

ANEJO 6 HIDROLOGÍA Y DRENAJE

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL ESTUDIO	1	3.3.	Cálculo de caudales de pequeñas cuencas.....	10
1.1.	Introducción	1	3.3.1.	Delimitación y características de las cuencas.....
1.2.	Descripción de alternativas.....	1	3.3.2.	Precipitación diaria máxima
1.2.1.	Alternativa A. Duplicación de vía con ancho estándar.....	1	3.3.3.	Método de cálculo de los caudales de diseño
1.2.2.	Alternativa B. Duplicación de vía con ancho mixto	2	3.3.4.	Periodo de retorno T
2. CLIMATOLOGÍA	3	3.3.5.	Tiempo de concentración.....	12
2.1.	Introducción	3	3.3.6.	Intensidad de precipitación
2.2.	Datos de partida	3	3.3.6.1.	Intensidad media diaria de precipitación corregida
2.3.	Pluviometría.....	3	3.3.6.2.	Factor de intensidad.....
2.3.1.	Precipitación media mensual.....	3	3.3.7.	Coeficiente de escorrentía
2.3.2.	Diario de precipitaciones	3	3.3.7.1.	Umbral de escorrentía.....
2.4.	Termometría	4	3.3.7.2.	Valor inicial umbral de escorrentía
2.4.1.	Temperatura media mensual.....	4	3.3.7.3.	Coeficiente corrector del umbral de escorrentía.....
2.4.2.	Temperatura media mensual de las máximas	4	3.3.8.	Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación..
2.4.3.	Temperatura media mensual de las mínimas.....	5	3.3.9.	Caudales de diseño
2.4.4.	Oscilación de temperaturas máximas y mínimas	5	4. DRENAJE	19
2.5.	Índices climáticos	5	4.1.	Introducción
2.5.1.	Factor pluviométrico de Lang	5	4.2.	Criterio de diseño.....
2.5.2.	Índice de aridez de Martonne	6	4.3.	Descripción del proyecto de drenaje.....
2.5.3.	Índice termopluviométrico de Dantin-Revenga	6	4.3.1.	Alternativas A y B
2.5.4.	Régimen pluviométrico de Köppen.....	6	4.4.	Obras de drenaje longitudinal
2.5.5.	Clasificación climática de Papadakis.....	7	4.4.1.	Cunetas de borde de plataforma
3. HIDROLOGÍA	8	4.4.2.	Cunetas a pie de terraplén.....	19
3.1.	Introducción	8	4.4.3.	Cunetas de guarda
3.2.	Análisis de zonas inundables	9	4.5.	Obras de drenaje transversal.....
3.2.1.	Zona inundable del río Ebro	9	4.5.1.	Estudio de las obras de drenaje transversal existentes
3.2.2.	Zona inundable del río Huerva	9	4.5.2.	Cálculo de las nuevas obras de drenaje transversal

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1. Precipitación media mensual3

Figura 2-2. Diario de precipitaciones4

Figura 2-3. Temperatura media mensual4

Figura 2-4. Temperatura media mensual de las máximas.....4

Figura 2-5. Temperatura media mensual de las mínimas5

Figura 2-6. Oscilación de temperaturas máximas y mínimas5

Figura 2-7. Clasificación-Köppen según Aemet.....6

Figura 2-8. Clasificación de Papadakis7

Figura 3-1. Área de inundación del río Ebro9

Figura 3-2. Área de inundación del río Huerva.....9

Figura 3-3. Plano Hoja 4-2 mapas “Máximas lluvias en la España Peninsular”.....10

Figura 3-4. Valores Coeficiente variación y Valor medio de precipitación diaria anual...11

Figura 3-5. Índice de torrencialidad (Figura 2.4.- Norma 5.2-IC Drenaje).....13

Figura 3-6. Mapa de grupos hidrológicos de suelo (Figura 2.7.-5.2-IC Drenaje)15

Figura 3-7. Diagrama de textura en suelos (Figura 2.8.-5.2-IC Drenaje).....15

Figura 3-8. Regiones para la caracterización del coeficiente corrector del umbral de
escorrentía (Figura 2.9.-5.2-IC Drenaje).....16

Figura 4-1. Curva de caudales para control de entrada en tubos.....22

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1. Localización estaciones meteorológicas.....3

Tabla 2-2. Promedio de precipitaciones.....3

Tabla 2-3. Promedio de temperaturas4

Tabla 2-4. Promedio de temperaturas5

Tabla 2-5. Clasificación de Lang.....5

Tabla 2-6. Clasificación de Martonne6

Tabla 2-7. Clasificación de Dantin-Revenge.....6

Tabla 3-1. Valores factor de ampliación Yt11

Tabla 3-2. Valores precipitación diaria máxima11

Tabla 3-3. Valor inicial del umbral de escorrentía (Tabla 2.3.- 5.2-IC Drenaje)14

Tabla 3-4. Grupos hidrológicos de suelo (Tabla 2.4.- 5.2-IC Drenaje).....15

Tabla 3-5. Coeficiente corrector del umbral de escorrentía (Tabla 2.5.- 5.2-IC Drenaje)16

Tabla 3-6. Caudales aportados por las cuencas vertientes de las ODT del proyecto.....18

Tabla 4-1. Inventariado y actuaciones en las obras de drenaje transversal existentes ..20

Tabla 4-2. Comprobación hidráulica ODT PK 8+395 del Tramo 3 Bifurcación Teruel- La
Cartuja22

APÉNDICES

Apéndice 1.- Planos

Plano Estaciones meteorológicas

Plano Cuencas vertientes

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL ESTUDIO

1.1. Introducción

El objeto del presente Anejo de Hidrología y Drenaje comprende la caracterización climática e hidrológica de la zona de actuación del estudio de Conexión en ancho estándar de la línea Zaragoza-Canfranc-Pau con la plataforma logística Zaragoza Plaza, y la definición del sistema de drenaje a disponer en las alternativas propuestas en el estudio informativo.

El estudio climatológico se orientará a la definición de los principales datos climáticos de la zona con el fin de caracterizar el clima en el área de estudio. Para ello se han empleado los datos recogidos en las estaciones meteorológicas más cercanas a las zonas del proyecto, publicados por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

El estudio hidrológico tendrá como fin el análisis del régimen de precipitaciones y del resto de características hidrológicas de la zona de estudio y las cuencas afectadas por la traza, con el fin de poder determinar los caudales generados por éstas y dimensionar correctamente las obras de drenaje necesarias. Para realizar este estudio se ha empleado la Norma 5.2 IC drenaje superficial aprobada mediante la Orden FOM/298/2016 de 15 de febrero, con sus modificaciones posteriores.

La definición del sistema de drenaje consistirá en describir la red de evacuación de aguas de escorrentía y filtraciones a ejecutar en las alternativas planteadas en el estudio informativo.

1.2. Descripción de alternativas

Las alternativas planteadas y analizadas en la Fase II del Estudio Informativo se corresponden con alternativas funcionales. De acuerdo con ello se plantean las dos siguientes:

- Alternativa A. Duplicación de vía en ancho estándar y renovación de vía en ancho mixto en los tramos en donde ya exista vía doble de ancho ibérico.
- Alternativa B. Duplicación y renovación de vía con ancho mixto.

A continuación, se describen de manera pormenorizada las dos alternativas comentadas.

1.2.1. Alternativa A. Duplicación de vía con ancho estándar

Consiste en la disposición de una nueva vía de ancho estándar de manera continua entre Zaragoza-Plaza y el Nudo de Miraflores.

Para ello y a lo largo de los diferentes tramos, se combinan una serie de actuaciones como cambiar la vía de ancho ibérico a ancho mixto en aquellos trayectos en los que ya se dispone de vía doble de ancho ibérico o de duplicaciones de plataforma con vía en ancho estándar en los tramos en donde existe actualmente vía única.

Esta alternativa permite separar totalmente los tráficos de mercancías en ancho estándar de los que circulan en ancho ibérico en los trayectos en los que se produce la duplicación. La longitud total de la actuación es de unos 21,3 kilómetros aproximadamente.

La actuación a desarrollar en cada uno de los tramos objeto del Estudio para esta Alternativa A se describen a continuación:

- Tramo 1 Zaragoza Plaza-Bifurcación Teruel: al ya existir vía doble en ancho ibérico en este tramo, se plantea únicamente la renovación y cambio de ancho en vía mixta de la vía situada más al Norte.

La longitud total de esta renovación de vía es de 6,8 km.

- Tramo 2 Bifurcación Teruel: no se desarrolla ninguna actuación en el presente Estudio Informativo y las mismas se llevarán a cabo en otros estudios.
- Tramo 3 Bifurcación Teruel-Estación La Cartuja: en este tramo existe únicamente una vía en ancho ibérico, por lo que se duplica la misma con vía en ancho estándar a lo largo de todo el tramo.

La duplicación se realiza de manera paralela por su lado Norte y tiene una longitud total de 8,8 km.

En la parte final previa a la Cartuja, además de la duplicación, también será necesario realizar una modificación del trazado existente a lo largo de 0,7 km para permitir incorporar los aparatos de cambio necesarios en la estación de La Cartuja.

- Tramo 4 Estación La Cartuja: en la estación de La Cartuja se mantienen todas las vías existentes, pero mejorando su configuración para favorecer la explotación y versatilidad entre trenes que usan diversos anchos de vía.

Para ello, se plantean las renovaciones de las vías de apartado situadas al Sur, la sustitución y aparición de nuevos aparatos de cambio y la renovación de las 3 vías principales, pasando a ser de ancho mixto en lugar de ibérico como actualmente.

La longitud total aproximada de la estación es de 0,8 km.

- Tramo 4 Estación La Cartuja-Nudo Miraflores: en este tramo existe sólo una vía en ancho ibérico y por tanto se plantea la duplicación de la misma en ancho estándar de manera paralela por su lado Norte.

En la parte final del Nudo de Miraflores se plantea únicamente la renovación y cambio de ancho a vía mixta de la vía existente.

La longitud total de la duplicación es de 3,5 km y la de la renovación de vía en la parte final es de 1,4 km.

1.2.2. Alternativa B. Duplicación de vía con ancho mixto

Consiste en la disposición de una nueva vía de ancho mixto de manera continua entre Zaragoza-Plaza y el Nudo de Miraflores.

Para ello y a lo largo de los diferentes tramos, se combinan una serie de actuaciones como cambiar la vía de ancho ibérico a ancho mixto en aquellos trayectos en los que ya se dispone de vía doble de ancho ibérico o de duplicaciones de plataforma con vía en ancho mixto en los tramos en donde existe actualmente vía única.

Esta alternativa permite que los tráficos de mercancías en ancho estándar o en ancho ibérico puedan circular de manera continua a lo largo de todos los tramos entre Plaza y el nudo de Miraflores. La longitud total de la actuación es de unos 21,3 kilómetros.

La actuación a desarrollar en cada uno de los tramos objeto del Estudio para esta Alternativa B se describen a continuación:

- Tramo 1 Zaragoza Plaza-Bifurcación Teruel: al ya existir vía doble en ancho ibérico en este tramo, se plantea únicamente la renovación y cambio de ancho en vía mixta de la vía situada más al Norte.

La longitud total de esta renovación de vía es de 6,8 km.

- Tramo 2 Bifurcación Teruel: no se desarrolla ninguna actuación en el presente Estudio Informativo y las mismas se llevarán a cabo en otros estudios.

- Tramo 3 Bifurcación Teruel-Estación La Cartuja: en este tramo existe únicamente una vía en ancho ibérico, por lo que se duplica la misma con vía en ancho mixto a lo largo de todo el tramo.

La duplicación se realiza de manera paralela por su lado Norte y tiene una longitud total de 8,8 km.

En la parte final previa a la Cartuja, además de la duplicación, también será necesario realizar una modificación del trazado existente a lo largo de 0,7 km para permitir incorporar los aparatos de cambio necesarios en la estación de La Cartuja.

- Tramo 4 Estación La Cartuja: en la estación de La Cartuja se mantienen todas las vías existentes, pero mejorando su configuración para favorecer la explotación y versatilidad entre trenes que usan diversos anchos de vía.

Para ello, se plantean las renovaciones de las vías de apartado situadas al Sur, la sustitución y aparición de nuevos aparatos de cambio y la renovación de las 3 vías principales, pasando a ser de ancho mixto en lugar de ibérico como actualmente.

La longitud total aproximada de la estación es de 0,8 km.

- Tramo 4 Estación La Cartuja-Nudo Miraflores: en este tramo existe sólo una vía en ancho ibérico y por tanto se plantea la duplicación de la misma en ancho mixto de manera paralela por su lado Norte.

En la parte final del Nudo de Miraflores se plantea únicamente la renovación y cambio de ancho a vía mixta de la vía existente.

La longitud total de la duplicación es de 3,5 km y la de la renovación de vía en la parte final es de 1,4 km.

