

Proyecto básico del cruce de la carretera TE-V-1008 con el Barranco de Villarrosano. Término municipal de Celadas (Teruel)

Documento Nº 1: Memoria

Titulación:

Grado en Ingeniería de Obras Públicas

Autor:

Isaac López Conejero

Tutor:

José Ángel Aranda Domingo

Curso: 2020/2021

Fecha: Valencia, Septiembre 2021



ÍNDICE GENERAL

1. DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA Y ANEJOS

- 1.1. ANEJO Nº 1: ESTUDIO HIDROLÓGICO
- 1.2. ANEJO Nº 2: ESTUDIO HIDRÁULICO

2. DOCUMENTO Nº 2: PLANOS

3. DOCUMENTO Nº 3: VALORACIÓN ECONÓMICA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA



ÍNDICE

1. Objetivo del proyecto.....	4
2. Situación y emplazamiento	4
4. Normativa aplicada	6
5. Estudio hidrológico.....	6
6. Estudio hidráulico.....	8
6.1. Estudio de alternativas.....	9
7. Valoración económica.....	12
8. Conclusión	13



1. Objetivo del proyecto

El presente proyecto básico tiene como objeto diseñar una obra de drenaje transversal para permitir el paso del caudal que circula por el barranco Villarroso a través de la carretera TE-V-1008. Por lo que se ha realizado un estudio hidrológico para obtener las características de la cuenca hidrográfica y un estudio hidráulico para conocer las características necesarias para que esa ODT funcione de manera óptima y eficaz.

Este proyecto y su conjunto de documentos que aquí se exponen corresponden con el Trabajo Fin de Grado (TFG) para la titulación del Grado en Ingeniería de Obras Públicas en la especialización de Hidráulica y medio ambiente de la Universitat Politècnica de València (UPV). El cual ha sido guiado y tutorizado por el profesor José Ángel Aranda Domingo, perteneciente al departamento de Ingeniería Gráfica.

Se debe tener en cuenta el alcance del presente Proyecto Básico, ya que se trata de un trabajo académico por lo que el grado de detalle será el suficiente para la definición de una solución viable, aplicando los conocimientos adquiridos a lo largo de la titulación.

2. Situación y emplazamiento

La obra se localiza en el norte del municipio de Celadas en la provincia de Teruel, que es una ciudad de la comunidad autónoma de Aragón, al este de España. Cuenta con una extensión de 440,40 Km² y una población de 36.000 habitantes.

En concreto esta obra se encuentra en la carretera TE-V-1008 como se puede observar en el plano Nº 1 "Situación y emplazamiento". El punto de estudio presenta las coordenadas UTRS89 HUSO 30:

X: 654 855

Y: 4 492 036

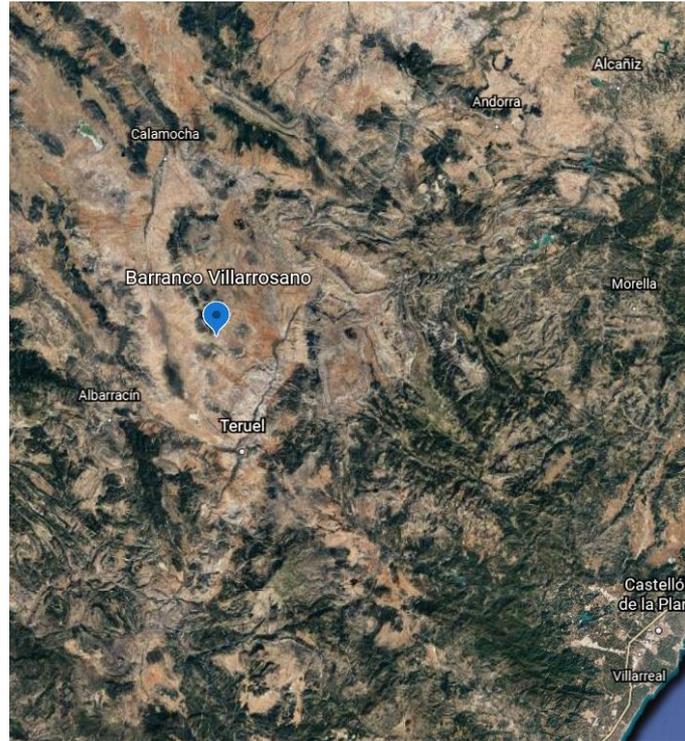


Ilustración 1. Ubicación de la zona.



