a la seva base. Finalitzades les obres s'hauran de clausurar i eliminar les instal·lacions associades a les mateixes i es restituiran els terrenys ocupats per aquestes basses a l'estat previ a l'inici de les obres.

- Inventari de les captacions que es puguin veure afectades per la construcció de les fonamentacions dels nous viaductes, considerant els esgotaments previstos i el seu radi d'influència. En cas que els pous inventariats no garanteixin els actuals cabals d'extracció s'haurà de considerar la seva reposició.
- S'haurà d'evitar la connexió entre aqüífers i la contaminació de l'aigua subterrània, ja sigui per la pròpia obra (abocaments accidentals), per la mobilització de contaminants existents en les zones de reblliment o per la barreja de les aigües de l'aqüífer amb altres de qualitat inferior.
- Si s'utilitza algun producte susceptible de modificar la qualitat de l'aigua subterrània aquest es retirarà de l'emplaçament i, en el cas que no sigui reutilitzable en altres perforacions, es portarà a un abocador de residus autoritzat.
- En cas d'utilitzar bentonita s'haurà d'evitar que els pous situats en un radi de fins a 2000 m (màxim radi d'influència) bombin per evitar que aquesta pugui desplaçar-se i impermeabilitzar l'aqüífer classificat de la riera de Santa Coloma. L'aigua que s'extregui per a la construcció dels enceps es retornarà un altre cop a l'aqüífer sempre que no s'hagin alterat les seves propietats físico-químiques.

Tècnic del Departament de Planificació i
Ordenació de l'Espai Fluvial

Sandra Ruiz Navarro

Cap del Departament de Planificació i
Ordenació de l'Espai Fluvial

Lluís Godé Lanau

Vist i plau
El director de l'Àrea de Gestió del Medi

Diego Moxó Güell

Barcelona, 25 de març de 2010

Nota: Per a qualsevol sol·licitud d'informació o aclariment sobre el present informe cal fer referència al número d'expedient que apareix en l'encapçalament d'aquest document.



**Generalitat de Catalunya
Departament de Medi Ambient
i Habitatge**

Pàgina 7 de 9



**Agència Catalana
de l'Aigua**

ANNEX

CONSIDERACIONS A TENIR EN COMPTE DURANT L'EXECUCIÓ DE LES OBRES

Durant la fase de construcció de les obres han de prendre les mesures adients per assegurar la menor afecció possible del medi hídic. Aquestes mesures inclouen:

1. Durant l'execució de l'obra únicament es podrà ocupar la llera 25m cap aigua amunt i 25m cap aigua avall de l'eix de la infraestructura projectada. En cas que fos necessària una ocupació major, aquesta haurà d'estar suficientment justificada.
2. Realitzar els treballs de manera ordenada, continua i progressiva, sense danyar la llera ni els marges.
3. Buscar una ubicació adequada per als abocadors, les zones de préstec i els parquings de màquines allunyats dels cursos fluvials.
4. Construir una bassa de contenció d'efluents en els llocs on es prevegi que es poden produir vessament d'olis, greixos de les màquines, el rentatge de formigoneres i altres processos en què es produeixin residus que puguin contaminar les aigües.
5. No netejar, sobretot, la maquinària destinada al transport, la col·locació i extensió de les mesclures bituminoses i del formigó, ni realitzar cap tipus de manteniment de les màquines fora de l'espai reservat per fer-ho.
6. Els treballs que s'hagin de dur a terme dintre de cursos fluvials amb activitat piscícola es duran a terme prenent les mesures adients per tal de no danyar aquesta activitat.
7. S'ha d'evitar l'afecció directa (ruptura d'aqüífers, modificació dels fluxos d'aigües subterrànies, variació de la permeabilitat del terreny) i la indirecta (contaminació d'aigües subterrànies) dels aqüífers.
8. Executar els treballs necessaris un cop finalitzada l'obra per tal de recuperar les condicions inicials del medi hídic en els cursos on s'ha actuat o en les zones que han estat afectades pels treballs; aquestes feines han de preveure la reforestació dels marges de les lleres amb espècies vegetals, arbustives i arbòries de ribera autòctones, per tal d'estabilitzar-los i evitar l'erosió produïda per l'aigua de les pluges i el vent. Igualment s'ha de tractar, sempre que sigui viable, els nous talussos per evitar l'erosió de la capa superficial del sòl per accions climàtiques, cosa que incrementaria l'aportació de sòlids en suspensió, i causaria un augment de la torbesa de l'aigua un cop aquesta s'incorporés a un curs fluvial.
9. Caldrà una restauració dels sistemes aquàtics afectats.



**Generalitat de Catalunya
Departament de Medi Ambient
i Habitatge**

Pàgina 8 de 9



**Agència Catalana
de l'Aigua**

ALTRES CONSIDERACIONS

1. Les obres s'han de dur a terme d'acord amb la documentació aportada per elaborar l'informe tècnic i no es podran introduir modificacions que afectin el domini públic hidràulic, sense que l'Agència Catalana de l'Aigua hagi emès l'informe corresponent.
2. L'òrgan o entitat que requereix l'informe tècnic es fa responsable dels danys i perjudicis que l'obra, durant la seva execució i/o una vegada finalitzada, pugui ocasionar a l'interès públic o privat. Així mateix resta obligada a satisfer les indemnitzacions oportunes i a executar les obres complementàries que es considerin necessàries per a evitar que es produeixin aquest danys i/o per a reparar-los.
3. L'Agència Catalana de l'Aigua podrà fer en qualsevol moment les visites d'inspecció que cregui adients per tal de comprovar el compliment de les condicions fixades.
4. Una vegada finalitzades les obres, l'òrgan o l'entitat peticionària de l'informe ha de presentar un certificat del director de les obres, que acrediti que les obres s'han executat d'acord amb la documentació tècnica presentada i les especificacions d'aquest informe.
5. A fi i efecte de mantenir la secció hidràulica de l'obra, l'òrgan o l'entitat peticionària de l'informe es fa responsable del manteniment de l'obra de fàbrica, particularment de la seva neteja per tal d'evitar problemes de drenatge.
6. Aquest informe no eximeix per si sol de la necessitat d'obtenir els informes o autoritzacions per part d'altres administracions que també puguin tenir competència sobre l'actuació.



**Generalitat de Catalunya
Departament de Medi Ambient
i Habitatge**

Pàgina 9 de 9



MINISTERIO
DE FOMENTO



DIRECCIÓN GENERAL
DE CARRETERAS
DEMARCAÇÃO
DE CARRETERAS
DEL ESTADO
EN CATALUÑA

NºRef.: 12-GI-3580.A

Barcelona, 16 de diciembre de 2012



Agència Catalana de l'Aigua
Departament de Planificació
c/ Provença 204 - 209
08036-Barcelona

Número: 0138E / 21.025 / 2012
Data: 20-12-2012 Hora: 12:54:03

ASUNTO: ACTUALIZACIÓN DE LOS DISEÑOS DE DRENAJE
NUEVO PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN: "AUTOVÍA DEL
NORDESTE (A-2). TRAMO: MAÇANET DE LA SELVA - SILS.

Clave 12-GI-3580.A. Provincia de Girona.

Con motivo de la revisión y actualización de trazado del proyecto mencionado en el asunto, promovido por el Ministerio de Fomento, y según conversaciones mantenidas con la administración responsable del Dominio Público Hidráulico (A.C.A.), se les presenta, adjunto, el "Informe preliminar" de drenaje, redactado por la UPC (Universidad Politècnica de Catalunya), para fijar las condiciones de diseño de las obras de drenaje a proyectar.

Las condiciones de trabajo que han servido para justificar una revisión de los diseños de drenaje son los siguientes:

- No se generen nuevas afecciones a terceros
- Se diseñen estructuras unicelulares
- No se produzca un empeoramiento de las condiciones de desagüe de la AP-7, donde las infraestructuras recientemente prolongadas son inferiores

Para cumplir con estas exigencias se ha tenido en cuenta los parámetros que fijan estas condiciones:

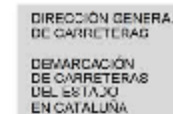
- En el estudio realizado en el 2008 por GITS se constata la capacidad limitada de los drenajes transversales de la carretera N-II existente.
- Se forman grandes acumulaciones de agua aguas arriba de la actual carretera N-II, llegando a superar un hectómetro cúbico de agua.
- Para el caudal de 500 años se llega a un desbordamiento por coronación de 1.2 metros de calado sobre la actual carretera N-II, llegando a la cota 75.2 msnm.

1

CALLE DE LA MARQUESA, 12
08003 BARCELONA
TEL: 93 304 78 30-31
FAX: 93 304 78 88



MINISTERIO
DE FOMENTO



DIRECCIÓN GENERAL
DE CARRETERAS
DEMARCAÇÃO
DE CARRETERAS
DEL ESTADO
EN CATALUÑA

- En esas condiciones el caudal vertido es de 448.12 m³/s, siendo el caudal pico aportado por lo ríos de 522 m³/s, es decir, la vía lamina caudales y volúmenes debido a su capacidad limitada.
- En condiciones reales cabe esperar que dicho desbordamiento diese lugar a una rotura del talud de la carretera de tipo *dambreak*, por lo que existe un riesgo grave no analizado.
- Aguas abajo de la N-II existe la AP-7, con problemas de drenaje similares y beneficiada de los efectos laminadores de la N-II.
- La nueva propuesta para substituir la N-II por la A-2 no debe, en ningún caso, suponer un empeoramiento de las condiciones de inundación aguas arriba de la misma
- Por otra parte debe impedirse el vertido por coronación de ninguna de las vías para impedir fenómenos de rotura de balsa
- El cambio en la capacidad de drenaje no debe perjudicar a la AP-7 situada aguas abajo de la vía en estudio, por lo tanto debe mantenerse un cierto carácter laminador
- A efectos prácticos, deben respetarse las condiciones $Q_{max} = 448 \text{ m}^3/\text{s}$ y $H_{max} = 75.2 \text{ msnm}$

tal y como se justifica en el "Informe preliminar", se da cumplimiento a todas las condiciones exigidas con la siguiente propuesta:

- Un puente de 25 metros para la Riera de Pins
- Un puente de 25 metros para el Reg Clar
- Un puente de 20 metros para el Reg Sorrer

Dadas las particularidades de la zona, es correcto este dimensionamiento para las obras de drenaje, ya que se mantiene un caudal de $Q_{max} = 448 \text{ m}^3/\text{s}$ y una cota máxima de agua de $H_{max} = 75.2 \text{ msnm}$. Además, con esta propuesta se reducen, por tanto, 10 cm en la cota de agua.

Barcelona, 16 de diciembre de 2012
El Jefe de la Demarcación,

Juan Barrios Baquero

2

CALLE DE LA MARQUESA, 12.
08003 BARCELONA
TEL: 93 304 78 30-31
FAX: 93 304 78 88



Expedient: UDPH2005002235
Procediment: Infraestructura de transport
Assumpte: Escrit
Document: 4747495

ÉS CÒPIA

CD09007068200004747495
Sr. JUAN BARIOS BAQUERO
DEMARCACIÓ DE CARRETERAS DEL
ESTADO EN CATALUÑA
CARRER DE LA MARQUESA, 12
08003 BARCELONA

Aquesta: 01389 / 1.745 / 2013
Data: 17-01-2013 Hora: 09:44:03

Resistència de Bortida

PROJECTE CONSTRUCTIU: "AUTOVIA DEL NORD-EST (A-2). TRAM: MAÇANET DE LA SELVA - SILS. CLAU: 12-GI-3580.

En data de 16 de juny de 2005, l'Agència Catalana de l'Aigua emet informe favorable amb prescripcions sobre el Projecte Constructiu "AUTOVIA TORDERA- FORNELLS DE LA SELVA. TRAM: MAÇANET DE LA SELVA- SILS", amb clau 12-GI-3100, com a resposta a una sol·licitud d'informe tècnic feta per part del Ministeri de Foment. L'informe favorable de l'actuació restava condicionat al que s'establís a la Declaració d'Impacte Ambiental pel que feia la tipologia de les obres de drenatge projectades.

En data de 28 d'octubre de 2008, la Universitat Politècnica de Catalunya realitza un estudi hidrològic i hidràulic associat als cursos fluvials afectats per les obres incloses en el document "PROYECTO MODIFICADO Nº 1. AUTOVIA DEL NORDESTE (A-2) TRAMO: MAÇANET DE LA SELVA - SILS". A partir dels resultats obtinguts, en el citat document es determinen unes dimensions mínimes per a les obres de drenatge associades a la riera de Pins, riera del Reclar i Rec del Sorrer.

En data de 25 de març de 2010, l'Agència Catalana de l'Aigua informa favorablement amb prescripcions les obres de drenatge projectades dins del marc de les obres incloses en el Projecte de Traçat "AUTOVIA DEL NORDESTE A-2. BARCELONA - FRONTERA FRANCESA. TRAM: MAÇANET DE LA SELVA - SILS", amb clau T2-GI-3580, com a resposta a una sol·licitud d'informe tècnic feta per part de la Demarcació de Carreteres de l'Estat a Catalunya.

En data de 27 d'abril de 2012, l'Agència Catalana de l'Aigua informa favorablement amb prescripcions les estructures projectades dins del marc del Projecte Constructiu "AUTOVIA DEL NORD-EST A-2. BARCELONA - FRONTERA FRANCESA. TRAM: MAÇANET DE LA SELVA - SILS", amb clau 12-GI-3580, com a resposta a una sol·licitud d'informe tècnic feta per part de la Demarcació de Carreteres de l'Estat a Catalunya. L'informe favorable de les infraestructures es justifica perquè es mantenia la geometria i la rasant inicialment previstes per a les mateixes dins del marc del Projecte de Traçat amb clau T2-GI-3580, informat favorablement per aquesta Agència en data de 25 de març de 2010.

En data de 20 de desembre de 2012, l'Agència Catalana de l'Aigua rep una sol·licitud d'informe tècnic de la Demarcació de Carreteres de l'Estat a Catalunya sobre el document "INFORME PRELIMINAR DE DRENATGE. ACTUALITZACIÓ DELS DISSENYS DE DRENATGE", donant lloc al present informe. El document presentat es redacta amb motiu de la revisió i actualització del traçat de la nova autovia del Nord-est (A-2) del tram Maçanet de la Selva - Sils, per fixar les condicions de disseny de les obres de drenatge a projectar.

Generalitat de Catalunya
Departament de Territori
i Sostenibilitat

Pàgina 1 de 3



La nova documentació presentada té per objecte justificar la modificació de la geometria de les infraestructures projectades per a donar continuïtat a la riera de Pins, el Reclar i el Rec Sorrer sota la nova autovia A-2, per ajustar-les a la conjuntura econòmica actual.

En resposta a l'escrit anterior, aquesta Agència manifesta el següent:

- 1) D'acord amb les converses mantingudes amb els responsables de l'Estudi preliminar de referència, els objectius generals a assolir per a que sigui viable la validació i/o aprovació de la reducció de la longitud dels viaductes inicialment projectats sobre la riera de Pins, el Reclar i el Rec Sorrer són els següents:
 - Les noves infraestructures que es projectin hauran de garantir que no es modifiquen les condicions d'inundabilitat actuals, en ambdós parametres de la autovia A-2, per evitar noves afeccions a tercers. En aquest sentit i de manera excepcional, es considera factible que la nova autovia mantingui un cert caràcter laminador per evitar l'afecció de la capacitat de drenatge de les infraestructures existents a l'AP-7, situades aigua avall del tram d'estudi i recentment perllongades mantenint la seva geometria original.
 - Evitar el desbordament de l'actual N-II, de manera que la via s'ajusti als requeriments que figuren a la Instrucció de Carreteres 5.2-I.C. i es redueixi el risc de trencament per vessament superior.
- 2) Tenint en compte els objectius anteriors, les actuacions que s'acorden estudiar i justificar tècnicament són les següents:
 - Rec Sorrer. Consolidació d'un dels recs existents en l'àmbit d'actuació com a canal principal i donar-li continuïtat mitjançant un viaducte de 20,0m de llum lliure, solidari sota la nova autovia i sota l'actual N-II. Com actuacions complementàries, es perllongarien cap aigua amunt els 4 tubs de Ø 2,0m que actualment permeten el pas de petites sèquies sota la N-II i s'expropiarien els terrenys situats aigua avall, on actualment conflueixen tots els recs anteriors.
 - Riera de Pins i Reclar. Execució de viaducte de 25,0m de llum lliure sota la nova autovia i sota l'actual N-II.