2. CLIMATOLOGÍA

2.1. Introducción

En este apartado se define la climatología del tramo de estudio, a partir de la información publicada por AEMET, con el fin de definir las características del clima en la zona del proyecto que puedan tener relevancia en el diseño de las obras y en su ejecución posterior.

2.2. Datos de partida

Para realizar el estudio climatológico se parte de la información publicada por AEMET de estaciones meteorológicas próximas al área del proyecto. La localización de las estaciones se resume en la **Tabla 2-1** y en el Apéndice 1.-Planos se representa su ubicación respecto del proyecto.

Tabla 2-1. Localización estaciones meteorológicas

INDICATIVO	NOMBRE	MUNICIPIO	ALTITUD	LATITUD	LONGITUD
9434	Zaragoza Aeropuerto	Zaragoza	249	41°39'38''N	1°0'15''O

2.3. Pluviometría

La precipitación comprende toda el agua que cae procedente de las nubes, cualquiera que sea su forma, lluvia, nieve, granizos, etc. En la **Tabla 2-2** se resumen las mediciones medias obtenidas referentes a precipitación.

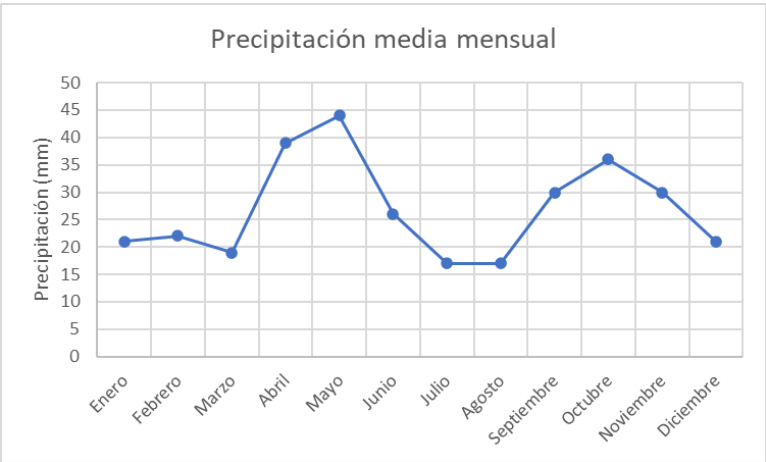
Tabla 2-2. Promedio de precipitaciones

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación mensual/anual media (mm)	21	22	19	39	44	26	17	17	30	36	30	21
Humedad relativa media (%)	75	67	59	57	54	49	47	51	57	67	73	76
Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm	4	3,9	3,7	5,7	6,4	4	2,6	2,3	3,2	5,4	5,1	4,8
Número medio mensual/anual de días de nieve	0,7	0,4	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,5
Número medio mensual/anual de días de tormenta	0	0,1	0,3	1,4	4,1	3,9	3,8	3,7	2,8	1	0,1	0,1
Número medio mensual/anual de días de niebla	6,5	2,9	0,4	0,2	0,3	0,1	0	0	0,2	1	3,9	7,1
Número medio mensual/anual de días de helada	7,6	5,2	1,4	0,1	0	0	0	0	0	0	1,9	6,5
Número medio mensual/anual de días despejados	4,6	5,1	6,7	4,6	4,5	8,2	14,6	10,9	8	5,4	4	4,3

2.3.1. Precipitación media mensual

En la **Figura 2-1** se observa que en los meses de primavera y otoño existe un aumento de precipitación respecto al resto de meses, obteniéndose una precipitación media máxima de 44 mm en mayo. Durante invierno y verano la precipitación media se mantiene entorno a los 20 mm.

Figura 2-1. Precipitación media mensual



2.3.2. Diario de precipitaciones

El diario de precipitaciones está constituido por las siguientes variables: Nº de días de lluvia, nieve, tormenta, niebla y de helada.

De la **Tabla 2-2** y de la **Figura 2-2**, se extraen las siguientes conclusiones:

- Se registra una media de 51 días al año de lluvias, siendo verano la época del año con menos días de precipitación.
- Los días de tormenta van aumentando en primavera hasta mantenerse en verano con una media de 4 días de tormenta.
- En la zona del proyecto la precipitación en forma de nieve es excepcional y los días de niebla y heladas se producen entre los meses de noviembre y marzo, con una media máxima de unos 7 días en los meses de enero y diciembre.

Figura 2-2. Diario de precipitaciones

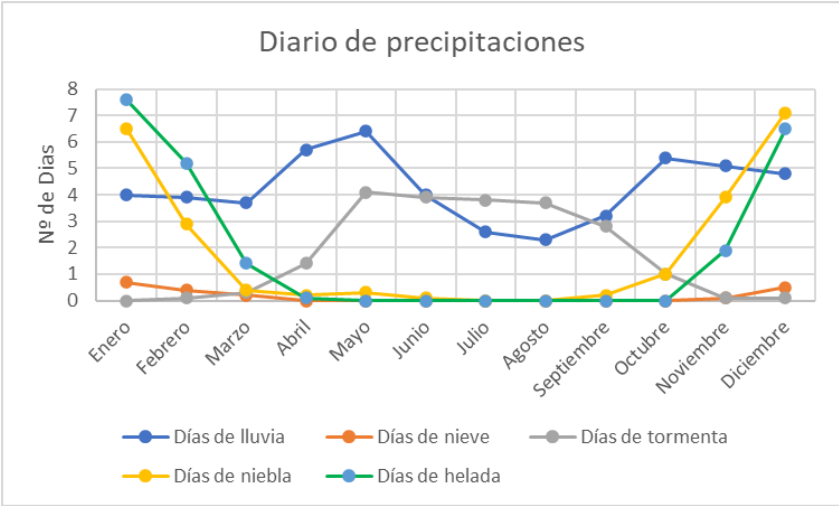
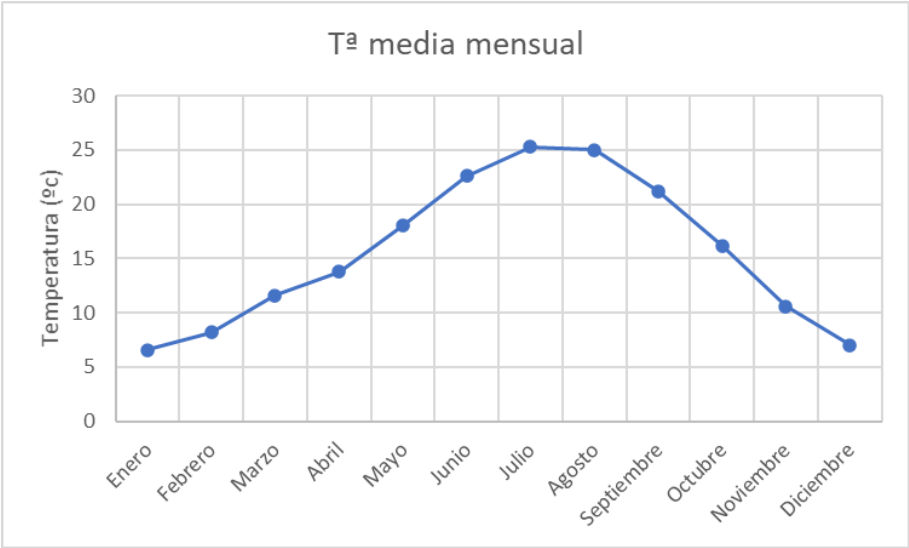


Figura 2-3. Temperatura media mensual



2.4. Termometría

En los siguientes apartados se caracteriza la temperatura del área del proyecto de manera que en la **Tabla 2-3** se recogen los datos medios en este concepto

Tabla 2-3. Promedio de temperaturas

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatura media mensual/anual (°C)	6,6	8,2	11,6	13,8	18	22,6	25,3	25	21,2	16,2	10,6	7
Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)	10,5	13,1	17,3	19,6	24,1	29,3	32,4	31,7	27,1	21,4	14,8	10,8
Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)	2,7	3,3	5,8	7,9	11,8	15,8	18,3	18,3	15,2	11	6,3	3,2
Oscilación de temperaturas máximas y mínimas (°C)	7,80	9,80	11,50	11,70	12,30	13,50	14,10	13,40	11,90	10,40	8,50	7,60

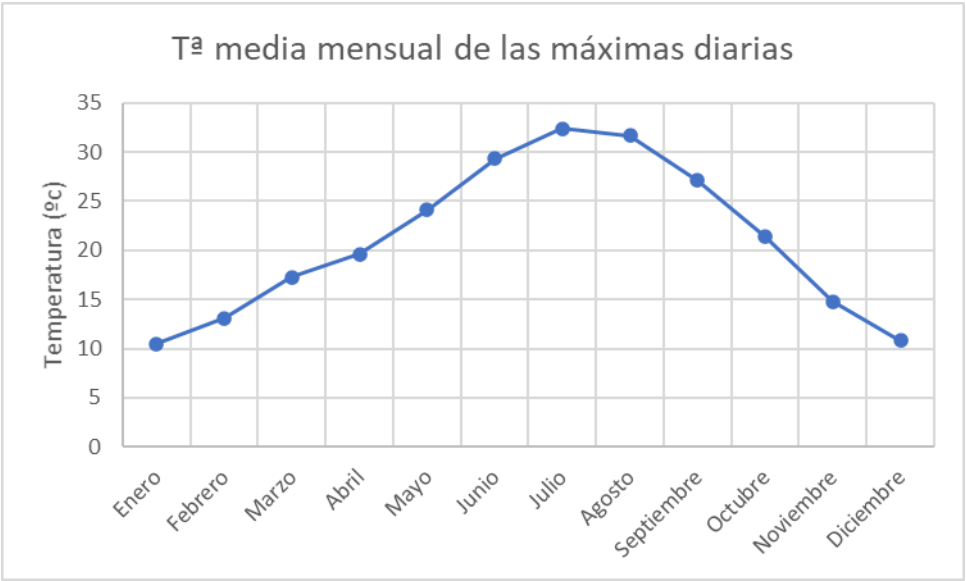
2.4.1. Temperatura media mensual

En la **Figura 2-3**, se observa que las mayores temperaturas se registran en los meses de verano, alcanzando una media de 25°C, y los meses de invierno son los más fríos con una media mensual que están ligeramente por encima de los 5°C. Por lo tanto, se puede decir que los inviernos son fríos y los veranos calurosos.

2.4.2. Temperatura media mensual de las máximas

Según la **Figura 2-4** la máxima temperatura media en verano es de 32 °C, y en invierno ligeramente superior a 10 °C.

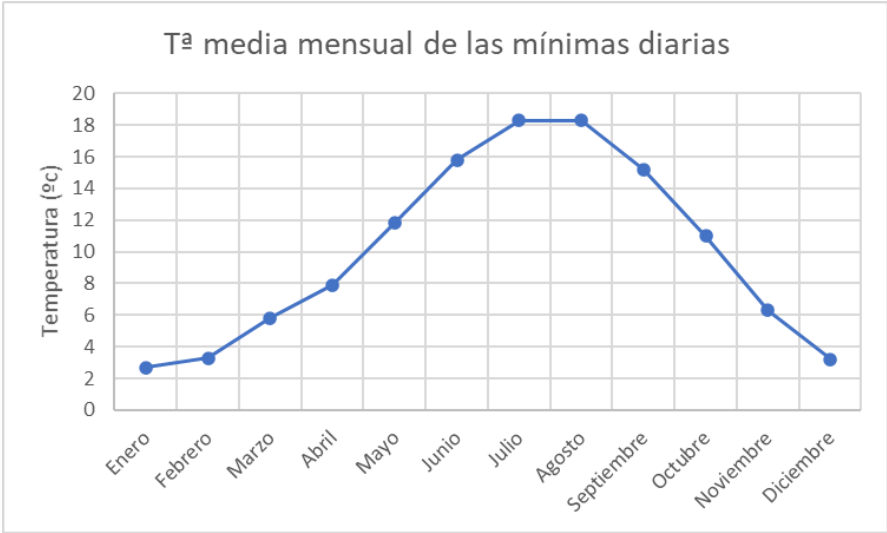
Figura 2-4. Temperatura media mensual de las máximas



2.4.3. Temperatura media mensual de las mínimas

De la **Figura 2-5**, se determina que la temperatura media mínima en verano es de 18 °C y en invierno 3 °C.