Ilustración 2. Ubicación del lugar.

4. Normativa aplicada

La normativa empleada para la realización del proyecto básico es la siguiente:

- Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 – IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras.
- Normativa IC-5.2 “Drenaje superficial”

5. Estudio hidrológico

El objeto de este estudio es obtener las características morfométricas de la cuenca hidrográfica para así obtener los valores de los caudales con periodos de retorno de 100 y 500 años.

La cuenca de estudio se ubica dentro de la Cuenca Hidrográfica del Ebro como se puede observar en la siguiente imagen:

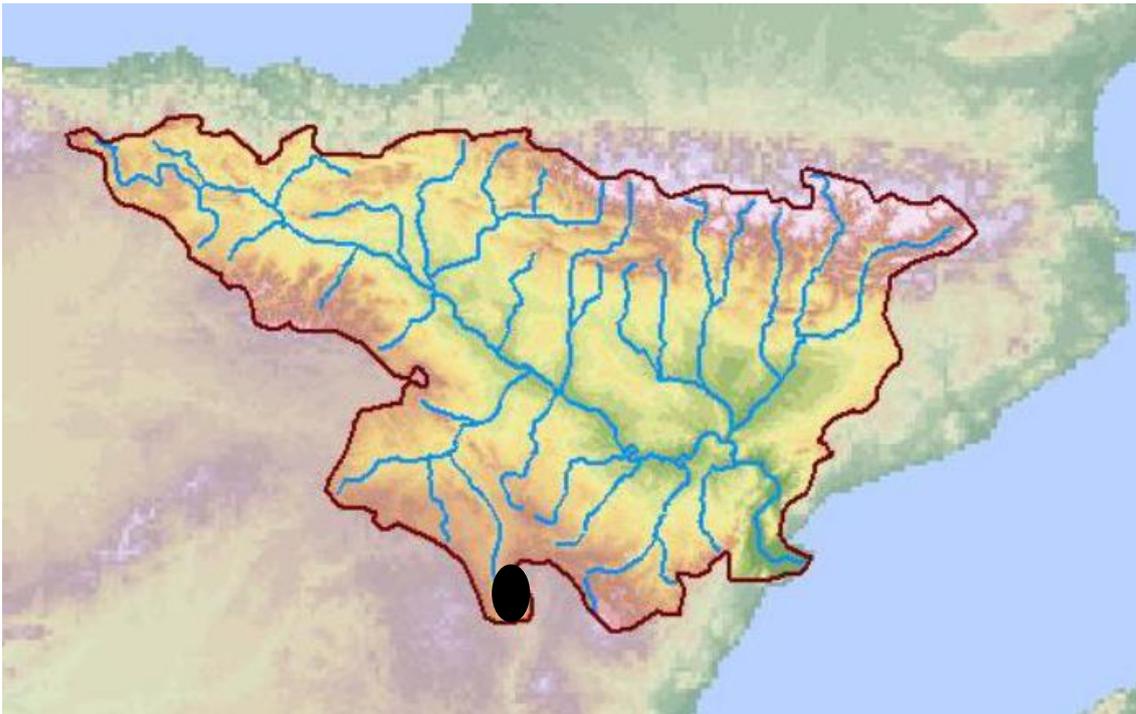


Ilustración 3. Cuenca hidrográfica del Ebro.

Para delimitar y obtener las características de la cuenca se ha empleado el programa QGIS-GRASS, con el cual se han obtenido los siguientes datos:

Cuenca de estudio	
Área (Km ²)	39,08
Perímetro (Km)	43,9
Pendiente (m/m)	0,021
Longitud cauce principal (Km)	11,5
Cota alta (m)	1347
Cota baja (m)	1106