Tot i que, en línies generals, els objectius plantejats i les propostes derivades dels estudis realitzats per la Demarcació de Carreteres de l'Estat a Catalunya són coherents amb les converses mantingudes amb aquesta Agència, per a que puguin ser informades favorablement per aquesta Agència caldrà que es remeti la següent informació complementària:

- Model en règim gradualment variat realitzat complet (això és, incloent seccions transversals, perfils longitudinals i taules resum), en versió digital, incloent els escenaris actual (N-II+AP-7) i futur (N-II+A-2+AP-7). A més, s'haurà d'aportar documentació complementària per justificar com s'ha realitzat la seva calibració i, es definiran convenientment els coeficients de rugositat i les condicions de conform utilitzades.
- Documentació gràfica on quedin reflectides les zones inundables pels 2 escenaris considerats, on figurin les seccions transversals (RS) incloses en el model hidràulic convenientment identificades.
- S'haurà de preveure la reorientació de les noves infraestructures projectades de manera que resultin coincidents amb les lleres naturals i estiguin alineades amb les línies de corrent, enlloc de preveure's en la perpendicular a l'eix de la nova via.

Generalitat de Catalunya
Departament de Territori
i Sostenibilitat

Pàgina 2 de 3



**Agència Catalana
de l'Aigua**

- S'haurà de justificar la ubicació de les fonamentacions de les noves infraestructures projectades, la generatriu superior de les quals haurà de situar-se per sota de l'erosió general per a l'avinguda de 500 anys de període de retorn.

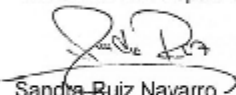
- En relació als viaductes projectats sobre la riera de Pins i sobre el Reclar, s'haurà d'aclarir si finalment es modifica el traçat en planta en aquests punts per a permetre l'execució d'una única infraestructura sota la nova autovia (A-2) i sota l'actual N-II, per evitar la creació de zones de flux remanent entre ambdues vies.

També s'haurà d'aclarir si es modifica el traçat en alçat de l'actual N-II, per a garantir la continuïtat en geometria de la nova obra projectada i garantir el compliment de les prescripcions que figuren a la Instrucció de Carreteres 5.2.-I.C.

- Pel que fa a les infraestructures proposades entorn al Rec Sorrer, caldrà que es justifiquin suficientment les actuacions previstes per consolidar un dels recs existents com a canal principal i com es garantirà la confluència dels recs secundaris en el parament aigua avall de l'actual N-II.

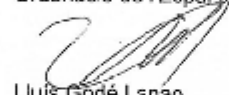
A més, es verificaran els usos dels terrenys afectats per les obres i s'aclarirà si existeix alguna Comunitat de Regants que gestioni les sécuies afectades per a, si s'escau, consensuar les actuacions en aquest punt.

Tècnic del Departament de Planificació i
Ordenació de l'Espai Fluvial



Sandra Ruiz Navarro

Cap del Departament de Planificació
Ordenació de l'Espai Fluvial



Lluís Godé Lenao

Barcelona, 14 de gener de 2013

Nota: Per a qualsevol sol·licitud d'informació o aclariment sobre el present informe cal fer referència al número d'expedient que apareix en l'encapçalament d'aquest document.



**Generalitat de Catalunya
Departament de Territori
i Sostenibilitat**

Pàgina 3 de 3

Generalitat de Catalunya
Departament de Territori
i Sostenibilitat
Agència Catalana de
l'Aigua

Expediente: UDPH2035002236
Procedimiento: Infraestructuras de transporte
Asunto: Cacrilo
Documento: 4747495

CD080670682000004747495
Sr. JUAN BARIOS BAQUERO
DEMARCAÇÃO DE CARRETERAS DEL
ESTADO EN CATALUÑA
CARRER DE LA MARQUESA, 12
08003 BARCELONA

PROYECTO CONSTRUCTIVO: "AUTOVÍA DEL NORDESTE (A-2). TRAMO: MAÇANET DE LA SELVA - SILS. CLAVE: 12-GI-3580.

En fecha de 16 de junio de 2005, la Agencia Catalana del Agua emite Informe favorable con prescripciones sobre el Proyecto Constructivo "AUTOVÍA TORDERA- FORNELLS DE LA SELVA. TRAMO: MAÇANET DE LA SELVA- SILS", con clave 12-GI-3100, como respuesta a una solicitud de informe técnico hecha por parte del Ministerio de Fomento. El informe favorable de la actuación estaba condicionado a lo que se estableciera en la Declaración d Impacto Ambiental por lo que hacía referencia a la tipología de las obras de drenaje proyectadas.

En fecha de 28 de octubre de 2008, la Universidad Politécnica de Cataluña realiza un estudio hidrológico e hidráulico asociado a los cursos fluviales afectados por las obras incluidas en el documento "PROYECTO MODIFICADO Nº1. AUTOVÍA DEL NORDESTE (A-2) TRAMO: MAÇANET DE LA SELVA - SILS". A partir de los resultados obtenidos, en el citado documento se determinan unas dimensiones mínimas para las obras de drenaje asociadas a la riera de Pins, riera del Rec Clar y Rec del Sorrer.

En fecha de 25 de marzo de 2010, la Agencia Catalana del Agua informa favorablemente con prescripciones las obras de drenaje proyectadas dentro del marco de las obras incluidas en el Proyecto de Trazado "AUTOVÍA DEL NORDESTE A-2. BARCELONA - FRONTERA FRANCESA. TRAMO: MAÇANET DE LA SELVA - SILS", con clave T2-GI-3580, como respuesta a una solicitud de informe técnico hecha por parte de la Demarcación de Carreteras del Estado en Cataluña.

En fecha de 27 de abril de 2012, la Agencia Catalana del Agua informa favorablemente con prescripciones las estructuras proyectadas dentro del marco del Proyecto Constructivo "AUTOVÍA DEL NORDESTE A-2. BARCELONA - FRONTERA FRANCESA. TRAMO: MAÇANET DE LA SELVA - SILS", con clave 12-GI-3560, como respuesta a una solicitud de informe técnico hecha por parte de la Demarcación de Carreteras del Estado en Cataluña. El informe favorable de las infraestructuras se justifica porque se mantenía la geometría y la rasante inicialmente previstas para las mismas dentro del marco del Proyecto de Trazado con clave T2-GI-3580, informado favorablemente por esta Agencia en fecha de 25 de marzo de 2010.

En fecha de 20 de diciembre de 2012, la Agencia Catalana del Agua recibe una solicitud de informe técnico de la Demarcación de Carreteras del Estado en Cataluña sobre el documento "INFORME PRELIMINAR DE DRENAJE, ACTUALIZACIÓN DE LOS DISEÑOS DE DRENAJE", dando lugar al presente informe. El documento presentado se redacta con motivo

Página1de3

Generalitat de Catalunya
Departament de Territori
i Sostenibilitat
Agència Catalana de
l'Aigua

de la revisión y actualización del trazado de la nueva autovía del Nordeste (A-2) del tramo Maçanet de la Selva - Sils, para fijar las condiciones de diseño de las obras de drenaje a proyectar.

La nueva documentación presentada tiene por objeto justificar la modificación de la geometría de las infraestructuras proyectadas para dar continuidad a la riera de Pins, el Rec Clar y el Rec Sorrer bajo la nueva autovía A-2, para ajustarlas a la coyuntura económica actual.

En respuesta al escrito anterior, esta Agencia manifiesta lo siguiente:

- 1) De acuerdo con las conversaciones mantenidas con los responsables del Estudio preliminar de referencia, los objetivos generales a conseguir para que sea viable la validación y/o aprobación de la reducción de la longitud de los viaductos inicialmente proyectados sobre la riera de Pins, el Rec Clar y el Rec Sorrer son los siguientes:
 - Las nuevas infraestructuras que se proyecten habrán de garantizar que no se modifiquen las condiciones de inundabilidad actuales, en ambos paramentos de la autovía A-2, para evitar nuevas afecciones a terceros. En este sentido y de manera excepcional, se considera factible que la nueva autovía mantenga un cierto carácter laminador para evitar la afección de la capacidad de drenaje de las infraestructuras existentes en la AP-7, situadas aguas abajo del tramo de estudio y recientemente prolongadas manteniendo su geometría original.
 - Evitar el desbordamiento de la actual N-II, de manera que la vía se ajuste a los requerimientos que figuran en la Instrucción de Carreteras 5.2-I.C. y se reduzca el riesgo de rotura por vertido superior.
- 2) Teniendo en cuenta los objetivos anteriores, las actuaciones que se acuerdan estudiar y justificar técnicamente son las siguientes:
 - Rec Sorrer. Consolidación de uno de los riegos existentes en el ámbito de actuación como canal principal y darle continuidad mediante un viaducto de 20,0 m de luz libre, solidario bajo la nueva autovía y bajo la actual N-II. Como actuaciones complementarias, se prolongarían hacia aguas arriba los 4 tubos de ϕ 2,0m que actualmente permiten el paso de pequeñas acequias bajo la N-II y se expropiarían los terrenos situados aguas abajo, donde actualmente confluyen todos los riegos anteriores.
 - Riera de Pins y Rec Clar. Ejecución de viaducto de 25,0 m de luz libre bajo la nueva autovía y bajo la actual N-II.

Todo y que, en líneas generales, los objetivos planteados y las propuestas derivadas de los estudios realizados por la Demarcación de Carreteras del Estado en Cataluña son coherentes con las conversaciones mantenidas con esta Agencia, para que puedan ser informadas favorablemente por esta Agencia será necesario que se remita la siguiente información complementaria:

- Modelo en régimen gradualmente variado realizado completo (esto es, incluyendo secciones transversales, perfiles longitudinales y tablas resumen), en versión digital, incluyendo los escenarios actual (N-II + AP-7) y futuro (N-II + A-2 + AP-7). Además, se deberá de aportar documentación complementaria para justificar como se ha realizado su calibración y, se definirán convenientemente los coeficientes de rugosidad y las condiciones de contorno utilizadas.

Página2de3

6.3. DELIMITACIÓN Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS CUENCAS.

El análisis conjunto de la topografía de la zona y de la traza, ha conducido a determinar todas las cuencas cuyo desagüe natural se ve interrumpido por el trazado, ya sea con desmontes o con terraplenes.

Dicha delimitación de cuencas, se ha representado sobre planos a escalas 1:25.000 y 1:5.000, que se incluye en las páginas siguientes.

A partir de la delimitación de cuencas efectuada, se han obtenido los datos físicos necesarios para el cálculo del caudal aportado (superficie y longitud de la cuenca hasta el punto de cruce, cotas de la cabecera y del punto de desagüe de la cuenca, desnivel medio y pendiente media de la cuenca, tiempo de concentración...).

Para la determinación del tiempo de concentración asociado a cada cuenca se han seguido las indicaciones recogidas en la guía técnica “Recomanacions tècniques per als estudis d’inundabilitat d’àmbit local” de la Agència Catalana de l’Aigua. En dicha publicación, se propone la aplicación de un coeficiente reductor que diferencia entre cuencas urbanas y no urbanas, distinguiendo a su vez dentro de este grupo las cuencas rurales y las urbanizadas. A continuación se presenta la formulación empleada para cada uno de los casos señalados:

- Cuencas rurales. Dentro de este grupo se consideran aquellas cuencas en las que el grado de urbanización no es superior al 4% del área total de la misma.

$$T_c = 0,3 \times \left[\frac{L}{j^{0,25}} \right]^{0,76}$$

- Cuencas urbanizadas. El grado de urbanización de las cuencas es superior al 4% de su superficie. Se caracterizan por la existencia de urbanizaciones aisladas, con red de alcantarillado de aguas pluviales no unificada o completa y curso principal no revestido con material impermeable y de pequeña rugosidad.

$$T_c = \frac{I}{1 + \sqrt{\mu \times (2 - \mu)}} 0,3 \times \left[\frac{L}{j^{0,25}} \right]^{0,76}$$

- Cuencas urbanas. En los casos de cuencas con alcantarillado completo y curso principal canalizado revestido con material impermeable y de pequeña rugosidad, como el hormigón, se aplica la expresión adjunta.

$$T_c = \frac{I}{1 + 3 \times \sqrt{\mu \times (2 - \mu)}} 0,3 \times \left[\frac{L}{j^{0,25}} \right]^{0,76}$$

donde:

Tc Tiempo de concentración (horas).

μ Grado de urbanización de la cuenca (tanto por uno).

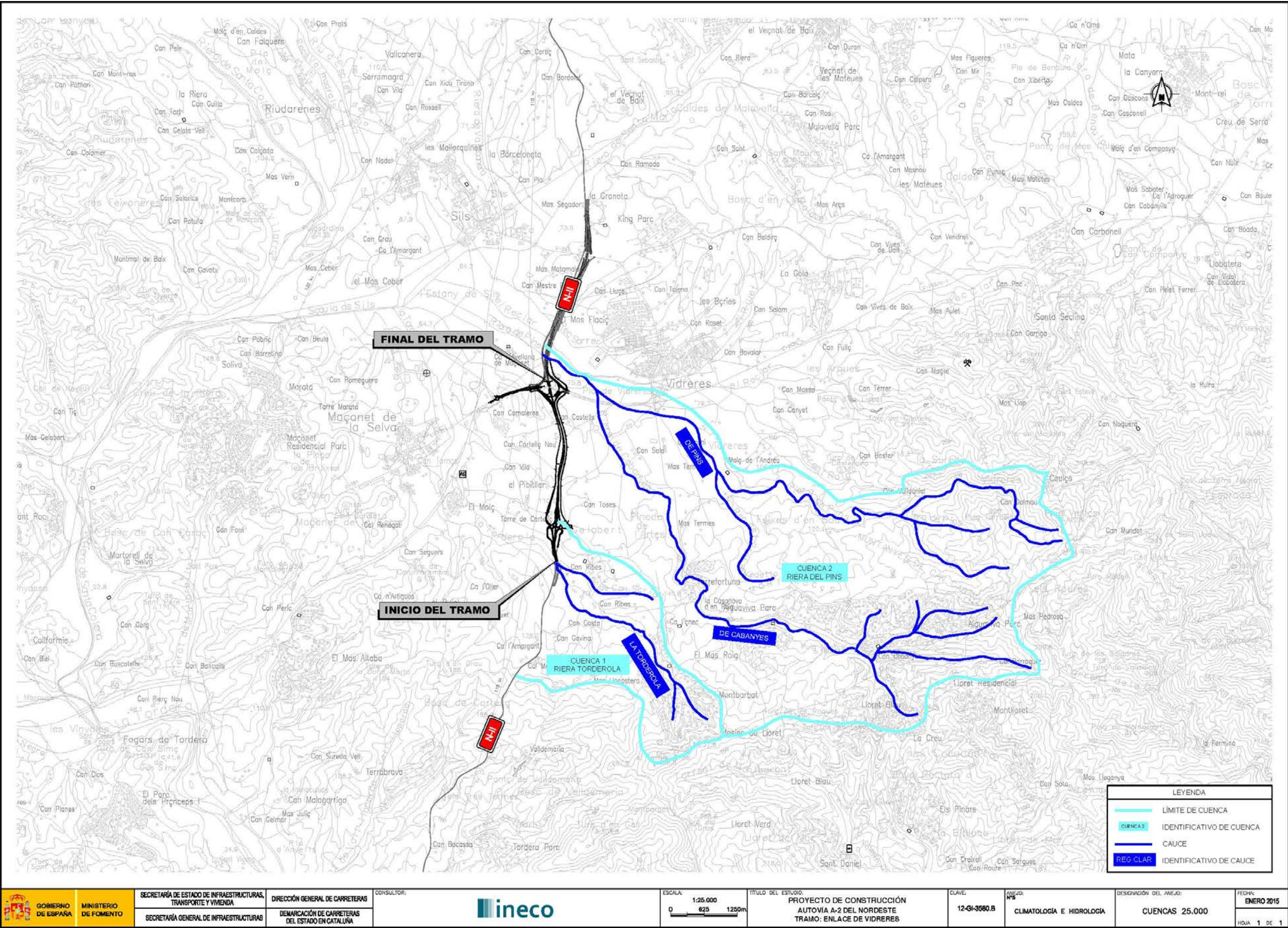
L Longitud del cauce principal (Km).