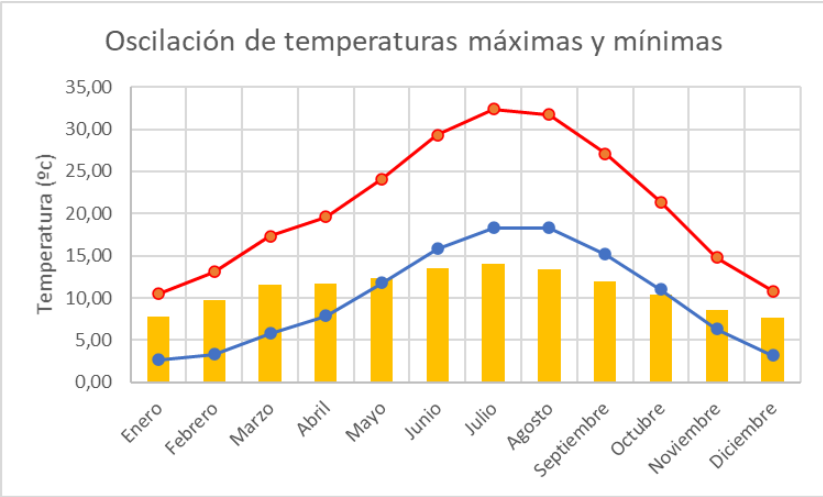
Figura 2-5. Temperatura media mensual de las mínimas



2.4.4. Oscilación de temperaturas máximas y mínimas

La oscilación de temperatura que se produce entre el día y la noche varía de 7 grados en invierno a 14 grados en verano, como se puede ver en la **Figura 2-6**.

Figura 2-6. Oscilación de temperaturas máximas y mínimas



2.5. Índices climáticos

Combinando caracteres básicos del clima: temperatura, precipitación, etc., se obtienen los índices climáticos. Se han evaluado los siguientes índices:

- Factor pluviométrico de Lang.
- Índice de aridez de Martonne.
- Índice termopluviométrico de Dantin-Revenga.
- Régimen pluviométrico de Köppen.
- Clasificación climática de Papadakis.

Para determinar los índices anteriormente mencionados se parte de los siguientes datos de precipitación y temperatura:

Tabla 2-4. Promedio de temperaturas

Precipitación media anual (mm)	322
Temperatura media anual (°C)	15,51
Temperatura media mes más frio (°C)	2,7
Temperatura media mes más cálido (°C)	32,4

2.5.1. Factor pluviométrico de Lang

El índice de Lang se determina por la expresión:

$f_p = \frac{P}{t}$ donde:

P = precipitación media anual en mm

t = temperatura media anual en ° C

Tabla 2-5. Clasificación de Lang

Zonas climáticas de Lang	
I _L	Zonas climáticas
0 ≤ I _L < 20	Desiertos
20 ≤ I _L < 40	Zona árida
40 ≤ I _L < 60	Zona húmeda de estepa y sabana
60 ≤ I _L < 100	Zona húmeda de bosques ralos
100 ≤ I _L < 160	Zona húmeda de bosques densos
I _L ≥ 160	Zona hiperhúmeda de prados y tundras

En el caso del proyecto $F_p=322/15,51 = 20,76$, resultando una zona árida.

2.5.2. Índice de aridez de Martonne

El índice de Martonne se determina por la expresión:

$$I = \frac{P}{(t + 10)}$$
 donde:

P = precipitación media anual en mm

t = temperatura media anual en ° C

Tabla 2-6. Clasificación de Martonne

Zonas climáticas de Martonne	
I _L	Zonas climáticas
0 ≤ I _M < 5	Desiertos
5 ≤ I _M < 10	Semidesierto
10 ≤ I _M < 20	Estepas y países secos mediterráneos
20 ≤ I _M < 30	Regiones del olivo y de los cereales
30 ≤ I _M < 40	Regiones subhúmedas de prados y bosques
I _M ≥ 40	Zonas húmedas a muy húmedas

En el caso del proyecto $F_p=322/(15.51+10) = 12,62$ resultando una estepa y países secos mediterráneo.

2.5.3. Índice termopluviométrico de Dantin-Revenge

Se utiliza generalmente para elaborar isolíneas isóxeras (líneas que unen puntos con igual valor del índice termopluviométrico) y pone de manifiesto la aridez del medio.

$$I = 100 \times \left(\frac{t}{P} \right)$$
 donde:

P = precipitación media anual en mm

t = temperatura media anual en ° C

Tabla 2-7. Clasificación de Dantin-Revenge

Valor Índice Dantin-Revenge	Tipo de zona
0-2	Zonas húmedas
2-3	Zonas semiáridas
3-6	Zonas áridas
Mayor de 6	Zonas subdesérticas

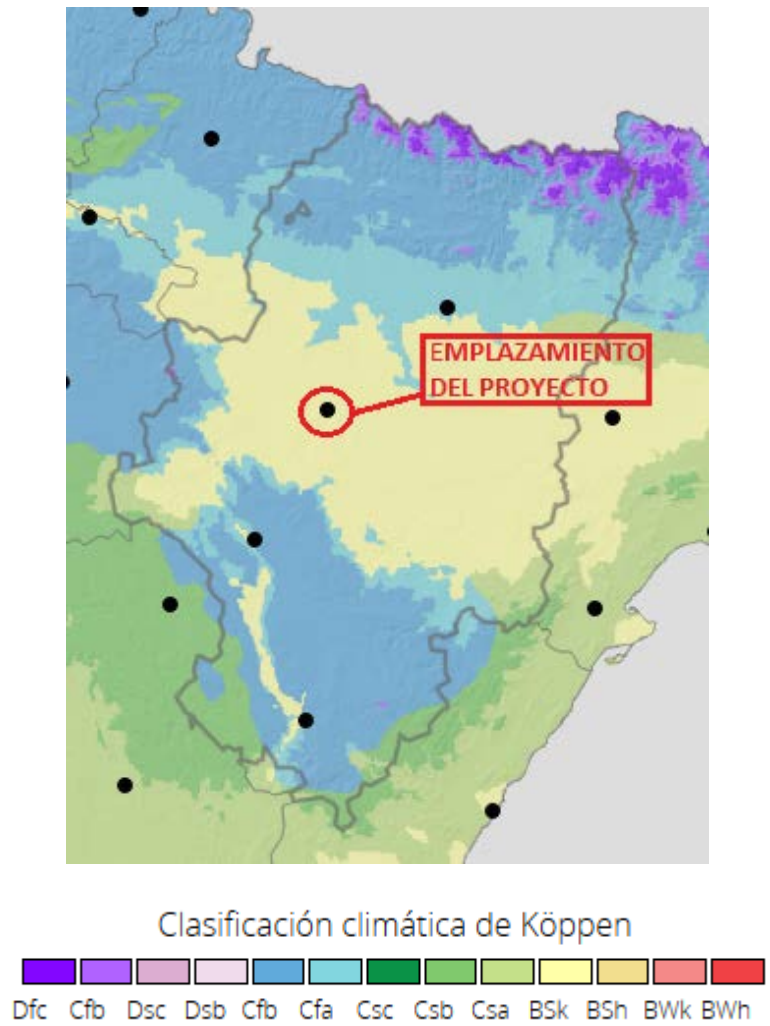
En el caso del proyecto $I=100*(15,51/322) = 4,82$, resultando una zona árida.

2.5.4. Régimen pluviométrico de Köppen

La clasificación climática de Köppen se ha obtenido de los valores climáticos normales proporcionados por la Agencia Estatal de Meteorología, Aemet, en la página web siguiente:

<http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/valoresclimatologicos>

Figura 2-7. Clasificación-Köppen según Aemet



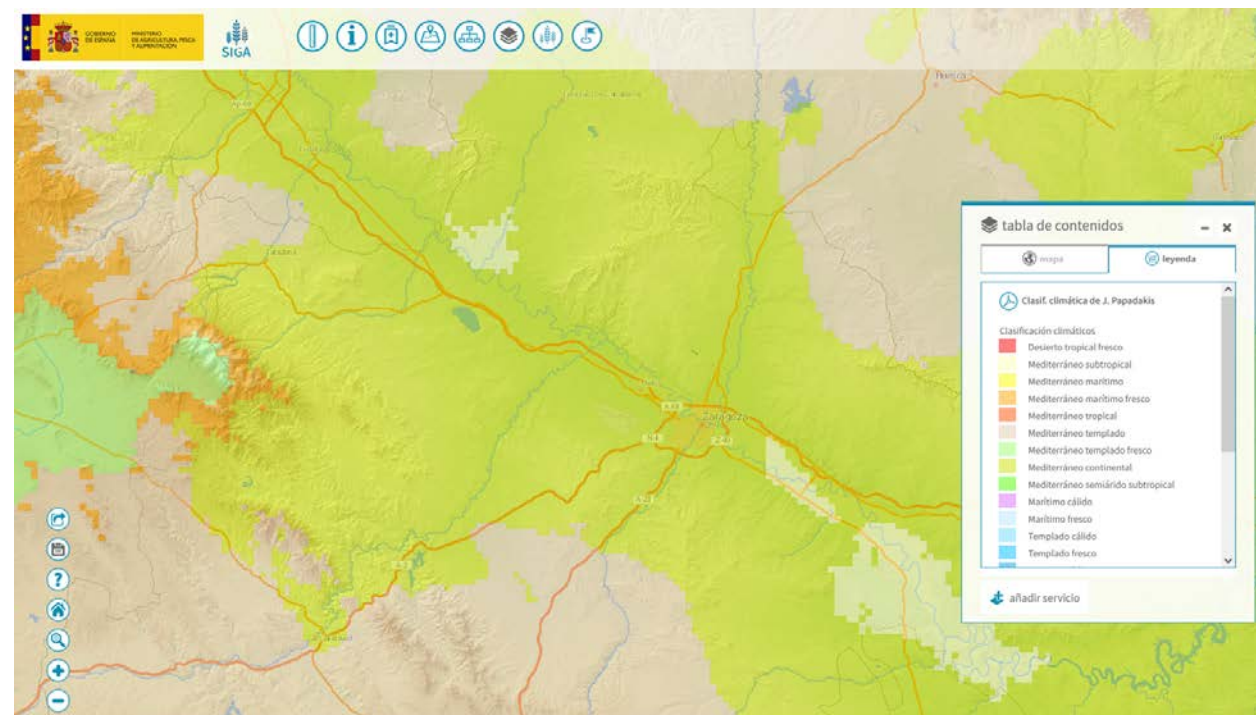
De la leyenda de la **Figura 2-7** se obtiene que para el proyecto la clasificación de Köpper corresponde a BSk, caracterizados por:

- Clima Estepario frío
- Tª media anual está por debajo de los 18°C
- Precipitación anual escasa

2.5.5. Clasificación climática de Papadakis

Según la clasificación de Papadakis el entorno del proyecto se emplaza en un clima mediterráneo continental. Este dato se ha obtenido del Sistema de Información Geográfica de Datos Agrarios (SIGA), en el mapa gis de la siguiente dirección web: <https://sig.mapama.gob.es/siga/>

Figura 2-8. Clasificación de Papadakis



3. HIDROLOGÍA

3.1. Introducción

El objetivo de este apartado es la obtención de los caudales de diseño aportados en las cuencas interceptadas para las distintas alternativas estudiadas.

La naturaleza de ampliación de plataforma de esta actuación, además de la presencia de la LAV en paralelo al trazado en un gran tramo, hace que la hidrología superficial en la zona esté fuertemente canalizada.

El actual corredor ferroviario de mercancías es cruzado por una serie de obras de drenaje que han sido inventariadas en el "Anejo 1. Antecedentes. Estado actual", que forman junto con la LAV una red de drenaje que funciona y evacúa los caudales de escorrentía.

Las alternativas A y B plantean la construcción de una vía adicional paralela a la existente, y entre ellas se diferencian únicamente en el tipo de ancho de vía a disponer, de manera que en los trayectos en los que se duplica la vía, será necesaria la construcción de la infraestructura necesaria para disponer la nueva vía, con la correspondiente ampliación de la plataforma existente.

Es decir, a lo largo de todo el trazado planteado, las actuaciones que incluye este Estudio Informativo consisten en una renovación de vía o en una ampliación de plataforma aguas abajo del corredor ferroviario actual, en el que se enmarca tanto la LAV Madrid-Barcelona como la vía de ancho ibérico existente.

Además, en una gran parte del trazado, la actuación se sitúa aguas abajo de una zona fuertemente antropizada y canalizada, en la que la LAV ejerce como primera barrera o canalización al agua, y la sección bajo la plataforma de ancho ibérico existente únicamente da continuidad a una escorrentía ya encauzada.

En el resto de zonas en las que la actuación se limita a renovar la vía existente sin afección a la plataforma, no se realiza ninguna afección a la red de drenaje que justifique actuaciones sobre la misma.

Por lo tanto, a efectos de dimensionamiento o comprobación hidráulica, únicamente se ha considerado la nueva obra de drenaje que se sitúa en un tramo en variante fuera del corredor ferroviario actual.

Esta nueva obra de drenaje transversal se sitúa en el PK 8+395 del tramo 3, Bifurcación Teruel-La Cartuja. Es necesario disponer la misma al separarse el nuevo trazado del antiguo en esta zona. Para ello, se va a aplicar el método racional de la norma "5.2- IC Drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras".