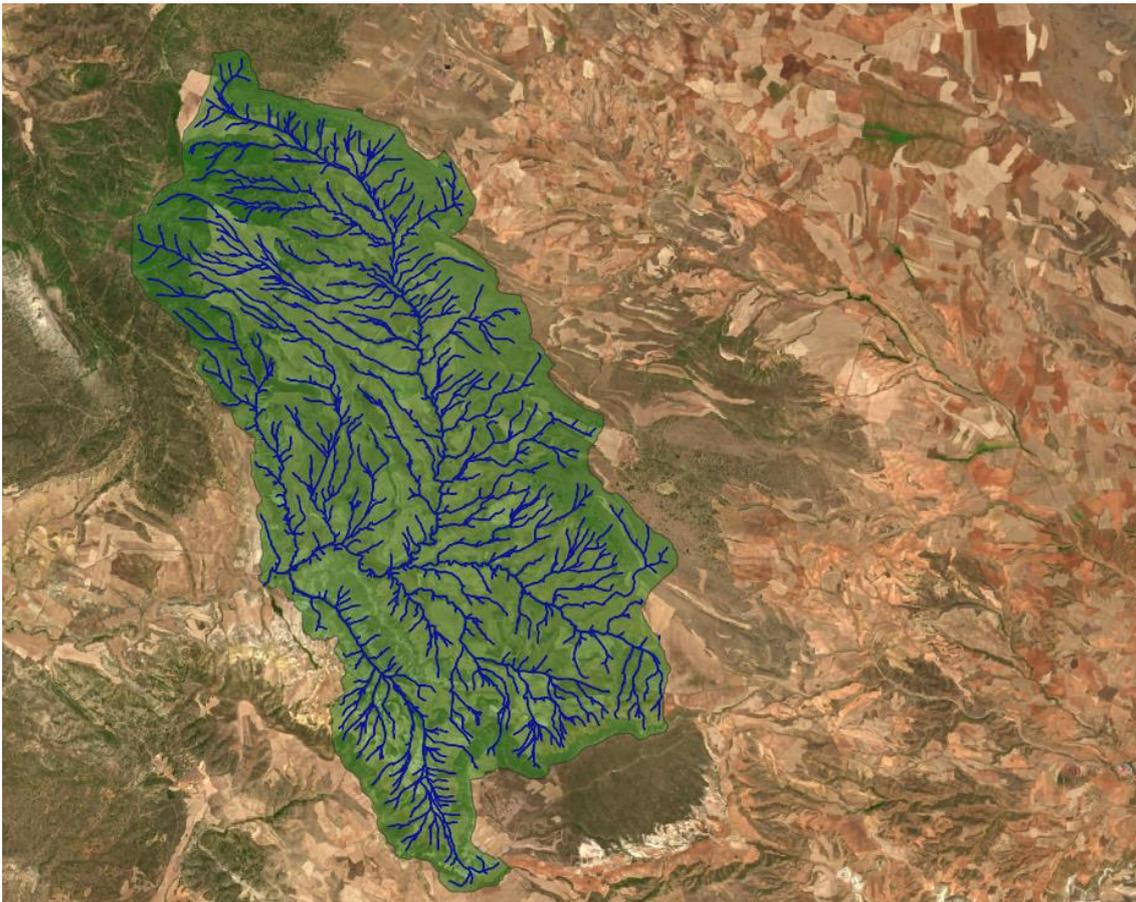


Ilustración 4. Cuenca de estudio con sus cauces.

Por otro lado, siguiendo la normativa IC-5.2 “Drenaje superficial” se obtienen los caudales mediante el método racional cuya fórmula principal es la siguiente:

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

Donde:

- I (T, t_c) (mm/h): Intensidad de precipitación.



- C (adimensional): Coeficiente medio de escorrentia de la cuenca.
- A (Km²): Àrea de la cuenca.
- K_t (adimensional): Coeficiente de uniformitat en la distribuci3n temporal de la precipitaci3n.
- Q_T (m³/s): Caudal m3ximo anual corresponent al period de retorn considerat T, en el punt de desag3e de la cuenca.

Mediante la anterior f3rmula se obtienen los siguientes datos de caudales para los periodos de retorno de 100 y 500 a3os:

I (T,tc) (mm/h) (T=100)	14.74
C (adimensional) (T=100)	0.09
A (km ²)	39.08
K _t (adimensional)	1.29
Q (m ³ /s) (T=100) (M3todo racional)	18.58
Q (m ³ /s) (T=100) (CAUMAX)	15

I (T,tc) (mm/h) (T=500)	19.11
C (adimensional) (T=500)	0.11
A (km ²)	39.08
K _t (adimensional)	1.29
Q (m ³ /s) (T=500) (M3todo racional)	29.44
Q (m ³ /s) (T=500) (CAUMAX)	25

6. Estudio hidr3ulico

La finalidad de este estudio es dise3ar y comprobar el funcionamiento hidr3ulico de la obra de drenaje transversal necesaria para el caudal con un periodo de retorno de 100 a3os calculado en el estudio hidrol3gico.