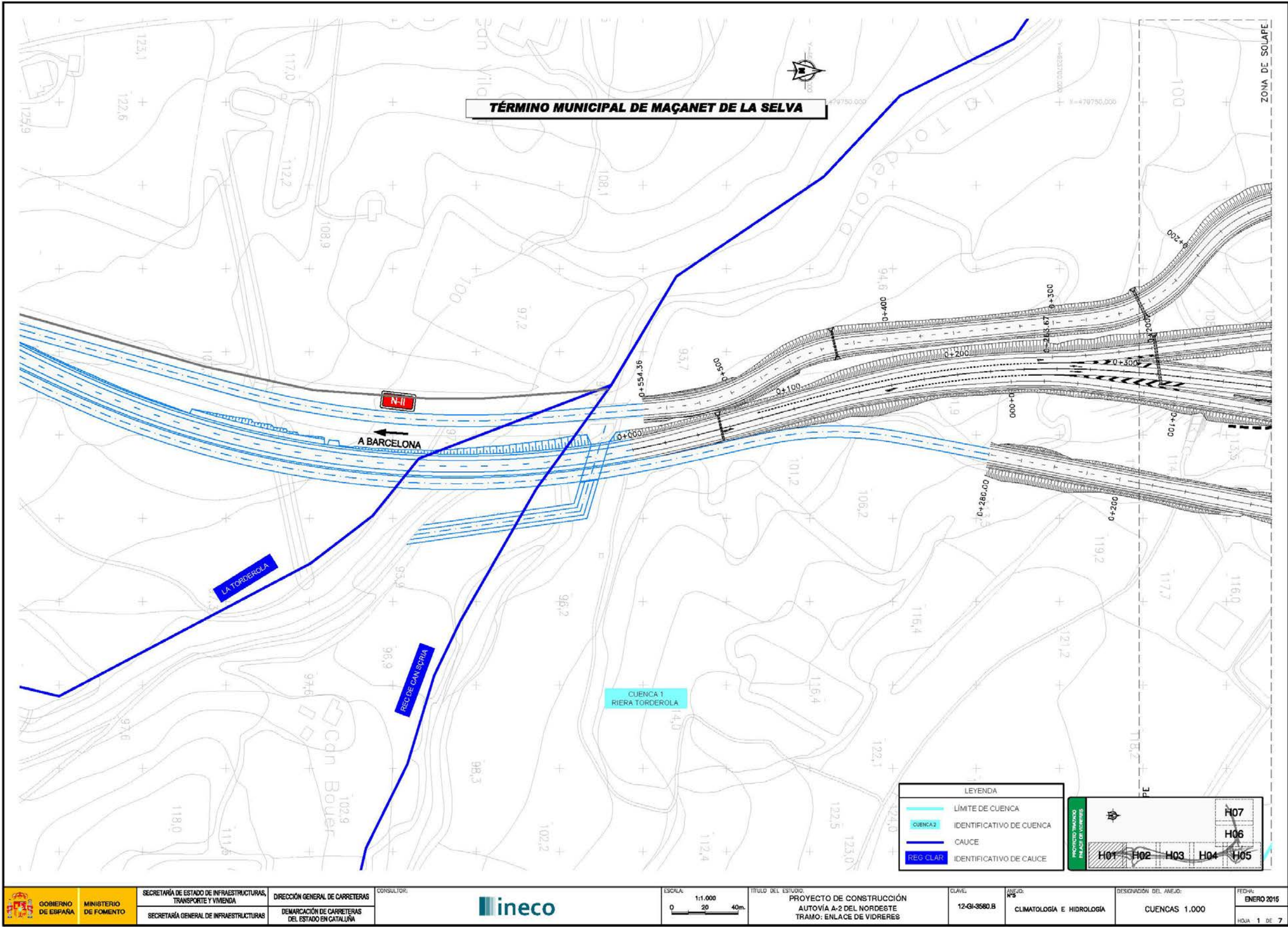
j Pendiente media del cauce principal (en tanto por uno).

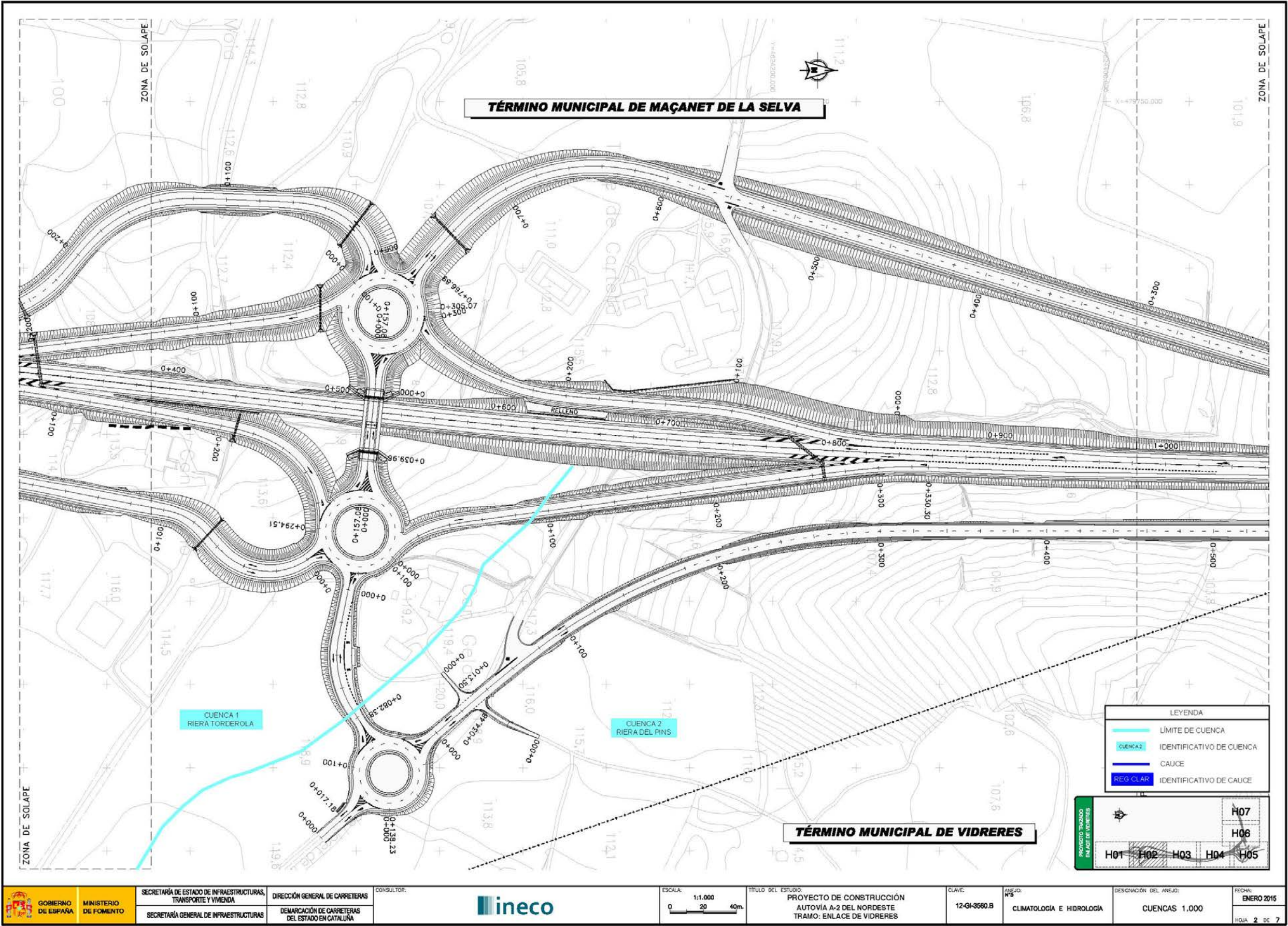
Con todo ello, se ha elaborado una tabla-resumen donde se reflejan las características físicas más importantes de cada una de las cuencas interceptadas por el trazado. En dicha tabla se indica la designación de cada cuenca, su cauce asociado, su superficie, las cotas de inicio y final de la cuenca, el desnivel medio entre la cabecera de la cuenca y el punto de incidencia en la traza, su longitud, su pendiente media y su tiempo de concentración. Dicha tabla – resumen se adjunta en las páginas siguientes.

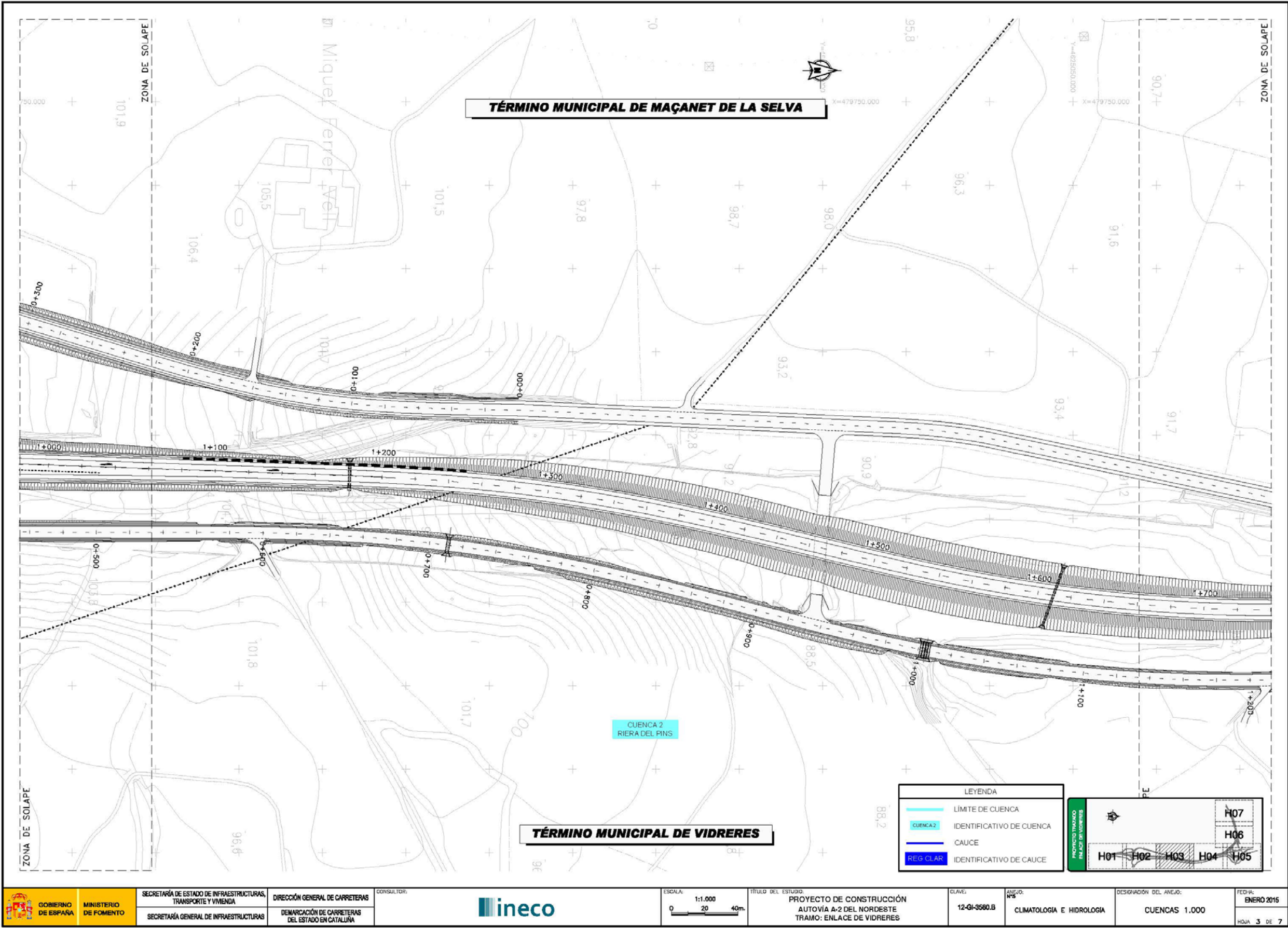
De acuerdo con la clasificación metodológica de la “Instrucción 5.2.-I.C.” todas las cuencas definidas son de pequeña o mediana extensión ya que poseen un tiempo de concentración inferior a 6 horas.

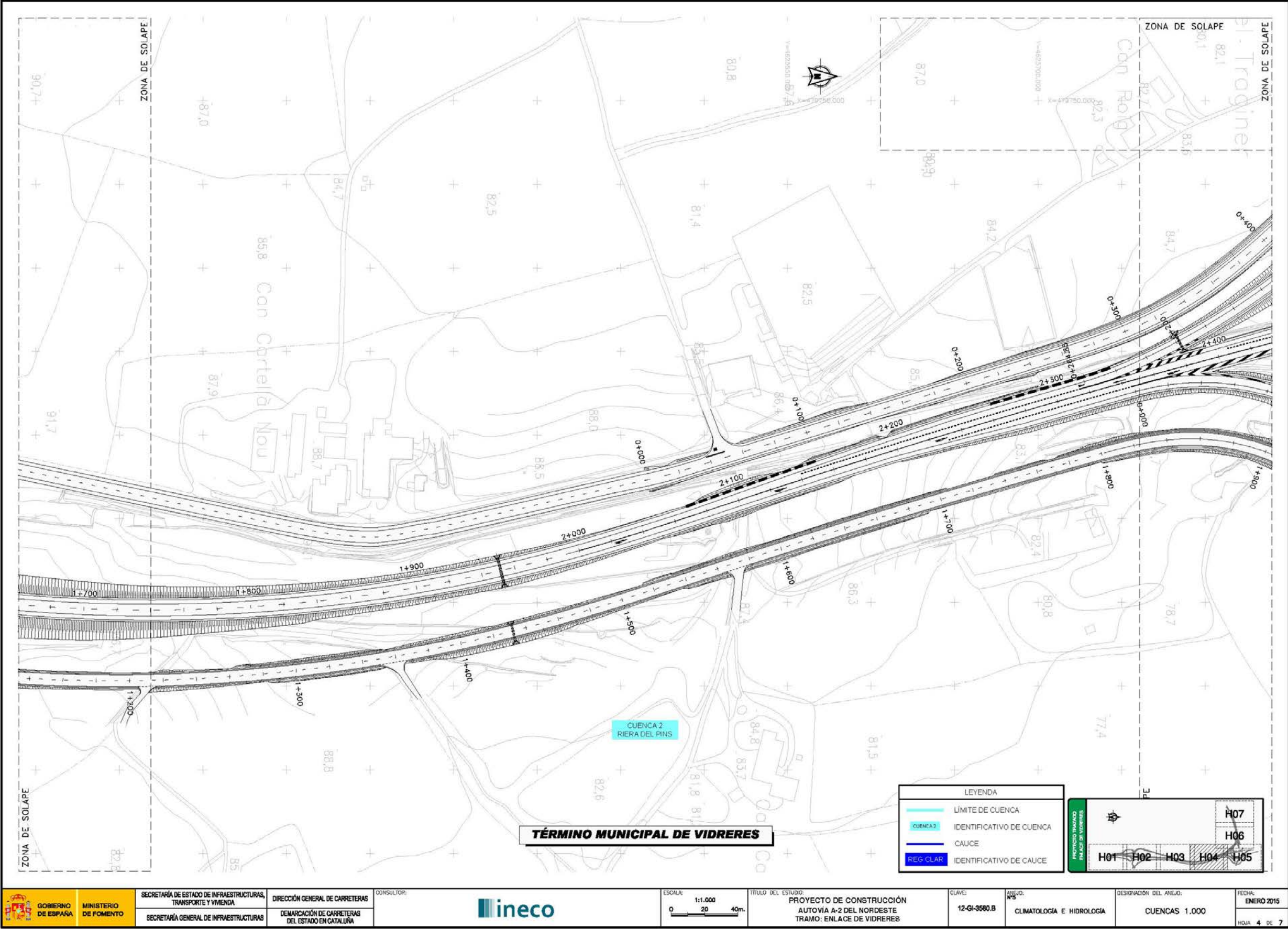
En consecuencia, se han definido todas las divisorias de las cuencas, representándolas sobre un plano a escala: 1:25.000 y 1:1.000 (originales en A1), como puede observarse en las páginas siguientes.