Este método supone la generación de escorrentía en una determinada cuenca a partir de una intensidad de precipitación uniforme en el tiempo, sobre toda su superficie.

La zona de actuación se encuentra en las cercanías del río Ebro y la plataforma ferroviaria cruza el río Huerva, por lo que se ha analizado la afección de estos ríos en el proyecto.

3.2. Análisis de zonas inundables

Se ha comprobado si la plataforma ferroviaria se ve afectada por la zona inundable del río Ebro y del río Huerva, tomando como referencia los mapas GIS proporcionados por el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables en la web <https://sig.mapama.gob.es/snczi/>.

3.2.1. Zona inundable del río Ebro

Tal como se observa en la **Figura 3-1** al final del trazado, en el ramal norte, la llanura de inundación del río Ebro para la avenida de 500 años alcanzaría a la plataforma ferroviaria. Según el contorno del área de inundación la plataforma ferroviaria actuaría como barrera, por lo que en todo este perímetro se considera proteger el talud de la plataforma por medio de escollera.

Del IGN se ha descargado un modelo digital del terreno de la zona y se ha medido la elevación de putos de la plataforma y del contorno de la llanura de inundación, obteniéndose una diferencia entre la cota de carril y la lámina de inundación de unos 1,50-2,00 m, por lo que en consecuencia no se afectaría a la capa de balasto. Esta peculiaridad habrá que analizarla con más detalle en el Proyecto Constructivo.

Figura 3-1. Área de inundación del río Ebro



3.2.2. Zona inundable del río Huerva

El cruce de la plataforma sobre el río Huerva se realiza por medio de un nuevo viaducto de similar al existente y paralelo a este con una longitud de unos 1.100m.

Esta estructura se construye principalmente para salvar el desnivel topográfico del terreno, además de para cruzar el río y otras infraestructuras en la zona. En el cruce del nuevo viaducto sobre el cauce del río, se espera una diferencia de cota superior a los 45 metros entre el ferrocarril y el río, por lo que no existe ningún riesgo de afección de la llanura de inundación a la plataforma ferroviaria. Será objeto del Proyecto Constructivo comprobar que el nuevo puente no afecta al régimen hídrico y se tendrá en cuenta la llanura de inundación para el diseño de los pilares y cimentaciones del viaducto. También se considerará el punto 5.2 Exigencias medioambientales de la NAP 1-2-0.3 en el que se indica lo siguiente:

- Los estribos se han de situar al exterior de la franja de servidumbre, siendo esta la franja de cinco metros de anchura en las márgenes destinada a uso público y regulado mediante el Reglamento de Dominio Público Hidráulico en vigor.
- Las pilas situadas dentro del cauce se situarán a una cierta distancia, cinco o diez metros, de la vegetación de ribera.

Figura 3-2. Área de inundación del río Huerva



3.3. Cálculo de caudales de pequeñas cuencas

3.3.1. Delimitación y características de las cuencas.

Como se ha comentado en la introducción, para las alternativas A y B, solamente se estudia la cuenca vertiente de la nueva obra de drenaje transversal a disponer en el PK 8+395, del tramo 3 Bifurcación Teruel-La Cartuja.

La limitación de las cuencas está representada en el plano de cuencas vertientes del Apéndice 1.

Una vez delimitada la cuenca de estudio, se procede a obtener su superficie y las características físicas del curso principal: superficie, longitud, cota máxima, cota mínima y pendiente. Con estos datos se calculará posteriormente el tiempo de concentración de la cuenca, que es el tiempo que tarda el agua en llegar desde el punto más alejado de la cuenca al punto de desagüe.

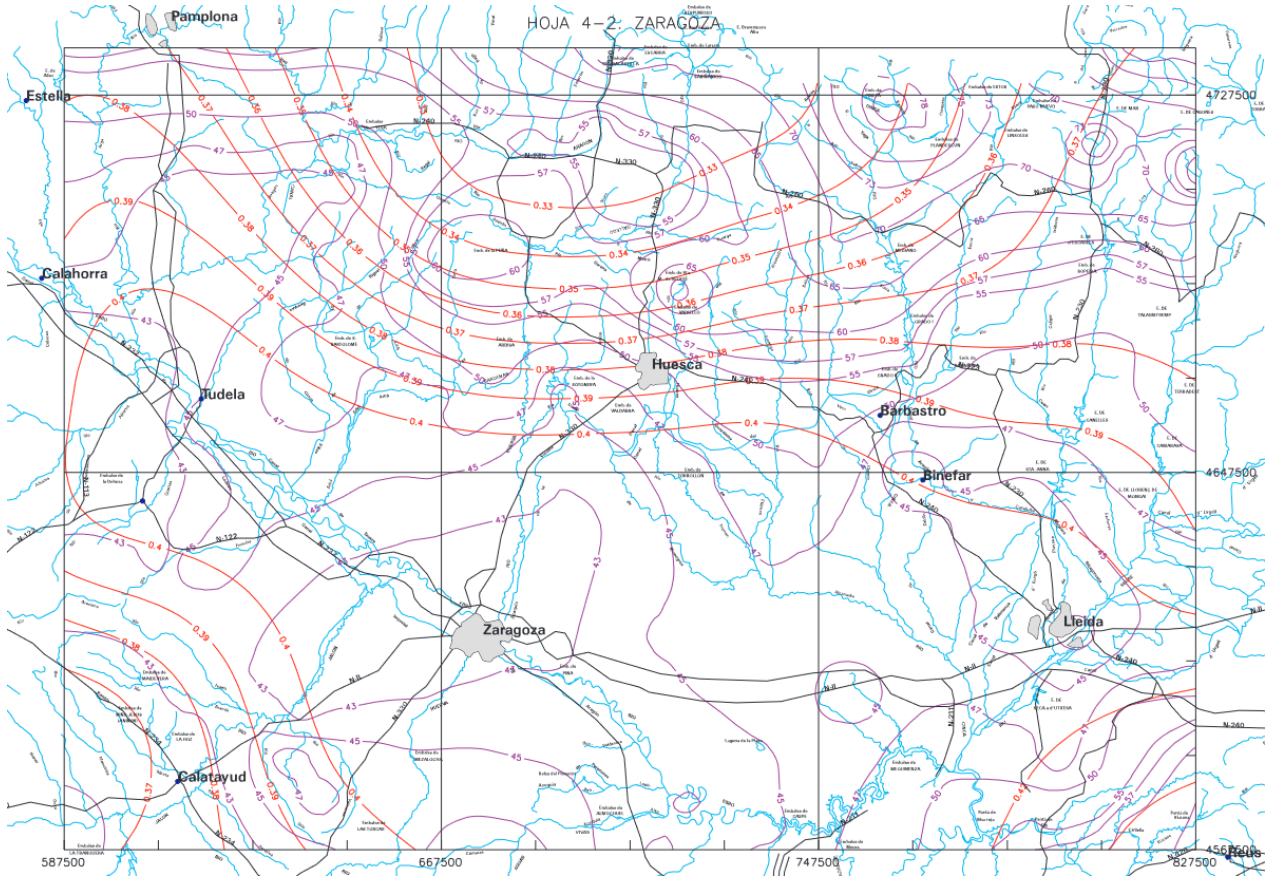
3.3.2. Precipitación diaria máxima

Para obtener la precipitación diaria máxima se sigue el proceso descrito en el documento “Máximas Lluvias diarias en la España Peninsular”, publicado por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento en 1999, y que consiste en:

- Localizar en planos el punto geográfico deseado.

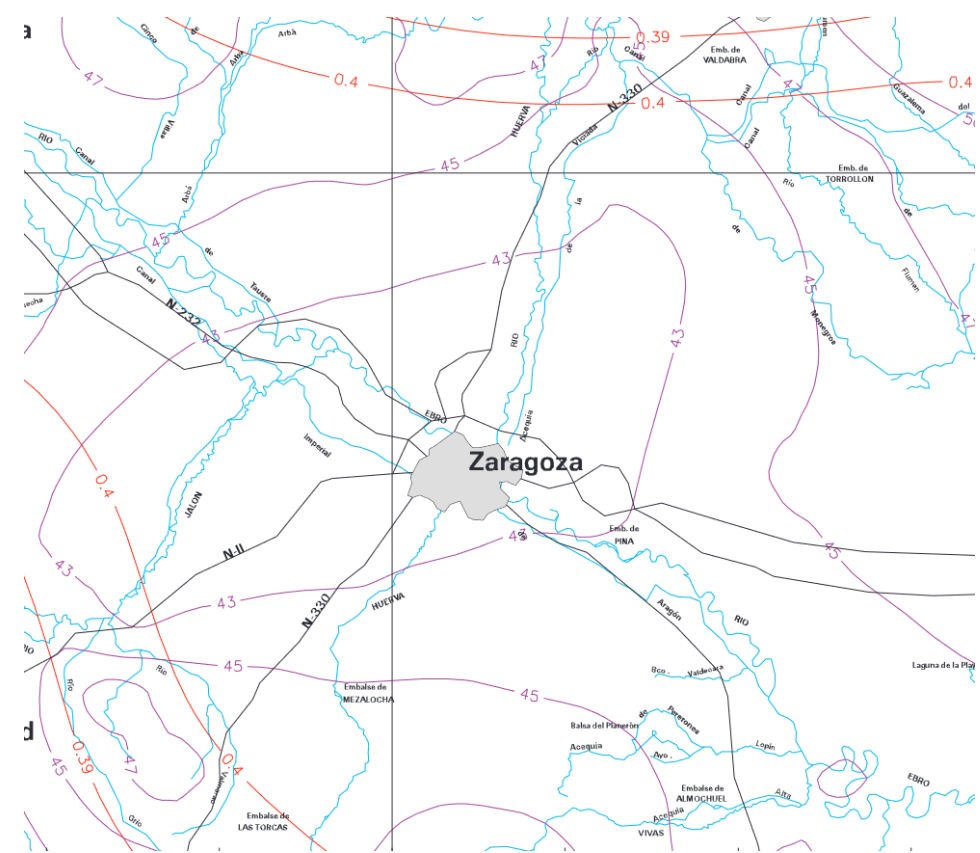
EL municipio de Zaragoza se encuentra en la Hoja 4-2. Zaragoza de los mapas adjuntos en el documento de referencia y donde se realiza la consulta del valor medio de la precipitación diaria anual P* y el coeficiente de variación Cv.

Figura 3-3. Plano Hoja 4-2 mapas “Máximas Lluvias en la España Peninsular”



Estimar mediante las isolíneas presentadas el coeficiente de variación Cv (líneas rojas con valores inferiores a la unidad) y el valor medio de la máxima precipitación diaria anual P* (líneas moradas).

Figura 3-4. Valores Coeficiente variación y Valor medio de precipitación diaria anual



De la Hoja 4-2 Zaragoza se obtiene los siguientes valores:

Coeficiente de variación, Cv, 0.40.

Valor medio de la precipitación diaria anual, P*, 45 mm/día.

- Para el periodo de retorno deseado T y el valor de Cv, obtener el factor de amplificación Yt mediante el uso de la tabla Yt.

De la tabla 7.1 del documento “Máximas lluvias diarias en la España Peninsular”, para un coeficiente de variación de 0.40 se obtienen los siguientes valores de ampliación Yt.

Tabla 3-1. Valores factor de ampliación Yt

CV	Periodo de retorno en años (T)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
0,40	0,909	1,247	1,492	1,839	2,113	2,403	2,708	3,128

- Realizar el producto del factor de amplificación Yt por el valor medio P* de la máxima precipitación diaria anual obteniendo la precipitación diaria máxima para el periodo de retorno deseado Pd.

Tabla 3-2. Valores precipitación diaria máxima

T (años)	2	5	10	25	50	100	200	500
Yt	0,909	1,247	1,492	1,839	2,113	2,403	2,708	3,128
P*(mm/día)	45	45	45	45	45	45	45	45
Pd(mm/día)	40,91	56,12	67,14	82,76	95,09	108,14	121,86	140,76

3.3.3. Método de cálculo de los caudales de diseño

Siguiendo el método racional, el caudal máximo anual Qt para cuencas homogéneas, correspondiente a un periodo de retorno T, se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$Qt = \frac{I(T,tc) * C * A * Kt}{3,6}$$

Siendo:

- Qt (m3/s): Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno T, en el punto de desagüe de la cuenca.
- I(T,tc) (mm/h): Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno considerado T, para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración tc, de la cuenca .
- C (adimensional): Coeficiente medio de escorrentía de la cuenca o superficie considerada.
- A (Km2): Área de la cuenca o superficie considerada.

- K_t (adimensional): Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.