La geometr3a del terreno donde se sit3a la obra se ha obtenido a partir de un modelo digital del terreno descargado del CNIG y la cartograf3a de la zona a escala 1:1000, por lo que se obtiene el siguiente resultado:

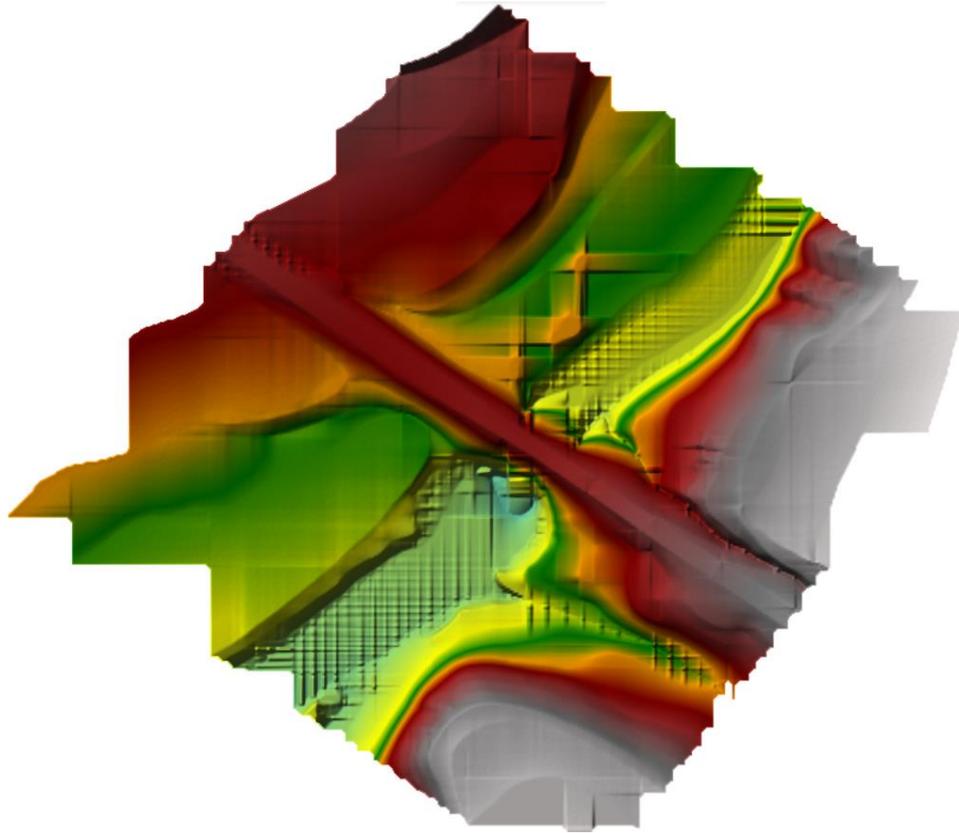
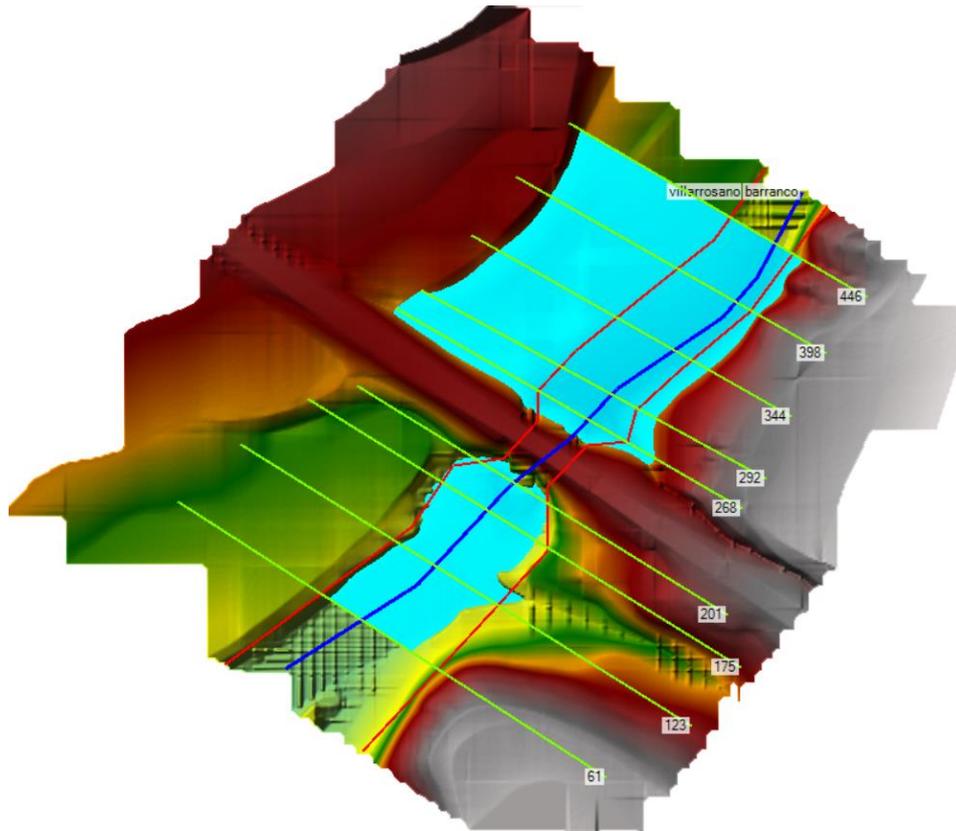