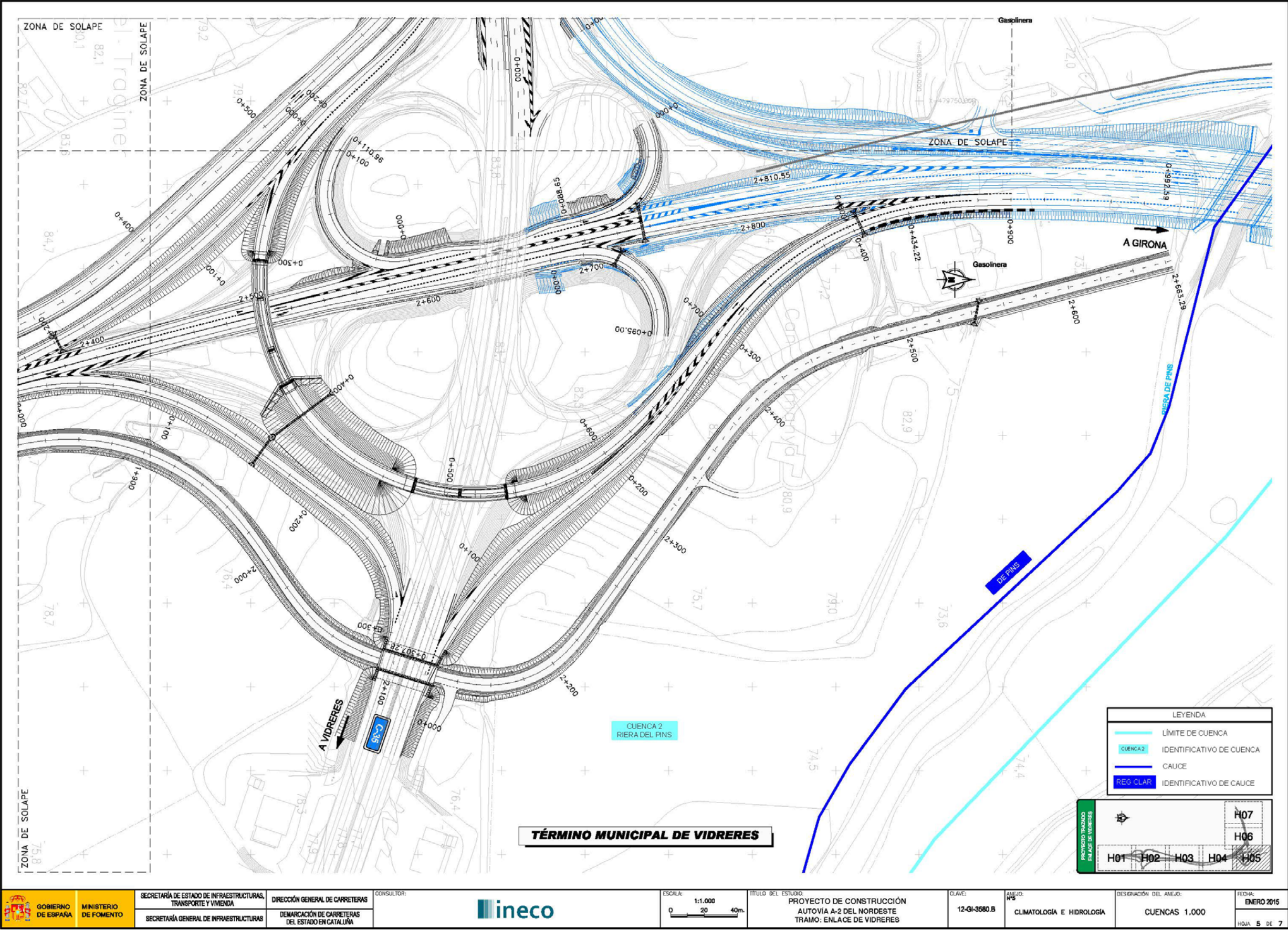


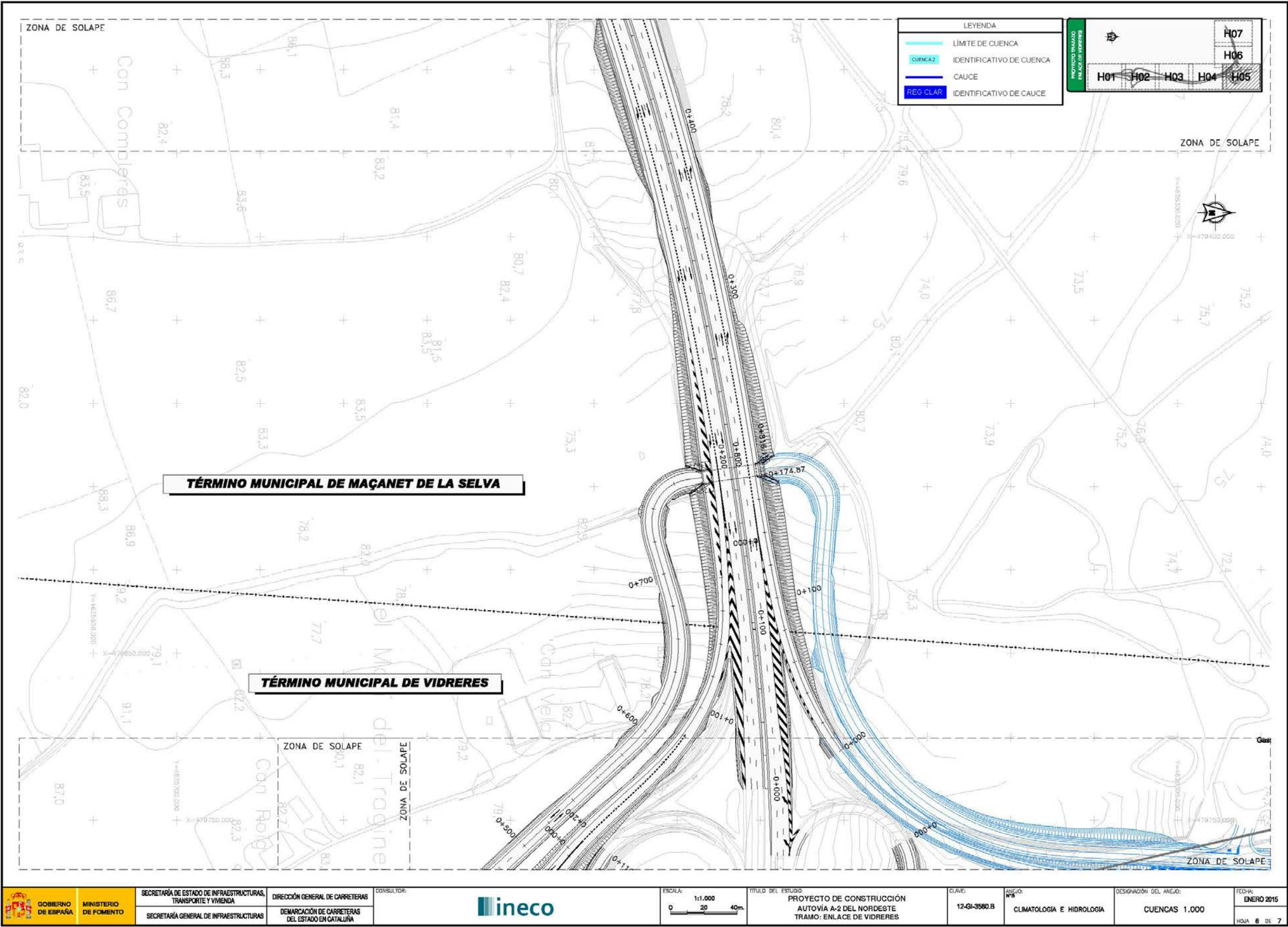












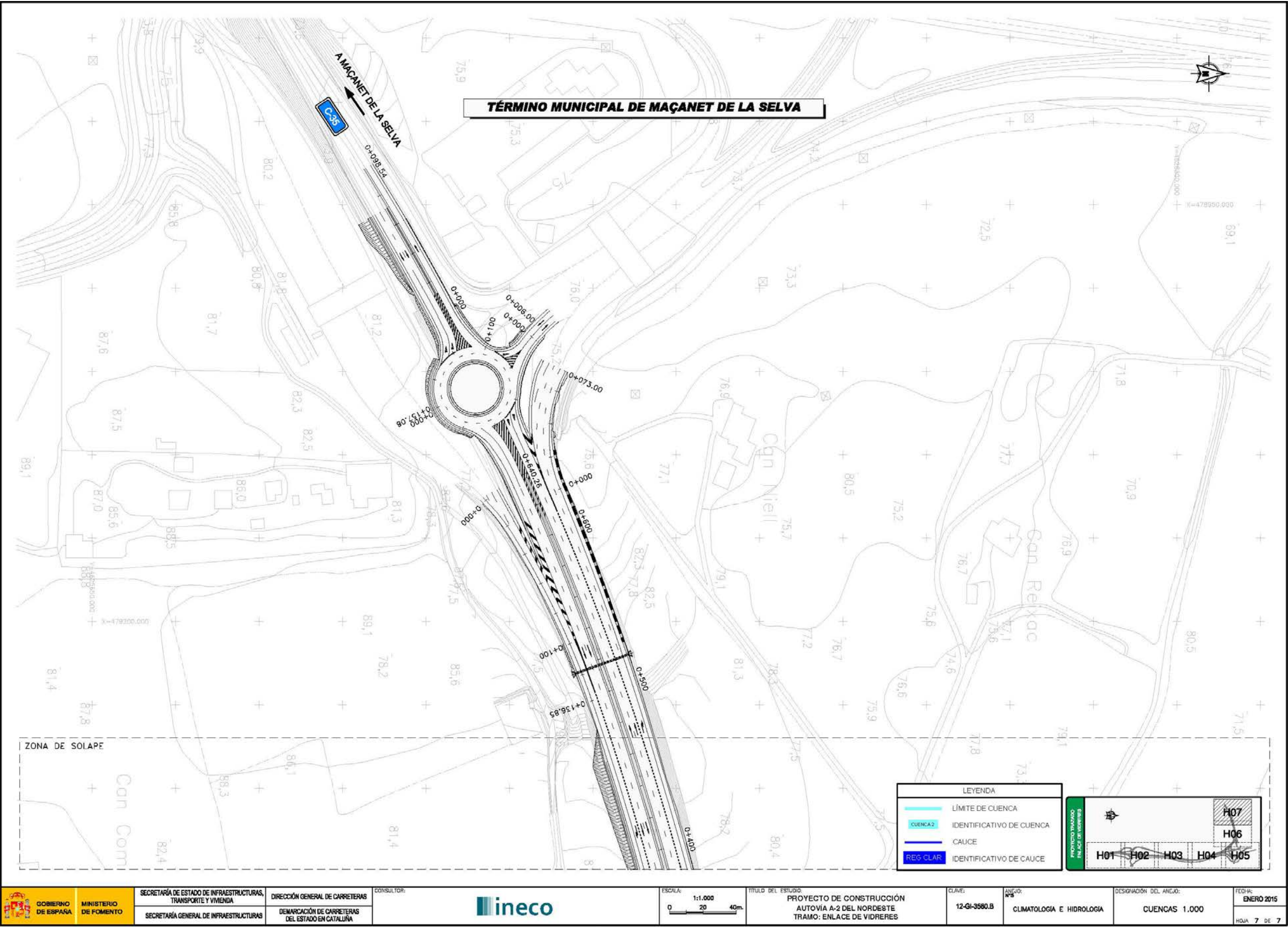


Tabla: Características físicas de las cuencas.

Cuenca	Cauce asociado	Área (Km²)	Cota inicio Z MÁX (m)	Cota final Z MÍN. (m)	Desnivel medio (m)	Longitud (Km)	Pendiente (tanto por uno)	Tc (horas)	Grado de urbanización (m)	T*c (horas)
1	Rec de Can Sçria / La Torderola	4,79	230	120	110	4,34	0,03	1,84	0,20	1.15
2	Riera de Pins	24,38	350	69	281	9,20	0,03	3,14	0,20	1,96

6.4. CÁLCULO DE CAUDALES MÁXIMOS

6.4.1. Drenaje transversal

El cálculo de caudales máximos se ha realizado mediante dos métodos:

- Según la versión modificada del método hidrometeorológico de la “Instrucción 5.2.- I.C.” propuesta por J. R. Témez en 1991 para la Dirección General de Carreteras (método aplicable en cuencas de hasta 3.000 Km² de extensión y tiempos de concentración de hasta 24 horas).
- Según el Estudio hidrológico de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC en adelante) de la riera de Pins, reg Clar y reg Sorrer.

6.4.2. Método hidrometeorológico

La formulación propuesta por J. R. Témez para el cálculo de caudales máximos es la recogida en una comunicación al XXIV Congreso de la Asociación Internacional de Investigaciones Hidráulicas y reproducida en lengua castellana en el nº82 de la revista “Ingeniería Civil”. Según dicha formulación, el caudal punta de avenida en el punto de cruce de una vaguada con el trazado, para un periodo de retorno dado, se obtiene mediante la expresión:

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

donde:

- Q Caudal punta correspondiente a un determinado periodo de retorno (m³/s).
- I Máxima intensidad media de precipitación, correspondiente al periodo de retorno considerado y a un intervalo igual al tiempo de concentración (mm/h).
- A Superficie de la cuenca (Km²).
- C Coeficiente de escorrentía.
- K Coeficiente de uniformidad.

La aplicación de esta metodología a las cuencas consideradas, ha permitido determinar, para cada una de ellas, el caudal correspondiente a cada periodo de retorno.

Estos resultados, junto con los parámetros de las cuencas que condujeron a su determinación, se resumen en las tablas que figuran a continuación.