3.3.4. Periodo de retorno T

Se define como periodo de retorno T al periodo de tiempo expresado en años, para el cual el caudal máximo anual tiene una probabilidad de ser excedido igual a $1/T$.

Tomando como referencia el apartado 1.3.2 de la normativa 5.2-IC “Drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras”, y la normativa de Adif NAP 1-2-0.3 “Climatología Hidrología y Drenaje”, se considera los siguientes periodos de retornos:

Para drenaje de plataforma y márgenes se considera $T=50$ años.

Para drenaje transversal se toma $T=300$ años.

3.3.5. Tiempo de concentración

Tiempo de concentración t_c , es el tiempo mínimo 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 formulación siguiente:

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

Donde:

- T_c (horas) Tiempo de concentración de la cuenca.
- L_c (Km) Longitud del cauce.
- J_c (adimensional) Pendiente media del cauce.

3.3.6. Intensidad de precipitación

La intensidad de precipitación $I(T, t)$ correspondiente a un período de retorno T, y a una duración del aguacero t, a emplear en la estimación de caudales por el método racional, se obtendrá por medio de la siguiente fórmula:

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

Donde:

$I(T, t)$ (mm/h) Intensidad de precipitación correspondiente a un periodo de retorno T y una duración de aguacero t.

I_d (mm/h) Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al periodo de retorno T.

F_{int} (adimensional) Factor de intensidad.

La intensidad de precipitación a considerar en el cálculo del caudal máximo anual para el periodo de retorno T, en el punto de desagüe de la cuenca, es el que corresponde a una duración del aguacero igual al tiempo de concentración ($t=t_c$) de dicha cuenca.

3.3.6.1. Intensidad media diaria de precipitación corregida

La intensidad media diaria de precipitación corregida (I_d) correspondiente al período de retorno T, se obtiene mediante la fórmula:

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

Siendo:

P_d (mm/h) Precipitación diaria máxima.

K_A (adimensional) Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca

3.3.6.1.1. Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca

El factor reductor de la precipitación por área de la cuenca K_A , tiene en cuenta la no simultaneidad de la lluvia en toda su superficie. Se obtiene a partir del área de la cuenca en Km^2 , mediante la siguiente formula:

Si $A < 1\text{km}^2$ $K_A = 1$

$$\text{Si } A \geq 1\text{km}^2 \quad K_A = 1 - \frac{\log_{10}(A)}{15}$$

3.3.6.2. Factor de intensidad

El factor de intensidad introduce la torrencialidad de la lluvia en el área de estudio y depende de la duración del aguacero (t) y el periodo de retorno (T).

Para determinar este factor se tomará el valor de los obtenidos de entre los que se indican a continuación:

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

Siendo:

F_{int} (adimensional) Factor de intensidad.

F_a (adimensional) Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad ($I1/Id$).

F_b (adimensional) Factor obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviógrafo próximo.

3.3.6.2.1. Factor F_a

Para obtener el factor F_a se aplica la fórmula siguiente:

$$F_a = (I1/Id)^{3,5287 - 2,5287 * t^{0,1}}$$

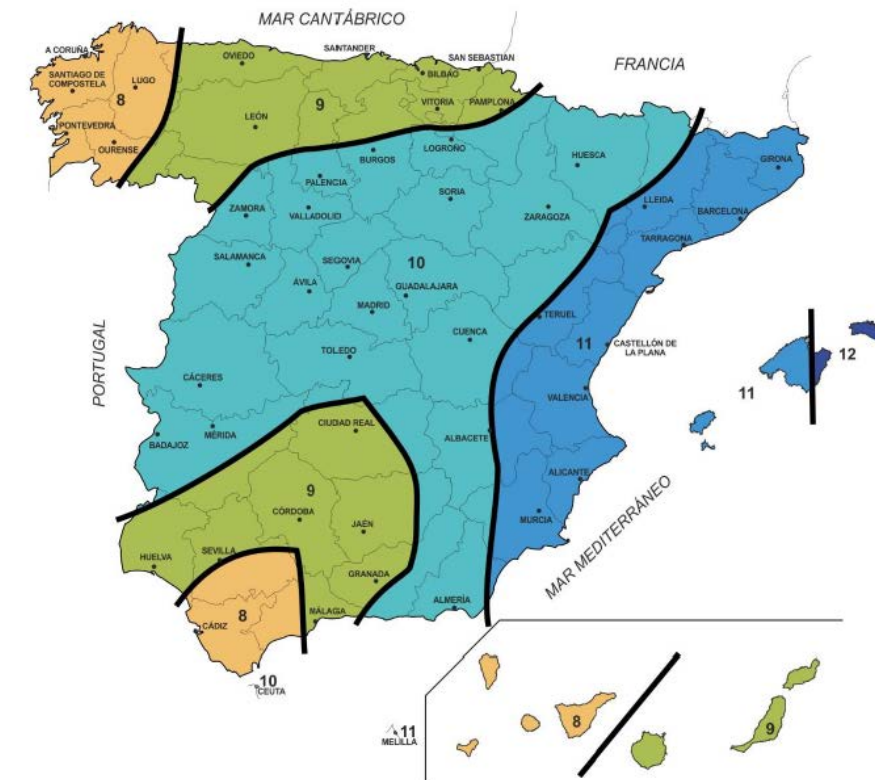
Donde:

$I1/Id$ (adimensional) Índice de torrencialidad que expresa la relación entre la intensidad de precipitación horaria y la media diaria corregida. Su valor se determina en función de la zona geográfica, a partir del mapa siguiente.

t (horas) Duración del aguacero, que se considera igual al tiempo de concentración.

Para la zona del proyecto, Zaragoza, le corresponde un $I1/Id$ de 10.

Figura 3-5. Índice de torrencialidad (Figura 2.4.- Norma 5.2-IC Drenaje)



3.3.6.2.2. Factor F_b

Para obtener el factor F_b se aplica la fórmula siguiente:

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

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

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

k_b (adimensional) Factor que tiene en cuenta la relación entre la intensidad máxima anual en periodo de 24h y la intensidad máxima anual diaria. En defecto de un cálculo específico se puede tomar k_b 1,13.

No se dispone de datos pluviográficos cercanos, por lo que se utilizará únicamente el valor de F_a .

3.3.7. Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía C, define la parte de la precipitación de intensidad I(T,tc) que genera el caudal de avenida en el punto de desagüe de la cuenca. El coeficiente de escorrentía se obtendrá mediante la siguiente formula:

Si Pd*K_A>P_o $C = \frac{(\frac{Pd \cdot K_A}{P_o} - 1)(\frac{Pd \cdot K_A}{P_o} + 23)}{(\frac{Pd \cdot K_A}{P_o} - 11)^2}$

Si Pd*K_A≤P_o C=0

Donde:

C(adimensional) Coeficiente de escorrentía.

Pd (mm) Precipitación diaria correspondiente al periodo de retorno T considerado.

K_A (Adimensional) Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca.

Po (mm) Umbral de escorrentía.

3.3.7.1. Umbral de escorrentía

El umbral de escorrentía Po representa la precipitación mínima que debe caer sobre la cuenca para que se inicie la generación de escorrentía. Se determinará mediante la siguiente fórmula:

$P_o = P_o^i \cdot \beta$

Donde

Po (mm) umbral de escorrentía.

Poⁱ (mm) Valor inicial del umbral de escorrentía.

β (adimensional) Coeficiente corrector del umbral de escorrentía.

3.3.7.2. Valor inicial umbral de escorrentía

El valor inicial del umbral de escorrentía Poⁱ se determinará a partir de la Tabla 2.3 de la Normativa 5.2-IC Drenaje.

Tabla 3-3. Valor inicial del umbral de escorrentía (Tabla 2.3.- 5.2-IC Drenaje)

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo				Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D					A	B	C	D
11100	Tejido urbano continuo			1	1	1	1	22110	Vñedos en secano		< 3	75	34	19	14
11200	Tejido urbano discontinuo			24	14	8	6	22120	Vñedos en regadio		≥ 3	62	28	15	10
11200	Urbanizaciones			24	14	8	6	22120	Vñedos en regadio		< 3	75	34	19	14
11210	Estructura urbana abierta			24	14	8	6	22200	Frutales y plantaciones de bayas		≥ 3	80	34	19	14
11220	Urbanizaciones exentas y/o ajardinadas			24	14	8	6	22200	Frutales y plantaciones de bayas		< 3	95	42	22	15
12100	Zonas industriales y comerciales			6	4	3	3	22210	Frutales en secano		≥ 3	62	28	15	10
12100	Granjas agrícolas			24	14	8	6	22210	Frutales en secano		< 3	75	34	19	14
12110	Zonas industriales			12	7	5	4	22220	Frutales en regadio		≥ 3	80	34	19	14
12120	Grandes superficies de equipamiento y servicios			6	4	3	3	22220	Frutales en regadio		< 3	95	42	22	15
12200	Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados			1	1	1	1	22221	Cítricos		≥ 3	80	34	19	14
12210	Autopistas, autovías y terrenos asociados			1	1	1	1	22221	Cítricos		< 3	95	42	22	15
12220	Complejos ferroviarios			12	7	5	4	22222	Frutales tropicales		≥ 3	80	34	19	14
12300	Zonas portuarias			1	1	1	1	22222	Frutales tropicales		< 3	95	42	22	15
12400	Aeropuertos			24	14	8	6	22223	Otros frutales en regadio		≥ 3	80	34	19	14
13100	Zonas de extracción minera			16	9	6	5	22223	Otros frutales en regadio		< 3	95	42	22	15
13200	Escombreras y vertederos			20	11	8	6	22300	Oliveras		≥ 3	62	28	15	10
13300	Zonas de construcción			24	14	8	6	22300	Oliveras		< 3	75	34	19	14
14100	Zonas verdes urbanas			53	23	14	10	22310	Oliveras en secano		≥ 3	62	28	15	10
14200	Instalaciones deportivas y recreativas			79	32	18	13	22310	Oliveras en secano		< 3	75	34	19	14
14210	Campos de golf			79	32	18	13	22320	Oliveras en regadio		≥ 3	62	28	15	10
14220	Resto de instalaciones deportivas y recreativas			53	23	14	10	22320	Oliveras en regadio		< 3	75	34	19	14
21100	Tierras de labor en secano (cerealles)	R	≥ 3	29	17	10	8	23100	Prados y praderas		≥ 3	70	33	18	13
21100	Tierras de labor en secano (cerealles)	N	≥ 3	32	19	12	10	23100	Prados y praderas		< 3	120	55	22	14
21100	Tierras de labor en secano (cerealles)	R/N	< 3	34	21	14	12	23100	Prados en tierras abandonadas		≥ 3	24	14	8	6
21100	Tierras de labor en secano (viveros)			0	0	0	0	23100	Prados en tierras abandonadas		< 3	58	25	12	7
21100	Tierras de labor en secano (hortalizas)	R	≥ 3	23	13	8	6	23100	Prados arbolados		≥ 3	70	33	18	13
21100	Tierras de labor en secano (hortalizas)	N	≥ 3	25	16	11	8	23100	Prados arbolados		< 3	120	55	22	14
21100	Tierras de labor en secano (hortalizas)	R/N	< 3	29	19	14	11	24110	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en secano		≥ 3	39	20	12	8
21100	Tierras abandonadas			≥ 3	16	10	7	24110	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en secano		< 3	66	29	15	10
21100	Tierras abandonadas			< 3	20	14	11	24120	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en regadio		≥ 3	75	33	18	14
21200	Terrenos regados permanentemente	R	≥ 3	37	20	12	9	24120	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en regadio		< 3	106	48	22	15
21200	Terrenos regados permanentemente	N	≥ 3	42	23	14	11	24211	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en secano	R	≥ 3	26	15	9	6
21200	Terrenos regados permanentemente	R/N	< 3	47	25	16	13	24211	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en secano	N	≥ 3	28	17	11	8
21210	Cultivos herbáceos en regadio	R	≥ 3	37	20	12	9	24211	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en secano	R/N	< 3	30	19	13	10
21210	Cultivos herbáceos en regadio	N	≥ 3	42	23	14	11	24212	Mosaico de cultivos permanentes en secano		≥ 3	62	28	15	10
21210	Cultivos herbáceos en regadio	R/N	< 3	47	25	16	13	24212	Mosaico de cultivos permanentes en secano		< 3	75	34	19	14
21220	Otras zonas de irrigación			0	0	0	0	24213	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en secano		≥ 3	39	20	12	8
21300	Arrozales			47	25	16	13	24213	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en secano		< 3	66	29	15	10
22100	Vñedos		≥ 3	62	28	15	10								
22100	Vñedos		< 3	75	34	19	14								
22110	Vñedos en secano		≥ 3	62	28	15	10								