6.4.2.1.1. Tiempo de concentración

Como ya se ha indicado previamente, para la determinación del tiempo de concentración asociado a cada cuenca se han seguido las indicaciones recogidas en la guía técnica “Recomanacions tècniques per als estudis d’inundabilitat d’àmbit local” de la Agència Catalana de l’Aigua. En dicha publicación, se propone la fórmula de J. R. Témez con la aplicación de un coeficiente reductor que diferencia entre cuencas urbanas y no urbanas, distinguiendo a su vez dentro de este grupo las cuencas rurales y las urbanizadas. A continuación se presenta la formulación empleada para cada uno de los casos señalados:

- Cuencas rurales. Dentro de este grupo se consideran aquellas cuencas en las que el grado de urbanización no es superior al 4% del área total de la misma.

$$T_C = 0,3 \times \left[\frac{L}{j^{0,25}} \right]^{0,76}$$

- Cuencas urbanizadas. El grado de urbanización de las cuencas es superior al 4% de su superficie. Se caracterizan por la existencia de urbanizaciones aisladas, con red de alcantarillado de aguas pluviales no unificada o completa y curso principal no revestido con material impermeable y de pequeña rugosidad.

$$T_C = \frac{I}{I + \sqrt{\mu \times (2 - \mu)}} 0,3 \times \left[\frac{L}{j^{0,25}} \right]^{0,76}$$

- Cuencas urbanas. En los casos de cuencas con alcantarillado completo y curso principal canalizado revestido con material impermeable y de pequeña rugosidad, como el hormigón, se aplica la expresión adjunta.

$$T_C = \frac{I}{I + 3 \times \sqrt{\mu \times (2 - \mu)}} 0,3 \times \left[\frac{L}{j^{0,25}} \right]^{0,76}$$

donde:

- T_C Tiempo de concentración (horas).
- μ Grado de urbanización de la cuenca (tanto por uno).
- L Longitud del cauce principal (Km).
- j Pendiente media del cauce principal (en tanto por uno).

6.4.2.1.2. Pluviometría: máximas precipitaciones diarias.

Los valores de las máximas precipitaciones diarias a adoptar, constituyen datos esenciales en el proceso de cálculo de los caudales de diseño.

Dichos valores de precipitación máxima diaria asociada a cada cuenca para los distintos periodos de retorno se determinan contrastando los valores puntuales de precipitaciones máximas resultantes del PEF de la Tordera, con los valores zonales obtenidos de la publicación “Máximas lluvias diarias en la España Peninsular” (1999) del Ministerio de Fomento, así como consultando los mapas de isomáximas de precipitación Pd correspondientes a diferentes periodos de retorno elaborados por la Agència Catalana de l’Aigua.

Tabla: Precipitación máxima diaria adoptada

ESTACIÓN 0275 SILS	
Periodo de retorno T (años)	Precipitación máxima diaria Pd (mm)
2	76
5	109
10	133
25	167
50	194
100	228
500	312
1000	331

6.4.2.1.3. Intensidad media de precipitación.

En relación con la intensidad media de precipitación, a efectos de cálculo, el aguacero quedará definido por la intensidad de precipitación media I (mm/h), que para cada periodo de retorno considerado, será función de la duración del intervalo considerado y de la intensidad de precipitación media diaria ($Pd^*/24$).

La duración del intervalo que se considera en los cálculos de la intensidad de precipitación media es igual al tiempo de concentración de la cuenca.

Para la determinación del valor de I a emplear en la estimación de caudales de referencia, se ha utilizado la siguiente fórmula:

$$\frac{I}{I_d} = \left(\frac{I_l}{I_d} \right)^{\frac{28^{0,1} - t_c^{0,1}}{28^{0,1} - 1}}$$

donde:

- I_d Intensidad media diaria máxima (mm/h) para el periodo de retorno considerado. A partir de los valores de Pd^* (precipitación diaria máxima modificada), se obtiene como $I_d^* = Pd^*/24$.
- I_l/I_d Parámetro característico del lugar, que representa la relación entre la intensidad horaria y la diaria, con el mismo periodo de retorno. Consultado el mapa de isolíneas I_l/I_d que se incluye en la "Instrucción 5.2.-I.C.", y que se presenta a continuación se ha adoptado un valor $I_l/I_d = 11$.

t_c Duración del intervalo al que se refiere I , que se tomará igual al tiempo de concentración (h).

Figura: Mapa de Isolíneas



Fuente: "Instrucción 5.2.-I.C.: Drenaje Superficial".

6.4.2.1.4. Determinación del umbral de escorrentía P_0 .

El parámetro P_0 o umbral de escorrentía define el umbral de precipitación a partir del cual se inicia la escorrentía, es decir, determina la componente de la lluvia que escurre por superficie. Su valor depende de las características del suelo y de la vegetación de las cuencas, así como de las condiciones iniciales de humedad.

Para la determinación del valor de P_0 se ha tenido en cuenta tanto el uso del suelo como la naturaleza del mismo. Así, cabe señalar, en primer lugar, que la información de usos del suelo se ha recogido del mapa Classificació dels usos del sòl a Catalunya 1997. Esta información se ha completado con la dada por las visitas de campo y el análisis de fotografías aéreas.

En segundo lugar, con la información geológica y litológica, así como con las visitas de campo realizadas, se han determinado unas zonas de tipos de suelo.

A continuación, tomando como base la clasificación de suelos a efectos del umbral de escorrentía recogida en la Instrucción 5.2.-I.C, se han definido cuatro grupos de suelo (A, B, C y D) y se ha determinado el porcentaje de cada grupo de suelo asociado a cada cuenca. Dichos grupos de suelo responden a las características que se recogen en la siguientes tablas, así como su textura que se ha determinado haciendo uso del diagrama triangular de la figura adjunta.

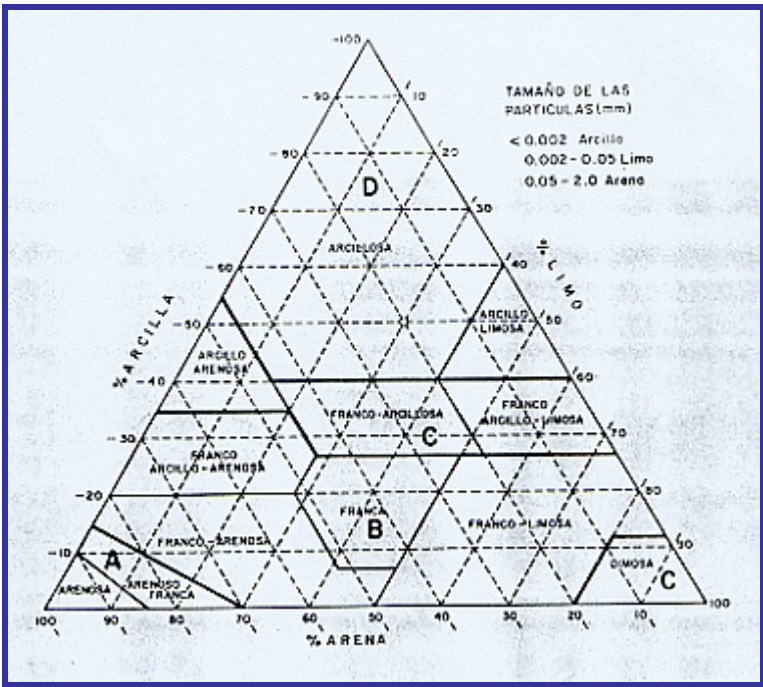
Tabla: Clasificación de suelos a efectos del umbral de escorrentía.

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

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

Fuente: “Instrucción 5.2.-I.C.: Drenaje Superficial”.

Figura: Diagrama triangular para la determinación de la textura.



Fuente: “Instrucción 5.2.-I.C.: Drenaje Superficial”.

Para determinar el valor de P0, son necesarias además otras características hidrológicas como pendientes o densidad de vegetación.

Con todos estos datos se han definido unos valores de P0 por cuencas, tomando como referencia los valores del umbral de escorrentía para cada tipo de uso de la tierra deducidos de la estimación inicial del umbral de escorrentía recogida en la Instrucción 5.2.-I.C.

De este modo, en la tabla que se adjunta, se presentan los valores del umbral de escorrentía P0 para cada una de las cuencas.

Tabla: P0 para cada cuenca vertiente.

Nombre de la cuenca	Urbana	Urbanización	Matorral	Cultivos secano	Masa forestal	Po inicial	Po corregido
P0	1	12	22	11	31	-	-
1 Rec de Can Sçria / La Torderola	0 %	29 %	0 %	38 %	33 %	18,0	23,4
2 Riera de Pins	0 %	20 %	12 %	28 %	40 %	21,0	27,3

De forma general, para el cálculo de los caudales máximos se multiplica el umbral de escorrentía P0 por un coeficiente corrector, deducido a partir del mapa de la figura 2.5 de la citada Instrucción, y que para la zona de estudio se cifra en 2,5.

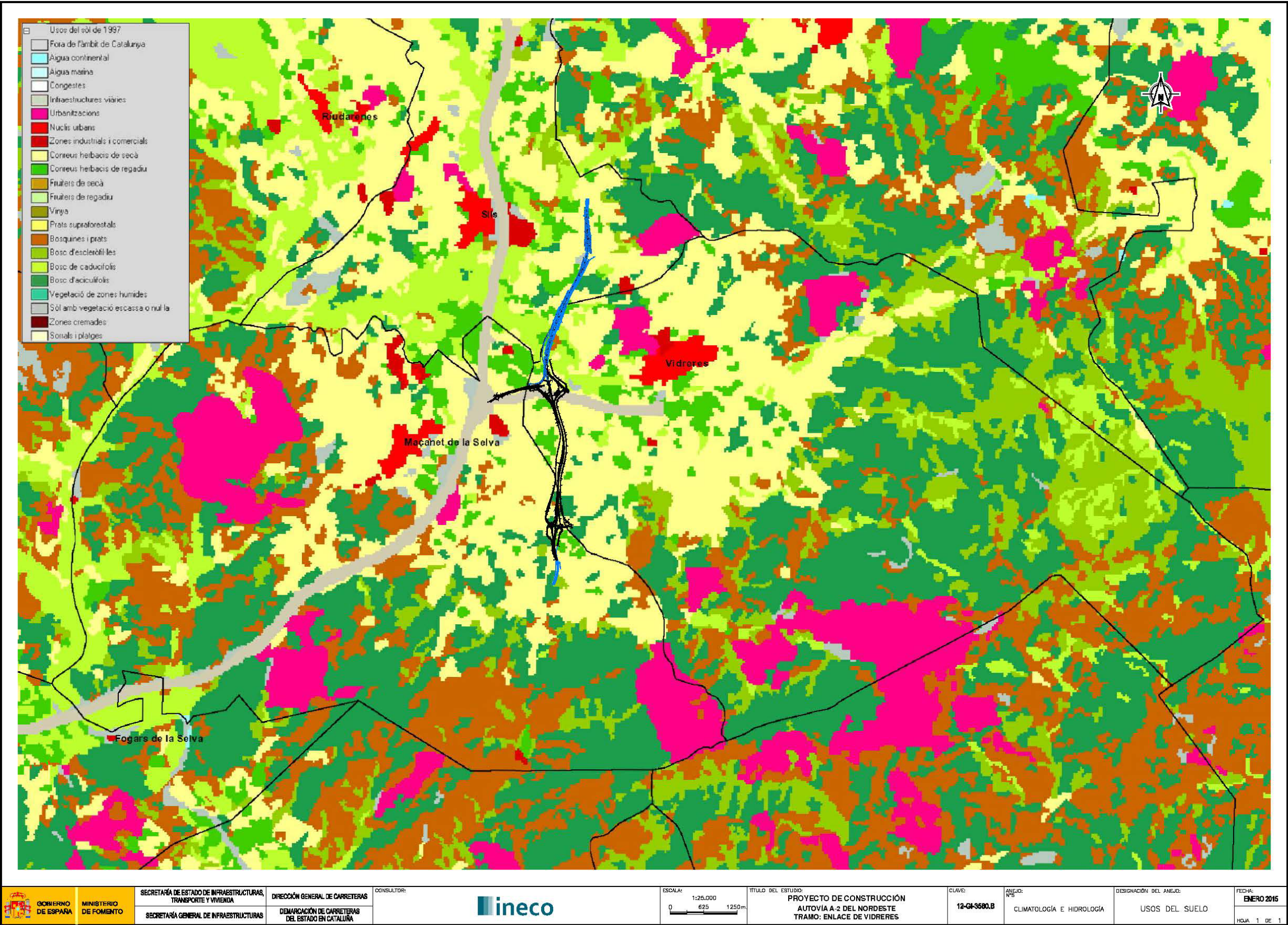
Figura: Mapa del coeficiente corrector del umbral de escorrentía.



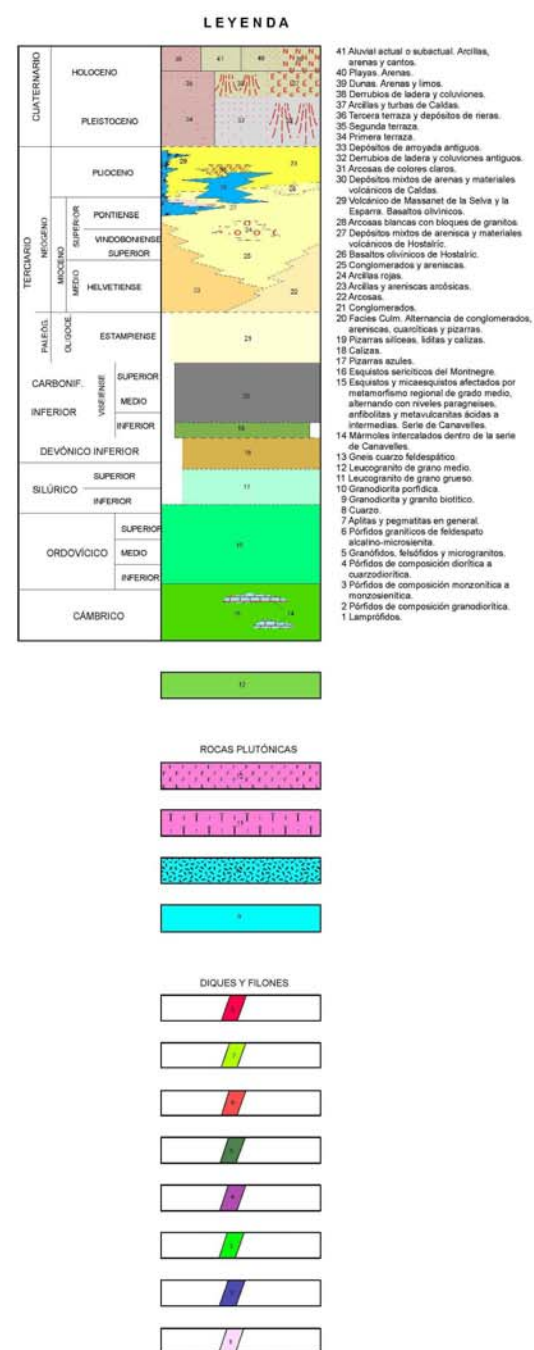
Fuente: “Instrucción 5.2.-I.C.: Drenaje Superficial”.

No obstante, atendiendo a las indicaciones recogidas en la Guía Técnica “Recomanacions tècniques per als estudis d’inundabilitat d’àmbit local”, en la que se recomienda adoptar un factor igual a 1,3 dado que el valor propuesto en la Instrucción 5.2.-I.C. resulta demasiado conservador, será ése el coeficiente corrector del umbral de escorrentía empleado.