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
24221	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en regadio	R	≥ 3	37	20	12	9
24221	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en regadio	N	≥ 3	42	23	14	11
24221	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en regadio	R/N	< 3	47	25	16	13
24222	Mosaico de cultivos permanentes en regadio		≥ 3	80	34	19	14
24222	Mosaico de cultivos permanentes en regadio		< 3	95	42	22	15
24223	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en regadio		≥ 3	75	33	18	14
24223	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en regadio		< 3	106	48	22	15
24230	Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadio	R	≥ 3	31	17	10	8
24230	Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadio	N	≥ 3	34	20	13	10
24230	Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadio	R/N	< 3	37	22	14	11
24310	Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	R	≥ 3	26	15	9	6
24310	Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	N	≥ 3	28	17	11	8
24310	Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	R/N	< 3	30	19	13	10
24320	Mosaico de cultivos agrícolas en regadio con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	R	≥ 3	37	20	12	9
24320	Mosaico de cultivos agrícolas en regadio con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	N	≥ 3	42	23	14	11
24320	Mosaico de cultivos agrícolas en regadio con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	R/N	< 3	47	25	16	13
24330	Mosaico de prados o praderas con espacios significativos de vegetación natural y seminatural		≥ 3	70	33	18	13
24330	Mosaico de prados o praderas con espacios significativos de vegetación natural y seminatural		< 3	120	55	22	14
24400	Sistemas agroforestales		≥ 3	53	23	14	9
24400	Sistemas agroforestales		< 3	80	35	17	10
24410	Pastizales, prados o praderas con arbolado adhehesado		≥ 3	53	23	14	9
24410	Pastizales, prados o praderas con arbolado adhehesado		< 3	80	35	17	10
24420	Cultivos agrícolas con arbolado adhehesado		≥ 3	53	23	14	9
24420	Cultivos agrícolas con arbolado adhehesado		< 3	80	35	17	10
31100	Frondosas			90	47	31	23
31110	Perennifolias			90	47	31	23
31120	Caducifolios y marcescentes			90	47	31	23
31130	Otras frondosas de plantación		≥ 3	79	34	19	14
31130	Otras frondosas de plantación		< 3	94	42	22	15
31140	Mezclas de frondosas			90	47	31	23

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
31150	Bosques de ribera			76	34	22	16
31160	Laurisilva macaronésica			90	47	31	23
31200	Bosques de coníferas			90	47	31	23
31210	Bosques de coníferas de hojas aciculares			90	47	31	23
31220	Bosques de coníferas de hojas tipo cupresáceo			90	47	31	23
31300	Bosque mixto			90	47	31	23
32100	Pastizales naturales		≥ 3	53	23	14	9
32100	Pastizales naturales		< 3	80	35	17	10
32100	Prados alpinos		≥ 3	70	33	18	13
32100	Prados alpinos		< 3	120	55	22	14
32100	Formaciones herbáceas de llanuras aluviales inundadas y llanuras costeras, tierras bajas		≥ 3	70	33	18	13
32100	Formaciones herbáceas de llanuras aluviales inundadas y llanuras costeras, tierras bajas		< 3	120	55	22	14
32110	Pastizales supraforestales		≥ 3	70	33	18	13
32110	Pastizales supraforestales		< 3	120	55	22	14
32111	Pastizales supraforestales templado-océnicos, pirenaicos y orocantábricos		≥ 3	70	33	18	13
32111	Pastizales supraforestales templado-océnicos, pirenaicos y orocantábricos		< 3	120	55	22	14
32122	Pastizales supraforestales mediterráneos		≥ 3	24	14	8	6
32122	Pastizales supraforestales mediterráneos		< 3	57	25	12	7
32121	Otros pastizales templado-océnicos		≥ 3	53	23	14	9
32121	Otros pastizales templado-océnicos		< 3	79	35	17	10
32122	Otros pastizales mediterráneos		≥ 3	24	14	8	6
32122	Otros pastizales mediterráneos		< 3	57	25	12	7
32200	Landas y matorrales mesófilas			76	34	22	16
32210	Landas y matorrales en climas húmedos. Vegetación mesófila			76	34	22	16
32220	Fayal brezal macaronésico			60	24	14	10
32300	Vegetación esclerófila			60	24	14	10
32311	Grandes formaciones de matorral denso o medianamente denso			75	34	22	16
32312	Matorrales subarborescentes o arbustivos muy poco densos			60	24	14	10
32320	Matorrales xerófilos macaronésicos			40	17	8	5
32400	Matorral boscoso de transición			75	34	22	16
32400	Claras de bosques			40	17	8	5
32400	Zonas empantanadas fijas o en transición			60	24	14	10
32410	Matorral boscoso de frondosas			75	34	22	16
32420	Matorral boscoso de coníferas			75	34	22	16
32430	Matorral boscoso de bosque mixto			75	34	22	16
33110	Playas y dunas			152	152	152	152
33120	Ranblas con poca o sin vegetación			15	8	6	4
33200	Rozgado			2	2	2	2
33210	Rocas desnudas con fuerte pendiente			2	2	2	2

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
33220	Afloramientos rocosos y canchales		≥ 3	2	2	2	2
33220	Afloramientos rocosos y canchales		< 3	4	4	4	4
33230	Coladas lávicas cuaternarias		≥ 3	3	3	3	3
33230	Coladas lávicas cuaternarias		< 3	5	5	5	5
33300	Espacios con vegetación escasa		≥ 3	24	14	8	6
33300	Espacios con vegetación escasa		< 3	58	25	12	7
33310	Xeroestepa subdesértica		≥ 3	24	14	8	6
33310	Xeroestepa subdesértica		< 3	58	25	12	7
33320	Cárcavas y/o zonas en proceso de erosión			15	8	6	4
33330	Espacios orófilos altitudinales con vegetación es- casa		≥ 3	24	14	8	6
33330	Espacios orófilos altitudinales con vegetación es- casa		< 3	58	25	12	7
33400	Zonas quemadas			15	8	6	4
33500	Glaciares y nieves permanentes			0	0	0	0
41100	Humedales y zonas pantanosas			2	2	2	2
41200	Turberas y prados turbosos			248	99	25	16
42100	Marismas			2	2	2	2
42200	Salinas			5	5	5	5
42300	Zonas llanas intermareales			0	0	0	0
51100	Cursos de agua			0	0	0	0
51110	Ríos y cauces naturales			0	0	0	0
51120	Canales artificiales			0	0	0	0
51210	Lagos y lagunas			0	0	0	0
51210	Lagos y lagunas (almacenamiento de agua)			0	0	0	0
51120	Embalses			0	0	0	0
51120	Embalses (almacenamiento de agua)			0	0	0	0
52100	Lagunas costeras			0	0	0	0
52200	Estuarios			0	0	0	0
52300	Mares y océanos			0	0	0	0

Notas:
La codificación de los tipos del suelo corresponde al proyecto europeo Corine Land Cover 2000
N: Denota cultivo según las curvas de nivel.
R: Denota cultivo según la línea de máxima pendiente.

La determinación de los grupos hidrológicos de suelo presentes en la cuenca se debe realizar a partir del mapa de la figura 2.7 de la 5.2-IC Drenaje. Cuando se disponga de información más detallada se puede justificar el cambio de grupo hidrológico según los criterios de la tabla 2.4 y figura 2.8 de la normativa 5.2-IC Drenaje.

Figura 3-6. Mapa de grupos hidrológicos de suelo (Figura 2.7.-5.2-IC Drenaje)

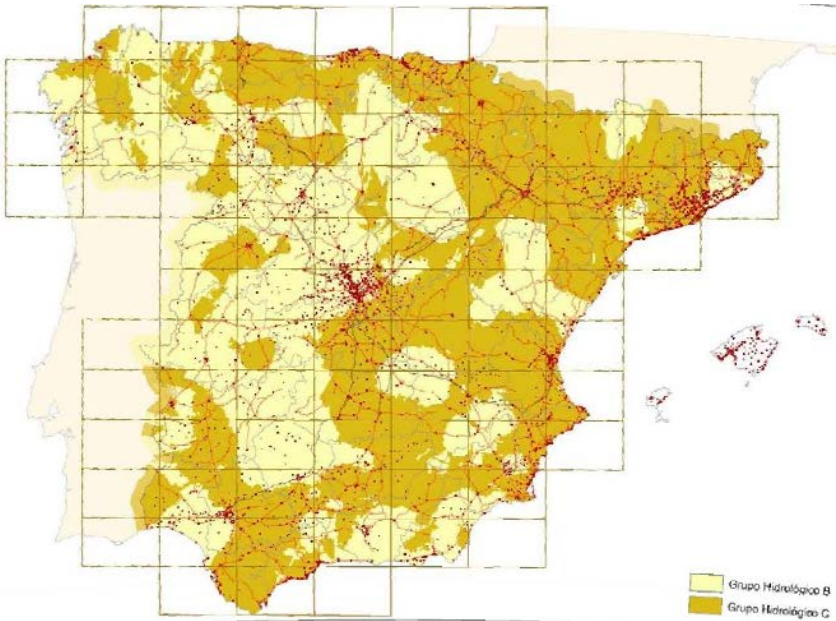
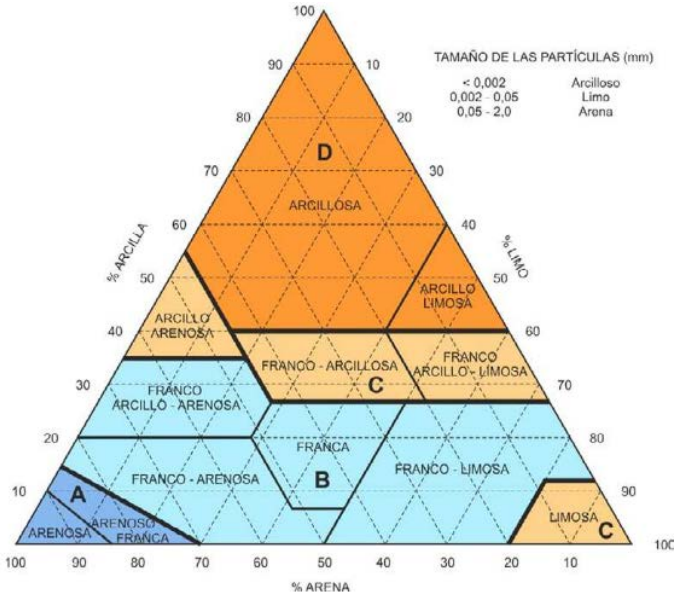


Tabla 3-4. Grupos hidrológicos de suelo (Tabla 2.4.- 5.2-IC Drenaje)

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

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

Figura 3-7. Diagrama de textura en suelos (Figura 2.8.-5.2-IC Drenaje)



3.3.7.3. Coeficiente corrector del umbral de escorrentía

La formulación del método racional requiere una calibración con datos reales de las cuencas, que se introduce en el método a través de un coeficiente corrector del umbral de escorrentía.

Al no disponer de información suficiente en la propia cuenca de cálculo o en cuencas próximas similares, para llevar a cabo la calibración, se toma el valor de coeficiente corrector a partir de los datos de la tabla 2.5, correspondientes a las regiones de la figura 2.9 de la normativa 5.2-IC Drenaje. Con estos valores el coeficiente corrector se calcula de la siguiente manera, según la obra de que en cada caso se trate:

Coeficiente corrector del umbral de escorrentía para drenaje de plataforma y márgenes, o drenaje transversal de vías auxiliares.

$$\beta^{PM} = \beta m * FT$$

Coeficiente corrector del umbral de escorrentía para drenaje transversal de la carretera.

$$\beta^{DT} = (\beta m - \Delta 50) * FT$$

Siendo:

βm (adimensional): Valor medio en la región, del coeficiente corrector del umbral de escorrentía según tabla 2.5 norma 5.2-IC Drenaje.

FT (adimensional): Factor en función del periodo de retorno según tabla 2.5 norma 5.2-IC Drenaje.

$\Delta 50$ (adimensional): Desviación respecto al valor medio con un intervalo de confianza del 50%, según tabla 2.5 norma 5.2-IC Drenaje.

Figura 3-8. Regiones para la caracterización del coeficiente corrector del umbral de escorrentía (Figura 2.9.-5.2-IC Drenaje)



La zona donde se ubica el proyecto, Zaragoza, corresponde a la región 92.