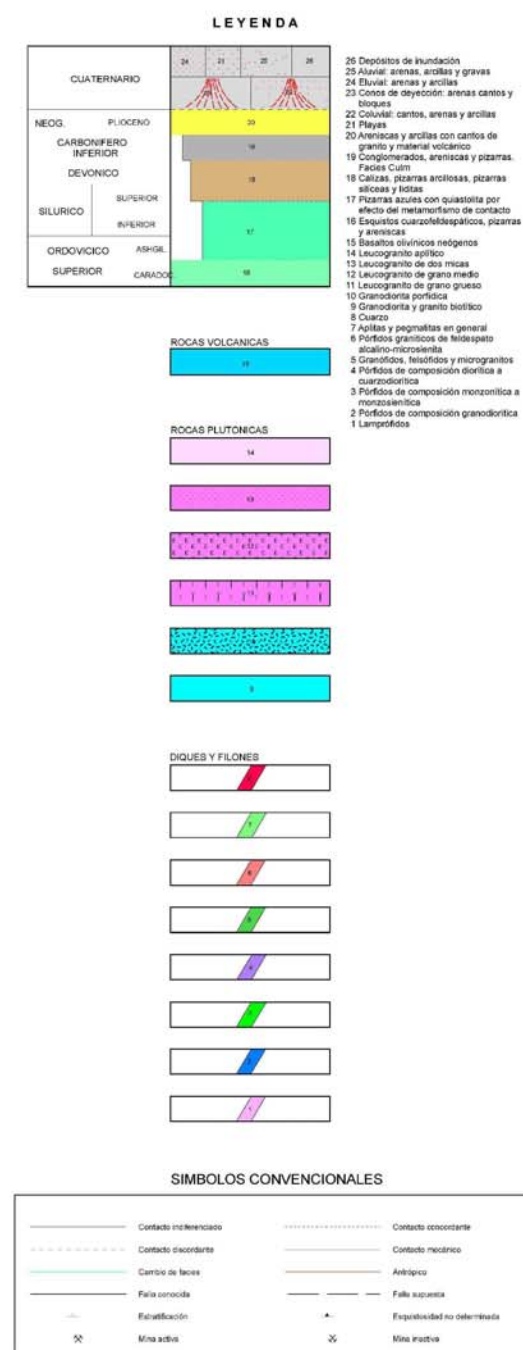
En las páginas siguientes se presenta el plano de usos de suelo y el de geología correspondientes a la zona de estudio.

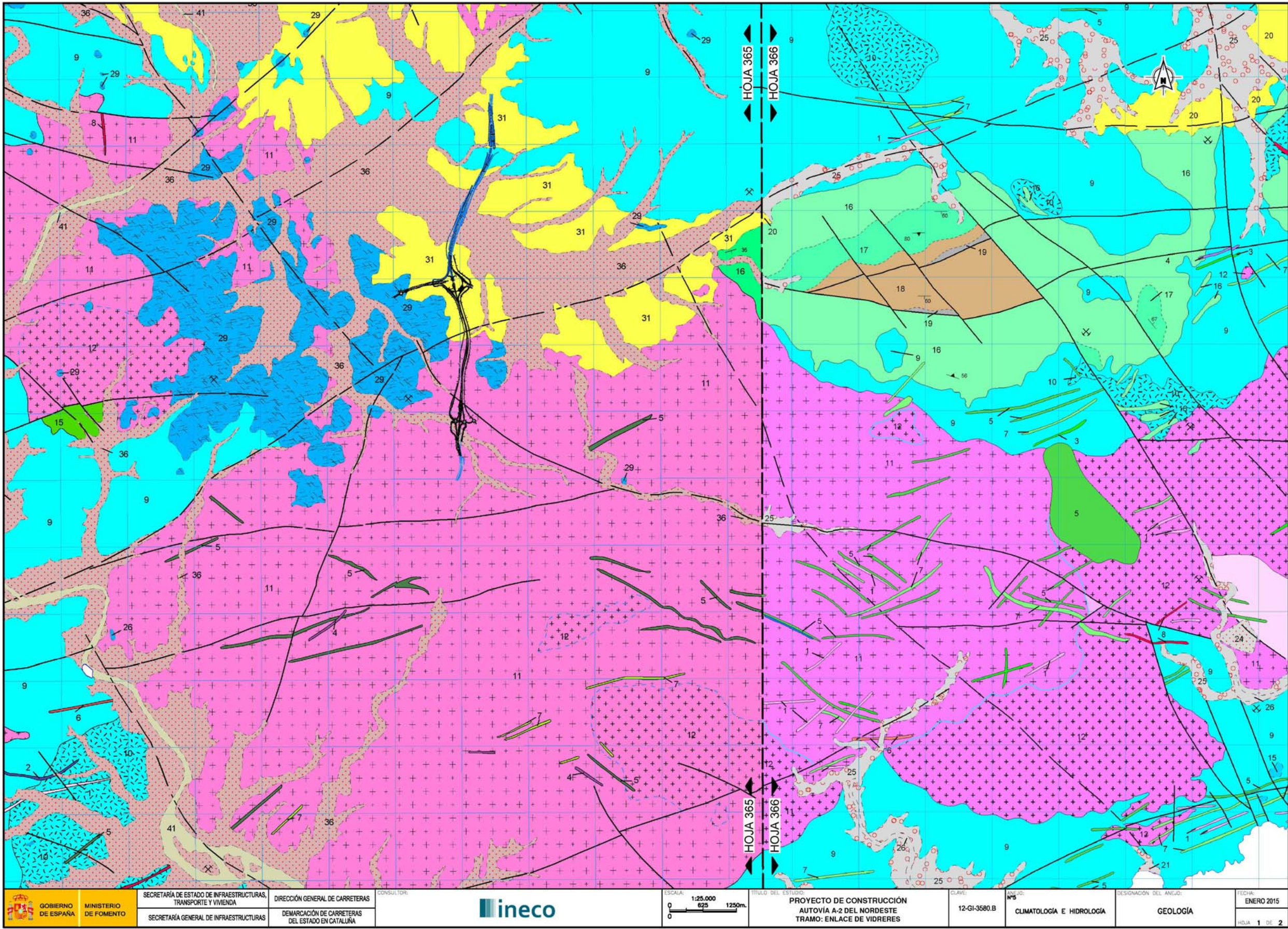


LEYENDA
BLANES HOJA 365



LEYENDA
SAN FELIÚ DE GUIXOLS HOJA 365





6.4.2.1.5. Coeficiente de escorrentía.

El valor del coeficiente de escorrentía C, que representa el porcentaje de la precipitación que se incorpora al flujo superficial, se ha determinado a partir de la expresión:

$$C = \frac{(P_d^* - P_0) \times (P_d^* + 23 \times P_0)}{(P_d^* + 11 \times P_0)^2} \quad \text{para } P_d^* > P_0$$

$$C = 0 \quad \text{para } P_d^* \leq P_0$$

donde:

C Coeficiente de escorrentía.

Pd* Precipitación diaria máxima modificada para el periodo de retorno considerado (mm).

P0 Umbral de escorrentía.

6.4.2.1.6. Coeficiente de uniformidad.

El coeficiente de uniformidad K corrige el supuesto reparto uniforme de la escorrentía dentro del intervalo de cálculo de duración igual al tiempo de concentración contemplado en la formulación del método racional.

Aunque el coeficiente de uniformidad varía de un aguacero a otro, su valor medio en una cuenca concreta depende principalmente de su tiempo de concentración. Esta dependencia es tan acusada que, a efectos prácticos, puede despreciarse la influencia de las restantes variables, tales como el régimen de precipitaciones, etc.

Según J. R. Témez, su estimación, en valores medios, puede realizarse según la siguiente expresión:

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

donde:

K Coeficiente de uniformidad, que tiene en cuenta la falta de uniformidad en la distribución del aguacero.

tc Tiempo de concentración (horas).

Dicha expresión está basada en los contrastes realizados en diferentes cursos de agua dotados de estaciones de aforo, y en las conclusiones deducidas de algunos análisis teóricos desarrollados mediante el hidrograma unitario.

6.4.2.1.7. Caudales de diseño.

La aplicación de la metodología anteriormente expuesta a las cuencas consideradas, ha permitido determinar, para cada una de ellas, el caudal correspondiente a cada periodo de retorno.

Estos resultados, junto con los parámetros de las cuencas que condujeron a su determinación, se muestran en las tablas que figuran en las páginas siguientes.

Tabla: Caudales de diseño asociados a cada cuenca para los distintos periodos de retorno (Método hidrometeorológico del ACA).

CAUDALES DE REFERENCIA T = 2 años													
Cuenca	Área (km ²)	T concentración aplicado (h)	Estimación inicial umbral escorrentía P ₀	Coeficiente corrector	Coeficiente de simultaneidad (K _A)	Umbral de escorrentía P' ₀ (mm)	I ₁ / I _d	Coeficiente de uniformidad K	Precipitación total diaria Pd (mm)	Precipitación total diaria corregida Pd* (mm)	Coeficiente de escorrentía C	Intensidad media de precipitación (mm/h)	Caudal Q (m ³ /s)
C-1	4,790	1,150	18,000	1,300	0,955	23,400	11	1,078	76	72,553	0,276	30,532	12,080
C-2	24,380	1,965	21,000	1,300	0,908	27,300	11	1,142	76	68,972	0,213	20,694	34,098

CAUDALES DE REFERENCIA T =5 años													
Cuenca	Área (km ²)	T concentración aplicado (h)	Estimación inicial umbral escorrentía P ₀	Coeficiente corrector	Coeficiente de simultaneidad (K _A)	Umbral de escorrentía P' ₀ (mm)	I ₁ / I _d	Coeficiente de uniformidad K	Precipitación total diaria Pd (mm)	Precipitación total diaria corregida Pd* (mm)	Coeficiente de escorrentía C	Intensidad media de precipitación (mm/h)	Caudal Q (m ³ /s)
C-1	4,790	1,150	18,000	1,300	0,955	23,400	11	1,078	109	104,056	0,396	43,789	24,912
C-2	24,380	1,965	21,000	1,300	0,908	27,300	11	1,142	109	98,921	0,327	29,679	75,003

CAUDALES DE REFERENCIA T =10 años													
Cuenca	Área (km ²)	T concentración aplicado (h)	Estimación inicial umbral escorrentía P ₀	Coeficiente corrector	Coeficiente de simultaneidad (K _A)	Umbral de escorrentía P' ₀ (mm)	I ₁ / I _d	Coeficiente de uniformidad K	Precipitación total diaria Pd (mm)	Precipitación total diaria corregida Pd* (mm)	Coeficiente de escorrentía C	Intensidad media de precipitación (mm/h)	Caudal Q (m ³ /s)
C-1	4,790	1,150	18,000	1,300	0,955	23,400	11	1,078	133	126,968	0,466	53,430	35,749
C-2	24,380	1,965	21,000	1,300	0,908	27,300	11	1,142	133	120,702	0,394	36,214	110,535

CAUDALES DE REFERENCIA T =25 años													
Cuenca	Área (km ²)	T concentración aplicado (h)	Estimación inicial umbral escorrentía P ₀	Coeficiente corrector	Coeficiente de simultaneidad (K _A)	Umbral de escorrentía P' ₀ (mm)	I ₁ / I _d	Coeficiente de uniformidad K	Precipitación total diaria Pd (mm)	Precipitación total diaria corregida Pd* (mm)	Coeficiente de escorrentía C	Intensidad media de precipitación (mm/h)	Caudal Q (m ³ /s)
C-1	4,790	1,150	18,000	1,300	0,955	23,400	11	1,078	167	159,426	0,546	67,089	52,578
C-2	24,380	1,965	21,000	1,300	0,908	27,300	11	1,142	167	151,558	0,474	45,472	166,894

CAUDALES DE REFERENCIA T = 50 años													
Cuenca	Área (km ²)	T concentración aplicado (h)	Estimación inicial umbral escorrentía P ₀	Coefficiente corrector	Coefficiente de simultaneidad (K _A)	Umbral de escorrentía P' ₀ (mm)	I ₁ / I _d	Coefficiente de uniformidad K	Precipitación total diaria Pd (mm)	Precipitación total diaria corregida Pd* (mm)	Coefficiente de escorrentía C	Intensidad media de precipitación (mm/h)	Caudal Q (m ³ /s)
C-1	4,790	1,150	18,000	1,300	0,955	23,400	11	1,078	194	185,201	0,597	77,936	66,817
C-2	24,380	1,965	21,000	1,300	0,908	27,300	11	1,142	194	176,061	0,527	52,824	215,409

CAUDALES DE REFERENCIA T = 100 años													
Cuenca	Área (km ²)	T concentración aplicado (h)	Estimación inicial umbral escorrentía P ₀	Coefficiente corrector	Coefficiente de simultaneidad (K _A)	Umbral de escorrentía P' ₀ (mm)	I ₁ / I _d	Coefficiente de uniformidad K	Precipitación total diaria Pd (mm)	Precipitación total diaria corregida Pd* (mm)	Coefficiente de escorrentía C	Intensidad media de precipitación (mm/h)	Caudal Q (m ³ /s)
C-1	4,790	1,150	18,000	1,300	0,955	23,400	11	1,078	228	217,659	0,651	91,595	85,509
C-2	24,380	1,965	21,000	1,300	0,908	27,300	11	1,142	228	206,917	0,583	62,081	279,961

CAUDALES DE REFERENCIA T = 500 años													
Cuenca	Área (km ²)	T concentración aplicado (h)	Estimación inicial umbral escorrentía P ₀	Coefficiente corrector	Coefficiente de simultaneidad (K _A)	Umbral de escorrentía P' ₀ (mm)	I ₁ / I _d	Coefficiente de uniformidad K	Precipitación total diaria Pd (mm)	Precipitación total diaria corregida Pd* (mm)	Coefficiente de escorrentía C	Intensidad media de precipitación (mm/h)	Caudal Q (m ³ /s)
C-1	4,790	1,150	18,000	1,300	0,955	23,400	11	1,078	312	297,849	0,744	125,340	133,851
C-2	24,380	1,965	21,000	1,300	0,908	27,300	11	1,142	312	283,150	0,685	84,954	450,076

CAUDALES DE REFERENCIA T = 1000 años													
Cuenca	Área (km ²)	T concentración aplicado (h)	Estimación inicial umbral escorrentía P ₀	Coefficiente corrector	Coefficiente de simultaneidad (K _A)	Umbral de escorrentía P' ₀ (mm)	I ₁ / I _d	Coefficiente de uniformidad K	Precipitación total diaria Pd (mm)	Precipitación total diaria corregida Pd* (mm)	Coefficiente de escorrentía C	Intensidad media de precipitación (mm/h)	Caudal Q (m ³ /s)
C-1	4,790	1,150	18,000	1,300	0,955	23,400	11	1,078	331	315,987	0,760	132,973	145,041
C-2	24,380	1,965	21,000	1,300	0,908	27,300	11	1,142	331	300,393	0,703	90,127	489,925

6.4.3. Drenaje longitudinal

El método hidrometeorológico para la evaluación de los caudales a desaguar mediante la red de drenaje longitudinal es el mismo que el utilizado para el diseño del drenaje transversal. Las hipótesis del cálculo son:

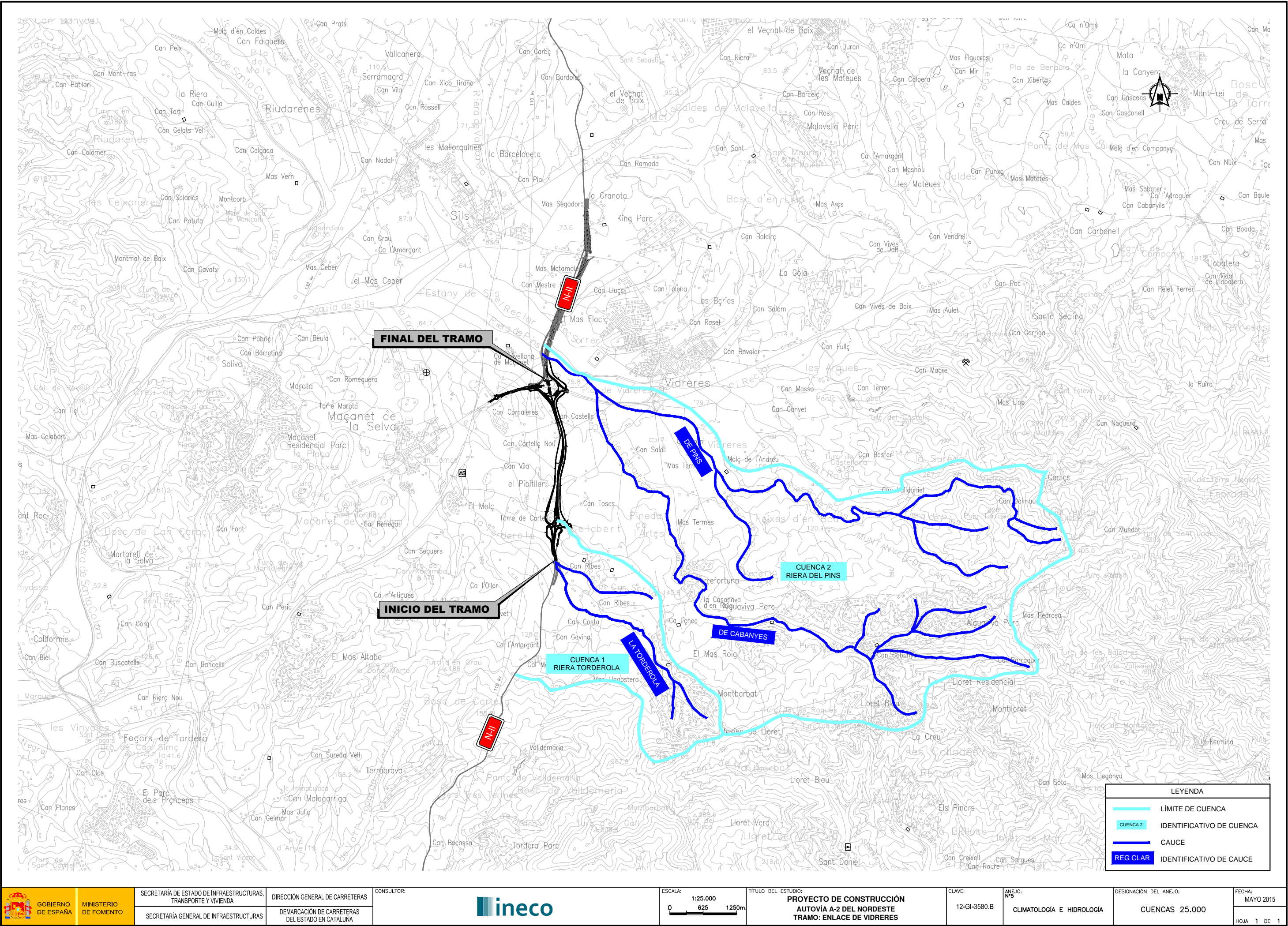
- Se ha partido de la intensidad de la lluvia media diaria de un periodo de 25 años. De acuerdo con los resultados obtenidos en el punto correspondiente del presente anejo, se tiene el valor de la precipitación $P_d = 167 \text{ mm/día}$. Intensidad media diaria: equiparable a la media horaria de precipitación, que en nuestro caso es $I_d = 6,958 \text{ mm/h}$

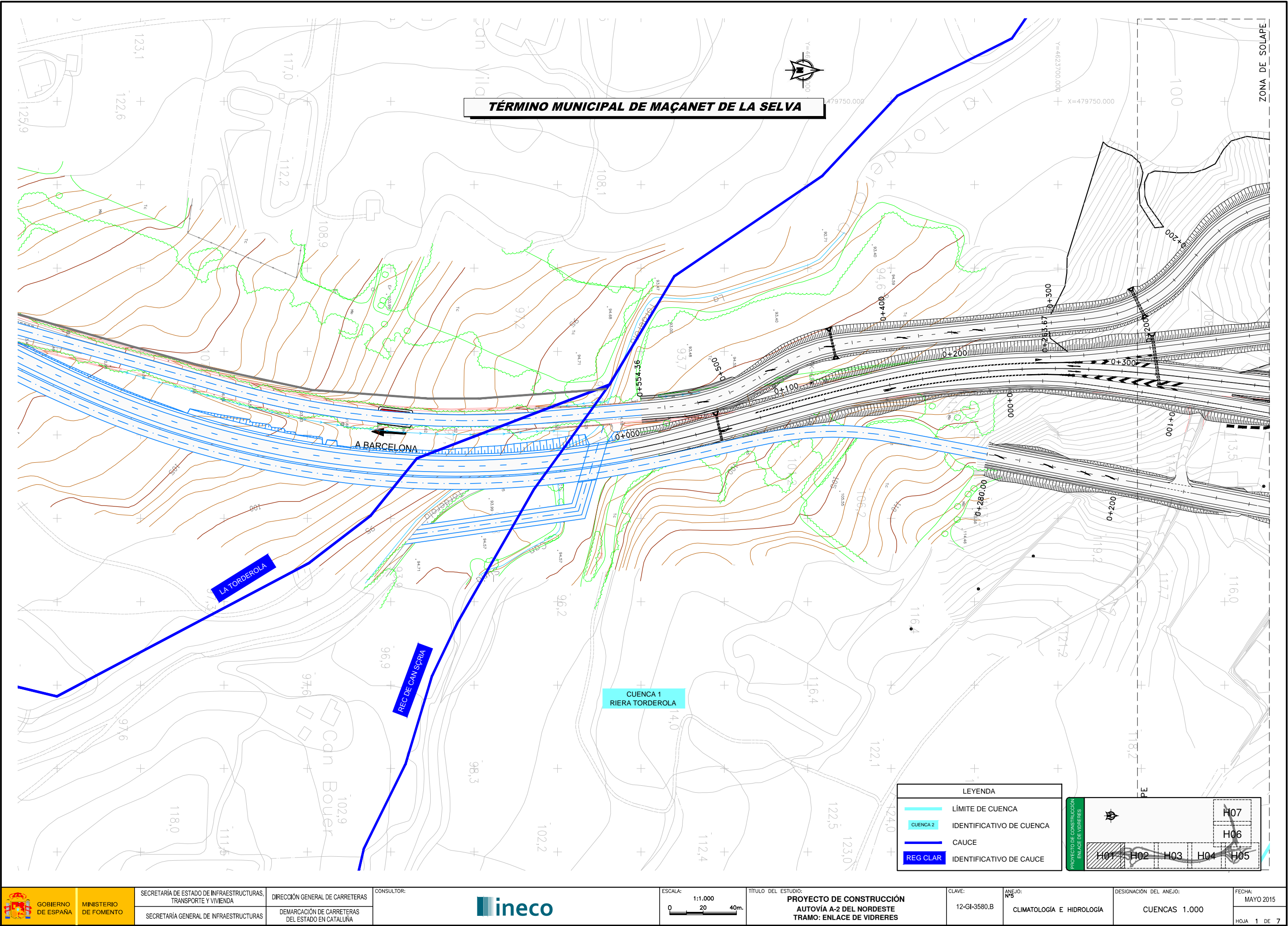
$$I_d = \frac{P_d}{24}$$

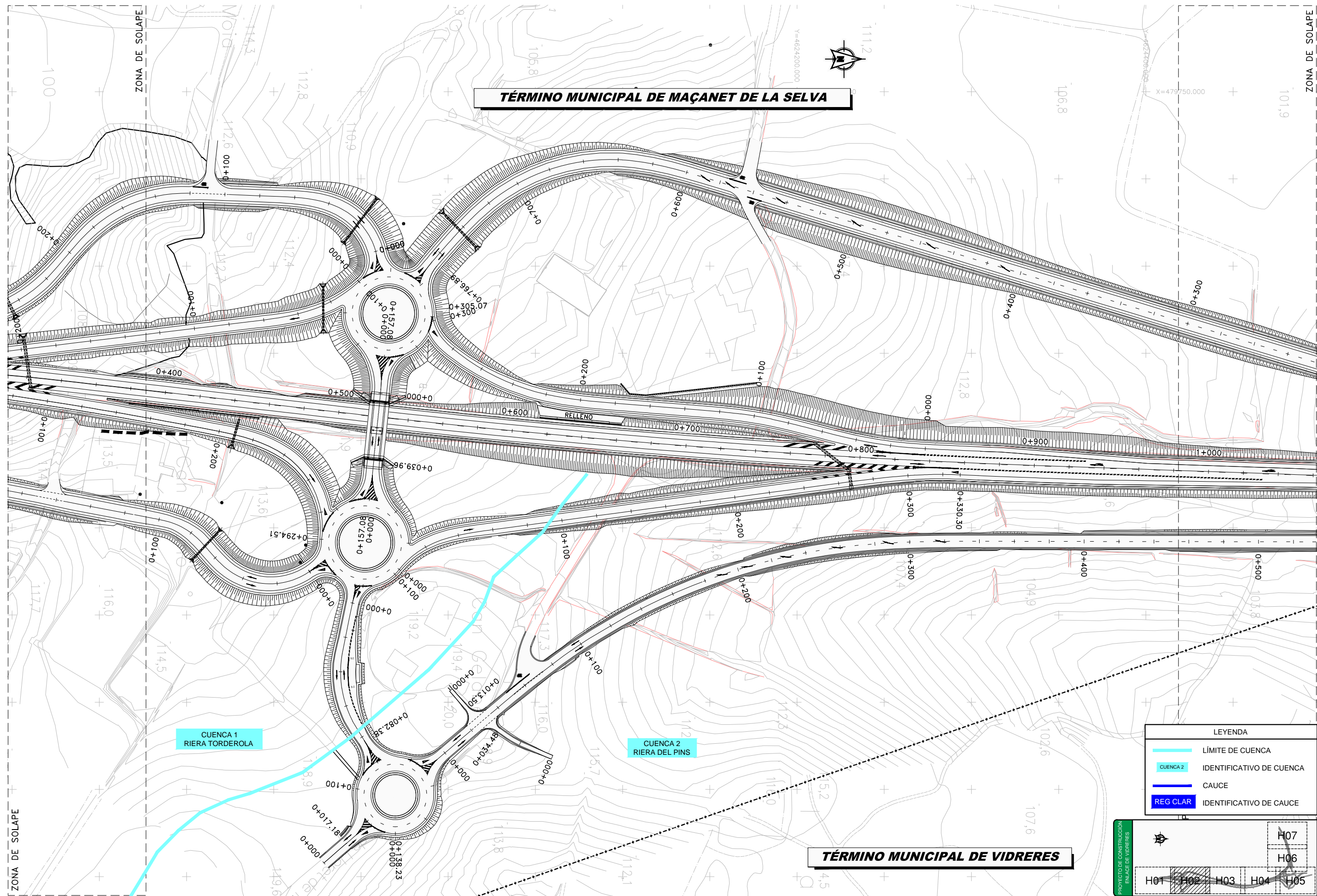
- T_c : Tiempo de concentración: Se obtiene de acuerdo con lo recogido en el apartado 2.4 de la Instrucción 5.2-I.C. Es decir, para el caso de laderas se emplea la fórmula de Témez. Para la plataforma, en el caso de que el tiempo de recorrido sea inferior a 30 metros, se adopta un tiempo de concentración mínimo de 5 minutos, y si es inferior a 150 metros se adopta un $T_{c\text{mín}} = 10$ minutos.
- P_o . Se toma 1 mm para la calzada y 2 mm para los taludes. El coeficiente de escorrentía, C , es variable en función de la zona.
- Superficie de la sub-cuenca considerada: Se ha estimado que la superficie que vierte sus aguas directamente sobre el tramo de cuneta considerado se limita a una banda de terreno cuya anchura y constitución se estudia en cada tramo. Según esto se han diferenciado tres tipologías básicas de superficies de captación: la propia calzada pavimentada, el talud lateral del desmonte y el terreno adyacente a la propia autovía.
- P_o . Se toma 1 mm para la calzada y 2 mm para los taludes. El coeficiente de escorrentía, C , es variable en función de la zona.

En el Anejo N°11 “Drenaje” se especifica de manera detallada el procedimiento de cálculo de los caudales asociados a la red de drenaje longitudinal.

APÉNDICE I. PLANOS





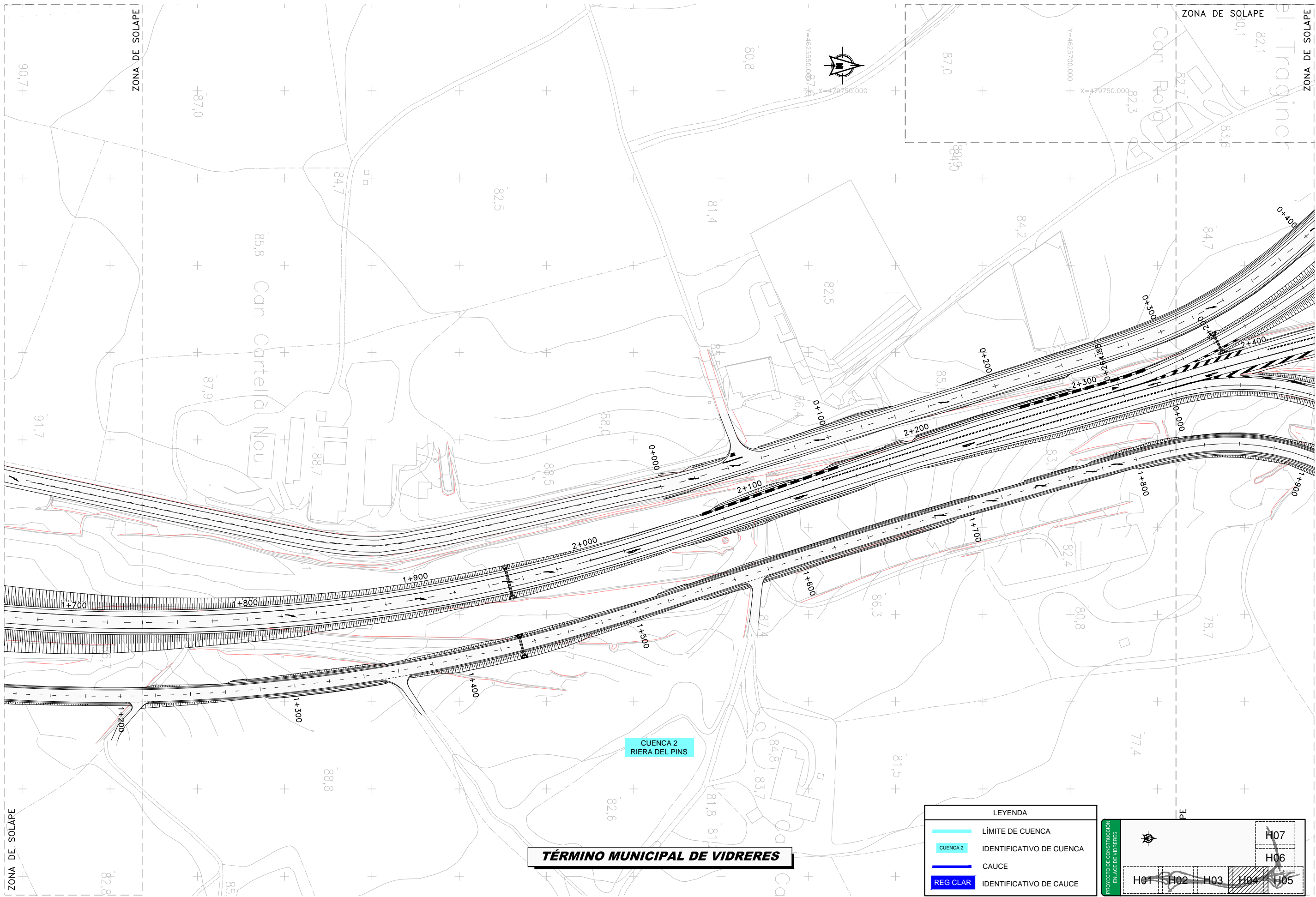


TÉRMINO MUNICIPAL DE MAÇANET DE LA SELVA

TÉRMINO MUNICIPAL DE VIDRERES

LEYENDA	
	LÍMITE DE CUENCA
	CUENCA 2 IDENTIFICATIVO DE CUENCA
	CAUCE
	REG CLAR IDENTIFICATIVO DE CAUCE

		H07
		H06
H01	H02	H03
H04	H05	



TÉRMINO MUNICIPAL DE VIDRERES

LEYENDA	
	LÍMITE DE CUENCA
	IDENTIFICATIVO DE CUENCA
	CAUCE
	IDENTIFICATIVO DE CAUCE

					H07
					H06
H01	H02	H03	H04	H05	



GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS, TRANSPORTE Y VIVIENDA
SECRETARÍA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS

DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS
DEMARCACIÓN DE CARRETERAS DEL ESTADO EN CATALUÑA

CONSULTOR:



ESCALA: 1:1.000
0 20 40m.

TÍTULO DEL ESTUDIO:
**PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN
AUTOVÍA A-2 DEL NORDESTE
TRAMO: ENLACE DE VIDRERES**

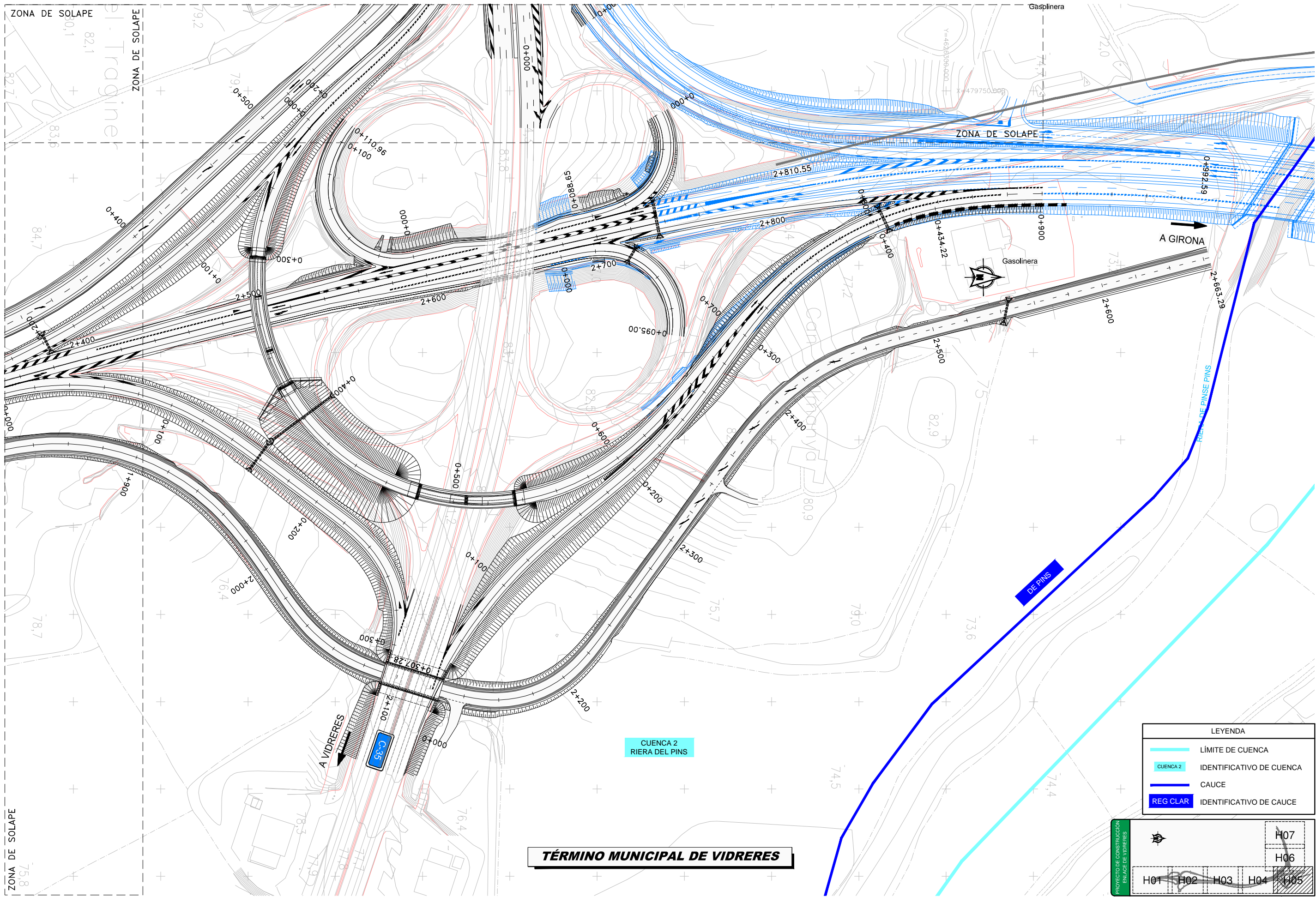
CLAVE:
12-GI-3580.B

ANEJO:
Nº5
CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA

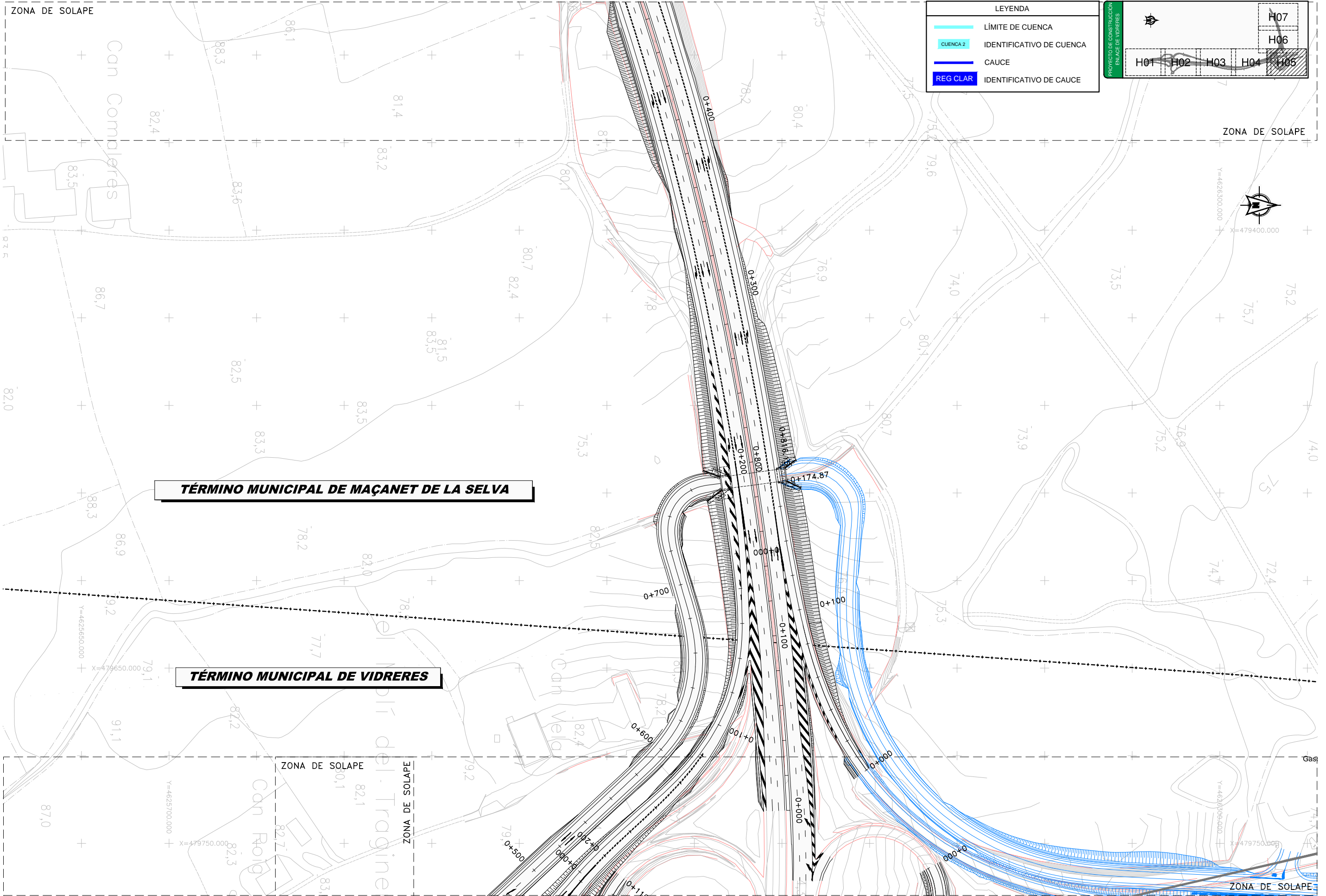
DESIGNACIÓN DEL ANEJO:
CUENCAS 1.000

FECHA:
MAYO 2015

HOJA 4 DE 7



ZONA DE SOLAPE



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE FOMENTO

SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS, TRANSPORTE Y VIVIENDA
SECRETARÍA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS

DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS
DEMARCAÇÃO DE CARRETERAS DEL ESTADO EN CATALUÑA

CONSULTOR:



ESCALA: 1:1.000
0 20 40m.

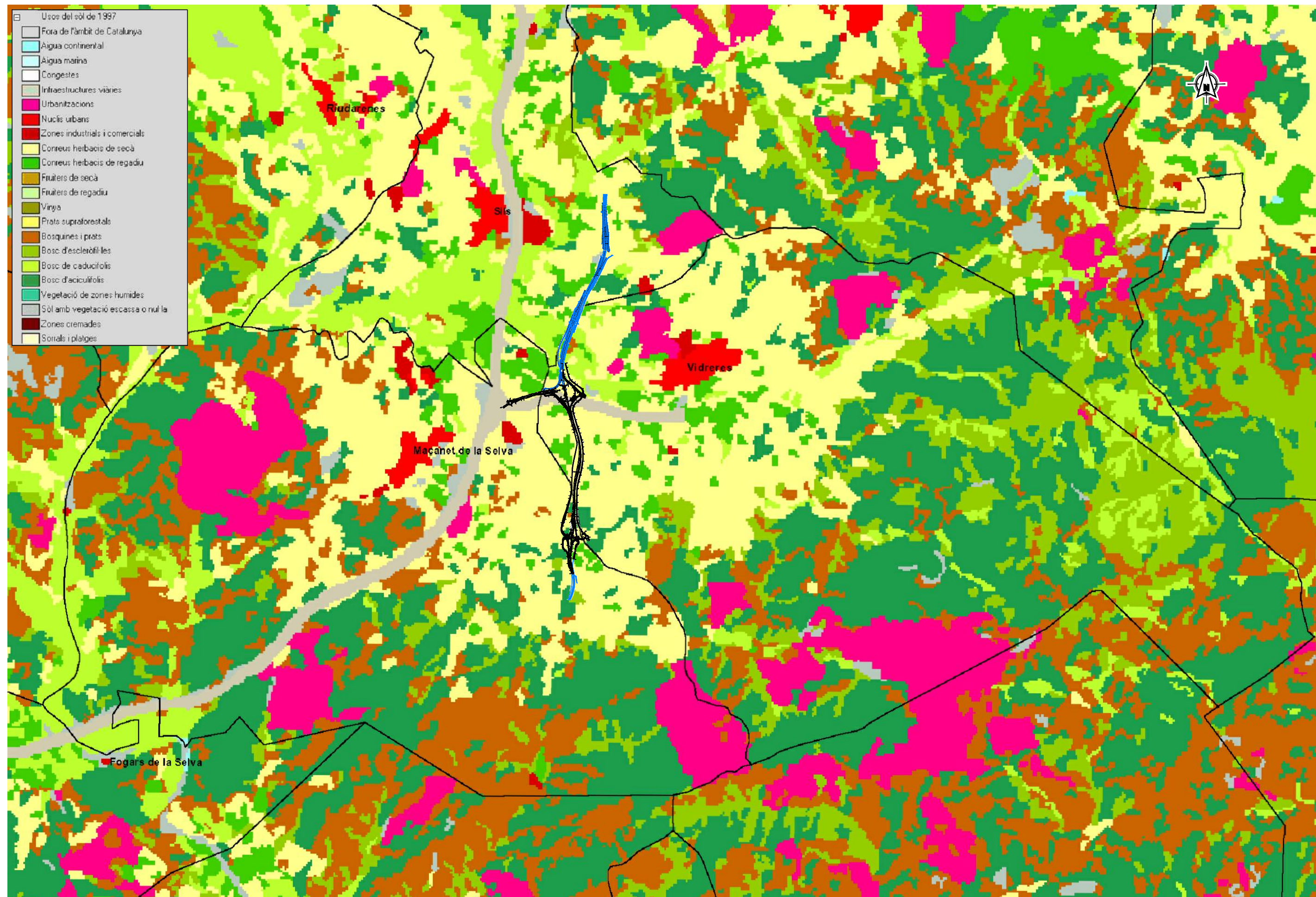
TÍTULO DEL ESTUDIO:
PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN
AUTOVÍA A-2 DEL NORDESTE
TRAMO: ENLACE DE VIDRERES

CLAVE:
12-GI-3580.B

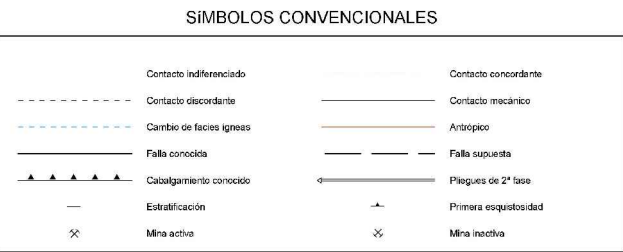
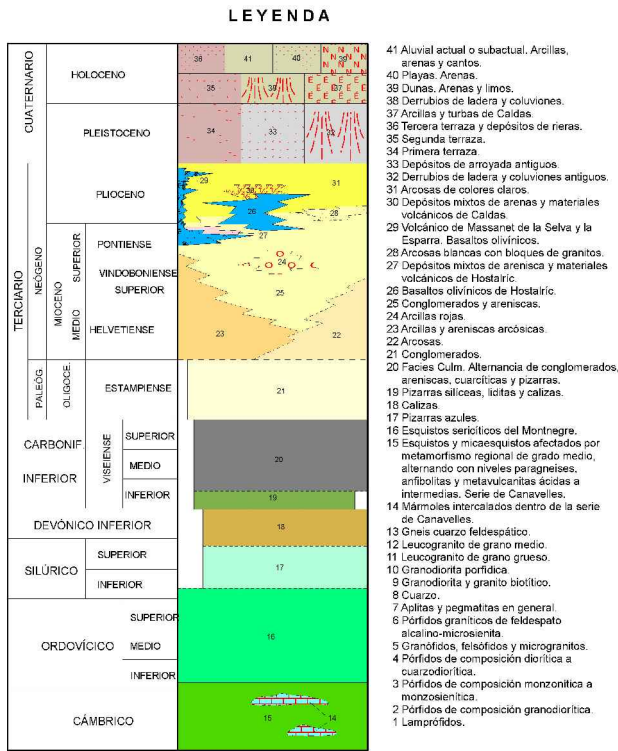
ANEJO:
Nº5
CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA

DESIGNACIÓN DEL ANEJO:
CUENCAS 1.000

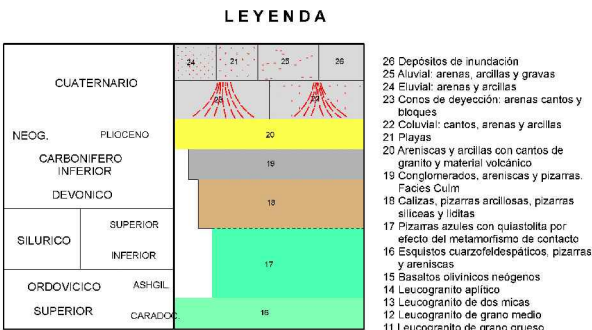
FECHA:
MAYO 2015
HOJA 6 DE 7



LEYENDA
BLANES HOJA 365



LEYENDA
SAN FELIÚ DE GUIXOLS HOJA 365



ROCAS VOLCÁNICAS

ROCAS PLUTÓNICAS

DIQUES Y FILONES