Tabla 3-5. Coeficiente corrector del umbral de escorrentía (Tabla 2.5.- 5.2-IC Drenaje)

Región	Valor medio, β_m	Desviación respecto al valor medio para el intervalo de confianza del			Periodo de retorno T (años), F_T				
		50% Δ_{50}	67% Δ_{67}	90% Δ_{90}	2	5	25	100	500
11	0,90	0,20	0,30	0,50	0,80	0,90	1,13	1,34	1,59
12	0,95	0,20	0,25	0,45	0,75	0,90	1,14	1,33	1,56
13	0,60	0,15	0,25	0,40	0,74	0,90	1,15	1,34	1,55
21	1,20	0,20	0,35	0,55	0,74	0,88	1,18	1,47	1,90
22	1,50	0,15	0,20	0,35	0,74	0,90	1,12	1,27	1,37
23	0,70	0,20	0,35	0,55	0,77	0,89	1,15	1,44	1,82
24	1,10	0,15	0,20	0,35	0,76	0,90	1,14	1,36	1,63
25	0,60	0,15	0,20	0,35	0,82	0,92	1,12	1,29	1,48
31	0,90	0,20	0,30	0,50	0,87	0,93	1,10	1,26	1,45
32	1,00	0,20	0,30	0,50	0,82	0,91	1,12	1,31	1,54
33	2,15	0,25	0,40	0,65	0,70	0,88	1,15	1,38	1,62
41	1,20	0,20	0,25	0,45	0,91	0,96	1,00	1,00	1,00
42	2,25	0,20	0,35	0,55	0,67	0,86	1,18	1,46	1,78
511	2,15	0,10	0,15	0,20	0,81	0,91	1,12	1,30	1,50
512	0,70	0,20	0,30	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
52	0,95	0,20	0,25	0,45	0,89	0,94	1,09	1,22	1,36
53	2,10	0,25	0,35	0,60	0,68	0,87	1,16	1,38	1,56
61	2,00	0,25	0,35	0,60	0,77	0,91	1,10	1,18	1,17
71	1,20	0,15	0,20	0,35	0,82	0,94	1,00	1,00	1,00
72	2,10	0,30	0,45	0,70	0,67	0,86	1,00	-	-
81	1,30	0,25	0,35	0,60	0,76	0,90	1,14	1,34	1,58
821	1,30	0,35	0,50	0,85	0,82	0,91	1,07	-	-
822	2,40	0,25	0,35	0,60	0,70	0,86	1,16	-	-
83	2,30	0,15	0,25	0,40	0,63	0,85	1,21	1,51	1,85
91	0,85	0,15	0,25	0,40	0,72	0,88	1,19	1,52	1,95
92	1,45	0,30	0,40	0,70	0,82	0,94	1,00	1,00	1,00
93	1,70	0,20	0,25	0,45	0,77	0,92	1,00	1,00	1,00
941	1,80	0,15	0,20	0,35	0,68	0,87	1,17	1,39	1,64
942	1,20	0,15	0,25	0,40	0,77	0,91	1,11	1,24	1,32
951	1,70	0,30	0,40	0,70	0,72	0,88	1,17	1,43	1,78
952	0,85	0,15	0,25	0,40	0,77	0,90	1,13	1,32	1,54
101	1,75	0,30	0,40	0,70	0,76	0,90	1,12	1,27	1,39
1021	1,45	0,15	0,25	0,40	0,79	0,93	1,00	1,00	1,00
1022	2,05	0,15	0,25	0,40	0,79	0,93	1,00	1,00	1,00

En Ceuta y Melilla se adoptarán valores similares a los de la región 61.
Pueden obtenerse valores intermedios por interpolación adecuada a partir de los datos de esta tabla
En todos los casos $F_{10}=1,00$

3.3.8. Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación

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

$$Kt = 1 + \frac{tc^{1,25}}{tc^{1,25} + 14}$$

Donde:

- Kt (adimensional) Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.
- Tc (horas) Tiempo de concentración de la cuenca.

3.3.9. Caudales de diseño

En la tabla siguiente se calcula, aplicando el método racional descrito en los apartados anteriores, los caudales aportados por cada cuenca interceptada por la nueva plataforma ferroviaria para distintos periodos de retorno T.

Tabla 3-6. Caudales aportados por las cuencas vertientes de las ODT del proyecto

Cuenca	Descripción	Superficie (Km2)	Longitud (Km)	Cota Superior (m)	Cota Inferior (m)	Pendiente media (m/m)	Tc (h)	KA	I1/Id	Fa	Fb	Fint	Grupo Suelo	Poi	βm	Δ50	Kt	T(años)	Pd (mm)	Id (mm/h)	I(T,t) (mm/h)	FT	βDT	Po (mm)	C	Q (m3/s)
1	Alternativa A y B ODT PK8+395	0,073143	0,2	209	202	0,0350	0,17	1,00	10	25,97	-	25,97	C	14	1,45	0,3	1,008	25	82,76	3,45	89,55	1	1,15	16,1	0,45	0,82
																		50	95,09	3,96	102,90	1	1,15	16,1	0,50	1,05
																		100	108,14	4,51	117,02	1	1,15	16,1	0,54	1,30
																		300	124,45	5,19	134,67	1	1,15	16,1	0,59	1,63
																		500	140,76	5,87	152,32	1	1,15	16,1	0,63	1,97

4. DRENAJE

4.1. Introducción

El objeto del presente apartado es el diseño y dimensionamiento de la red de drenaje de las distintas alternativas estudiadas en el “Estudio Informativo de la Conexión en Ancho Estándar de la Línea Zaragoza-Canfranc-Pau con la Plataforma Logística Zaragoza Plaza”.

4.2. Criterio de diseño

Para el diseño de la red de drenaje se han seguido las siguientes normativas y publicaciones:

- NAP 1-2-0.3 Norma ADIF Plataforma. Climatología, Hidrología y Drenaje. Julio 2021.
- Instrucción 5.2-IC, “Drenaje Superficial”, de la Dirección. General de Carreteras, aprobada por la Orden FOM/298/2016.

4.3. Descripción del proyecto de drenaje

4.3.1. Alternativas A y B

La diferencia entre Alternativa A y la Alternativa B es que la vía se duplica en ancho estándar en vez de en ancho mixto en determinados tramos. Por ello y debido a que la variación de alternativas se produce desde el punto de vista funcional, la solución propuesta para el drenaje es común para ambas.

Como se ha descrito en el apartado 3.1, la naturaleza de las alternativas A y B hace que únicamente sea necesaria plantear la prolongación de las obras de fábrica existentes, y solamente se calcula la nueva ODT en el PK 8+395 del Tramo 3 Bifurcación Teruel-La Cartuja, que es necesario disponer al separarse la nueva plataforma de una vía de la existente en esta zona.

También para ambas alternativas se determinan las cunetas a disponer para recoger la escorrentía de la plataforma, terraplenes y cunetas de guarda.

4.4. Obras de drenaje longitudinal

El drenaje longitudinal tiene como finalidad la canalización de la escorrentía superficial de la plataforma y de los márgenes de esta, hasta el cauce natural u obra de drenaje transversal más próxima.

En función de la ubicación se distinguen los siguientes elementos de drenaje longitudinal:

- En plataforma: Cunetas de borde de plataforma.
- En terraplén: Cuneta a pie de terraplén.
- En desmonte: Cunetas de guarda.

Hay que diferenciar entre los tramos en el que únicamente se implementa el cambio de ancho de vía sin ampliación de plataforma y los tramos en los que es necesario la ampliación de esta. De manera que para el primer caso se mantiene el sistema de drenaje actual y para el segundo será necesario la construcción de una nueva red de drenaje en el margen en el que se realiza la ampliación. A continuación, se describe el tipo de canalizaciones a colocar en caso de ampliación de plataforma.

4.4.1. Cunetas de borde de plataforma

El drenaje de la plataforma queda asegurado por el balasto y el subbalasto y en previsión de alguna filtración por la capa de forma, se vertería transversalmente hacia el exterior de la plataforma.

En los tramos en desmonte, para recoger la escorrentía procedente de la ladera de desmonte y de la plataforma, se dispondrán a pie de talud una cuneta trapezoidal revestida de hormigón de 0,50 m de ancho de base y 0,30 m de profundidad con taludes 1H:2V.

4.4.2. Cunetas a pie de terraplén

Las cunetas a pie de terraplén se colocarán en los puntos donde sea preciso cortar la escorrentía del terreno y conducirla a la vaguada más próxima, para evitar erosiones y encharcamientos en el pie del terraplén.

Estas cunetas serán trapezoidales de 0,50 m de ancho de base con taludes 1H:1V con un calado máximo de 0,3 m y revestidas de hormigón. Se emplazarán a un metro de distancia del pie de terraplén.

4.4.3. Cunetas de guarda

Para evitarla erosión de los taludes de desmontes, se dispone una cuneta de guarda, que impide que el agua fluya directamente al talud.

A ser posible, estas cunetas desaguan hacia los extremos del desmonte. Para no afectar la estabilidad del talud, la cuneta se construye revestida, con el borde a una distancia mínima de la coronación del talud de 1 m. Las cunetas proyectadas son trapeciales con 0,5 m de base, una profundidad de 0,30 m y taludes 1H:1V.

4.5. Obras de drenaje transversal

Las alternativas A y B contemplan la misma ampliación de la plataforma ferroviaria actual, motivo por el cual será necesario la prolongación de las obras de drenaje transversal existentes.

Tal y como se ha comentado anteriormente y por los motivos expuestos en el apartado 3.1, la inmensa mayoría de las actuaciones a realizar en las obras de drenaje transversal existentes consistirán en la ampliación de las mismas aguas abajo y manteniendo sus dimensiones actuales. En el mismo apartado se indica que, a efectos de dimensionamiento o comprobación hidráulica, no se considera que las actuaciones planteadas en el Estudio vayan a influir sobre el drenaje transversal existente en al infraestructura actual, que es de reciente construcción.

Únicamente se ha considerado la nueva obra de drenaje que se sitúa en un tramo en variante fuera del corredor ferroviario actual. Para su diseño se considera el caudal correspondiente para un periodo de retorno de 300 años

4.5.1. Estudio de las obras de drenaje transversal existentes

Se ha realizado un inventario de las obras de drenaje transversal existentes a lo largo del trazado actual, (incluido en el “Anejo 1. Antecedentes. Situación actual”), y se ha analizado si es necesaria su prolongación o no. En caso de ser necesaria la prolongación de la obra de fábrica se mantendrá la sección y la pendiente de la ODT existente. A continuación, en la **Tabla 4-1** se recoge el inventariado realizado y las actuaciones a realizar.

Tabla 4-1. Inventariado y actuaciones en las obras de drenaje transversal existentes

Tramo 1 Plaza - Bifurcación Teruel (PPKK aproximados eje Plaza-Bifurcación Plaza)				ODT		
PK	ACTUACIÓN	TIPOLOGÍA	DIMENSIONES	LONG. EXISTENTE	LONG.AMPLIACIÓN	LONG. TOTAL
0+425	No necesaria: vía doble existente	Marco	2,5 x 2,5	47,2	0	47,2
2+130	No necesaria: vía doble existente	Marco	2,5 x 2,5	44,2	0	44,2
3+135	No necesaria: vía doble existente	Marco	2,5 x 2,5	87,33	0	87,33
3+325	No necesaria: vía doble existente	Marco doble	2 x (2,5 x 2,5)	64,95	0	64,95
3+650	No necesaria: vía doble existente	Marco doble	2 x (2,5 x 2,5)	48,45	0	48,45

Tramo 1 Plaza - Bifurcación Teruel (PPKK aproximados eje Escape Bifurcación Plaza)				ODT		
PK	ACTUACIÓN	TIPOLOGÍA	DIMENSIONES	LONG. EXISTENTE	LONG.AMPLIACIÓN	LONG. TOTAL
0+030	No necesaria: vía doble existente	Marco	2,5 x 2,5	40,93	0	40,93

Tramo 1 Plaza - Bifurcación Teruel (PPKK aproximados eje Bifurcación Plaza-Bifurcación Teruel)				ODT		
PK	ACTUACIÓN	TIPOLOGÍA	DIMENSIONES	LONG. EXISTENTE	LONG.AMPLIACIÓN	LONG. TOTAL
0+340	No necesaria: vía doble existente	Tubo doble	2 x ø1800	37,55	0	37,55
0+750	No necesaria: vía doble existente	Tubo doble	2 x ø1800	34,73	0	34,73
0+835	No necesaria: vía doble existente	Tubo	ø500	42,05	0	42,05
1+315	No necesaria: vía doble existente	Tubo	ø1800	50,35	0	50,35
1+755	No necesaria: vía doble existente	Tubo	ø1800	103,64	0	103,64
1+905	No necesaria: vía doble existente	Tubo	ø1800	82,74	0	82,74
2+220	No necesaria: vía doble existente	Marco	2,5 x 2,5	79,45	0	79,45
2+445	No necesaria: vía doble existente	Tubo	ø1800	80,21	0	80,21
2+465	No necesaria: vía doble existente	Tubo	ø1800	82,67	0	82,67
2+715	No necesaria: vía doble existente	Tubo	ø1800	75,72	0	75,72

Tramo 3 Bifurcación Teruel - Previo Cartuja (PPKK aproximados eje Bifurcación Teruel-Previo Cartuja)

PK	ACTUACIÓN	TIPOLOGÍA	DIMENSIONES	ODT		
				LONG. EXISTENTE	L LONG.AMPLIACIÓN	LONG. TOTAL
0+145	No necesaria: cabe vía adicional	Tubo	ø1800	39,42	0	39,42
0+785	No necesaria: cabe vía adicional	Marco	2,5 x 2,5	33,04	0	33,04
0+915	No necesaria: cabe vía adicional	Tubo	ø1800	32,99	0	32,99
1+050	No necesaria: cabe vía adicional	Tubo	ø1800	37,36	0	37,36
1+305	No necesaria: cabe vía adicional	Marco	2,5 x 2,5	81,35	0	81,35
2+200	No necesaria: cabe vía adicional	Tubo	ø1800	51,36	0	51,36
2+275	No necesaria: cabe vía adicional	Tubo	ø1800	53,7	0	53,7
2+590	No necesaria: cabe vía adicional	Tubo	ø1800	30,57	2,5	33,07
3+075	No necesaria: cabe vía adicional	Marco	2,5 x 2,5	79,39	0	79,39
3+765	Prolongación ODT vía adicional	Tubo	ø1800	53,21	2,5	55,71
4+025	No necesaria: cabe vía adicional	Marco	2,5 x 2,5	111,75	0	111,75
4+100	Prolongación ODT vía adicional	Tubo	ø1800	30,58	3	33,58
4+150	Prolongación ODT vía adicional	Marco	2,5 x 2,5	69,79	4	73,79
4+480	Prolongación ODT vía adicional	Tubo	ø1800	28,19	9	37,19
4+880	Prolongación ODT vía adicional	Marco	2,5 x 2,5	80,97	6	86,97
5+275	No necesaria: cabe vía adicional	Marco	2,5 x 2,5	102,02	0	102,02
6+160	No necesaria: cabe vía adicional	Marco	65,75 x 6,0 x 6,0	65,75	0	65,75
7+125	Prolongación ODT vía adicional	Marco doble	2 x (3,0 x 2,5)	14,36	4,5	18,86
7+790	Prolongación ODT vía adicional	Tubo	ø1800	14,87	12,16	27,03
7+950	Prolongación ODT vía adicional	Marco	4,0 x 2,0	30,74	18,5	49,24
8+395	Ejecución nueva ODT vía doble	Tubo	ø1800	23	0	23

Tramo 4 Cartuja-Miraflores (PPKK aproximados eje Cartuja-Miraflores)

PK	ACTUACIÓN	TIPOLOGÍA	DIMENSIONES	LONG. EXISTENTE	LONG.AMPLIACIÓN	LONG. TOTAL
0+307	Prolongación ODT vía adicional	Tubo	ø1000	10	8,5	18,5
0+620	Prolongación ODT vía adicional	Tubo	ø1000	24	2	26
0+950	Prolongación ODT vía adicional	Tubo	ø1000	10	8	18
1+163	Prolongación ODT vía adicional	Marco	1,5 x 1,5	10	5,5	15,5
1+223	Prolongación ODT vía adicional	Tubo	ø1000	10	4,75	14,75
1+278	Prolongación ODT vía adicional	Tubo	ø1000	10,23	5,5	15,73
1+360	Prolongación ODT vía adicional	Tubo	ø1000	11,85	2,5	14,35
2+110	Prolongación ODT vía adicional	Marco	3,0 x 1,5	90,64	2	92,64
2+468	Prolongación ODT vía adicional	Tubo	ø1000	48,21	7	55,21
2+980	Prolongación ODT vía adicional	Tubo	ø1000	58,28	6	64,28
3+290	Prolongación ODT vía adicional	Marco	4,0 x 1,0	30,84	7,5	38,34
4+715	No necesaria	Tubo	ø1800	45,56	0	45,56

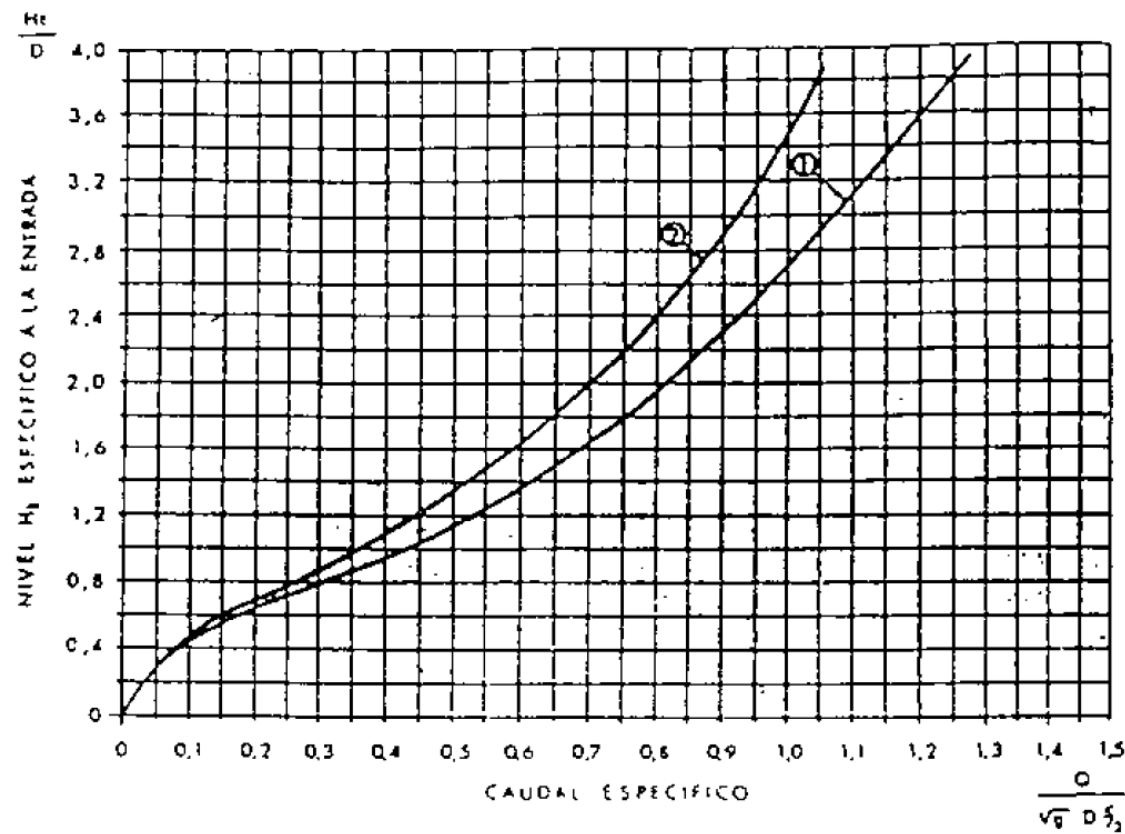
4.5.2. Cálculo de las nuevas obras de drenaje transversal

Para el dimensionamiento de las nuevas obras de drenaje transversal se ha seguido los criterios establecidos en la Instrucción 5.2-I.C de Drenaje Superficial y la Norma de Adif Plataforma NAP 1-2-0.3.

Como se indica en la normativa de Adif anteriormente mencionada, las alturas de lámina en las ODT vienen determinadas por las características de la entrada de la obra (geometría y tipo de embocadura) y el cálculo de la ley de capacidad se reduce a la aplicación directa de unas curvas de caudales obtenidas experimentalmente.

Para control de entrada en tubos la curva de caudales es la de la **Figura 4-1**.

Figura 4-1. Curva de caudales para control de entrada en tubos
(Figura 3 NAP 1-2-0.3)



EMBOCADURA
CURVA ① - CON ALETAS O MURO DE ACOMPAÑAMIENTO
CURVA ② - EXENTA O ATALUZADA

NOTACION
 H_1 = ALTURA DEL AGUA A LA ENTRADA (DESDE LA SOLETA)
 D = DIÁMETRO DEL TUBO
 Q = CAUDAL DESAGUADO
 g = ACELERACIÓN DE LA GRAVEDAD

Tabla 4-2. Comprobación hidráulica ODT PK 8+395 del Tramo 3 Bifurcación
Teruel- La Cartuja

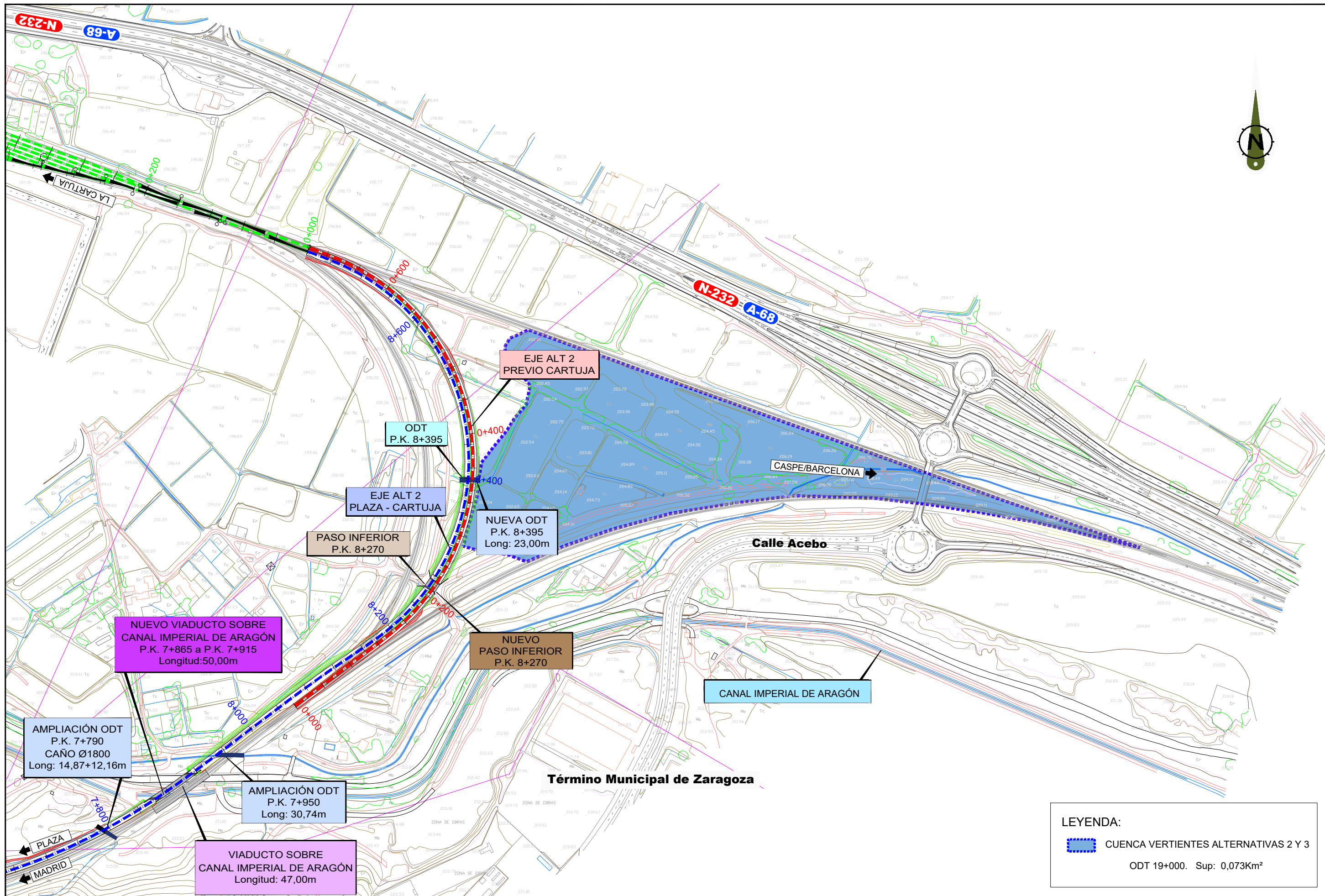
ODT PK 8+395	
Control	Entrada
Embocadura	Con aletas
Diámetro tubo D	1,8 m
Resguardo	0,18 m
Calado interior tubo H	1,62 m
Altura entrada tubo $H_E = H \cdot 1,2$	1,94 m
H_E/D	1,08
Caudal específico, q_e (gráfico)	0,43
$Q \text{ tubo} = q_e \cdot \text{raiz}(g) \cdot D^{5/2}$	5,85 m3/s
Caudal T 300 años	1,63 m3/s
	ok

La nueva ODT a disponer en el PK 8+395 será de sección circular de 1800 mm, que es la dimensión mínima que establece la normativa. A continuación, en la **Tabla 4-2** se comprueba la capacidad hidráulica de está aplicando el gráfico anterior.

APÉNDICE 1. PLANOS

ESTACIONES METEOROLÓGICAS

CUENCAS VERTIENTES



LEYENDA:

 CUENCA VERTIENTES ALTERNATIVAS 2 Y 3

ODT 19+000. Sup: 0,073Km²