Ilustración 5. Geometría del terreno.

6.1. Estudio de alternativas

Para el diseño de las diferentes alternativas de ODT se ha empleado el software HEC-RAS, el cual es capaz de modelizar hidráulicamente y simular flujos en cauces naturales o artificiales. En la siguiente imagen se puede observar la geometría del terreno simulando el caudal de periodo de retorno de 100 años:



Il·lustració 6. Geometria del terreny amb el cabdal de període de retorn de 100 anys.

Por otro lado, se ha realizado el cálculo y diseño de la escollera a la salida de la obra de drenaje transversal mediante la siguiente fórmula de Maynord:

$$\frac{D_{30}}{y} = 1,2 \times 0,3 \times \left[\left(\frac{\gamma}{\gamma_s - \gamma} \right)^{\frac{1}{2}} \times \frac{v}{\sqrt{g \times y}} \right]^{2,5}$$

Los distintos parámetros que componen esta fórmula son:

- D_{30} = diámetro de la escollera para el que el 30% de la muestra (en peso) presenta un diámetro menor que ese valor.
- y = calado medio en la sección sobre la escollera (m).
- γ = peso específico del agua (kN/m^3).
- γ_s = peso específico de la escollera (kN/m^3).
- v = velocidad media en la sección sobre la escollera (m/s).
- g = aceleración de la gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$).

El coeficiente de valor 1,2 se corresponde con el factor de seguridad del diseño y el coeficiente de valor 0,3 se corresponde con la condición de inicio de movimiento de las partículas.

Además, es necesario comentar que en este diseño se han tenido en cuenta las condiciones que debe de cumplir una obra de drenaje transversal según la norma 5.2 – IC Drenaje Superficial, las cuales están descritas en el Anejo Hidráulico.

Las diferentes alternativas estudiadas han sido:

- Dos cajones de 3 x 2 m: Esta alternativa se considera sobredimensionada porque cumple con un gran margen las comprobaciones hidráulicas que exige la norma 5.2 – IC Drenaje Superficial, por lo que supone un incremento significativo del presupuesto respecto al resto de alternativas.
- Dos cajones de 2 x 2 m: Esta alternativa cumple las condiciones que exige la norma 5.2 – IC Drenaje Superficial, aunque presenta un problema al igual que la alternativa anterior porque entre los dos cajones se queda una pared de 40 cm en la cual se acumulan sedimentos y empeora el funcionamiento hidráulico de la ODT.
- Un cajón de 4 x 2 m: Se ha escogido esta alternativa porque cumple todas las condiciones que exige la norma 5.2 – IC Drenaje Superficial. Además, no presenta el mismo problema que las alternativas anteriores al no contener pared intermedia. Por último, un gran punto a favor es que como se puede observar en el Documento Nº 3 es la alternativa más económica. Por lo que la ODT se queda de la siguiente manera:

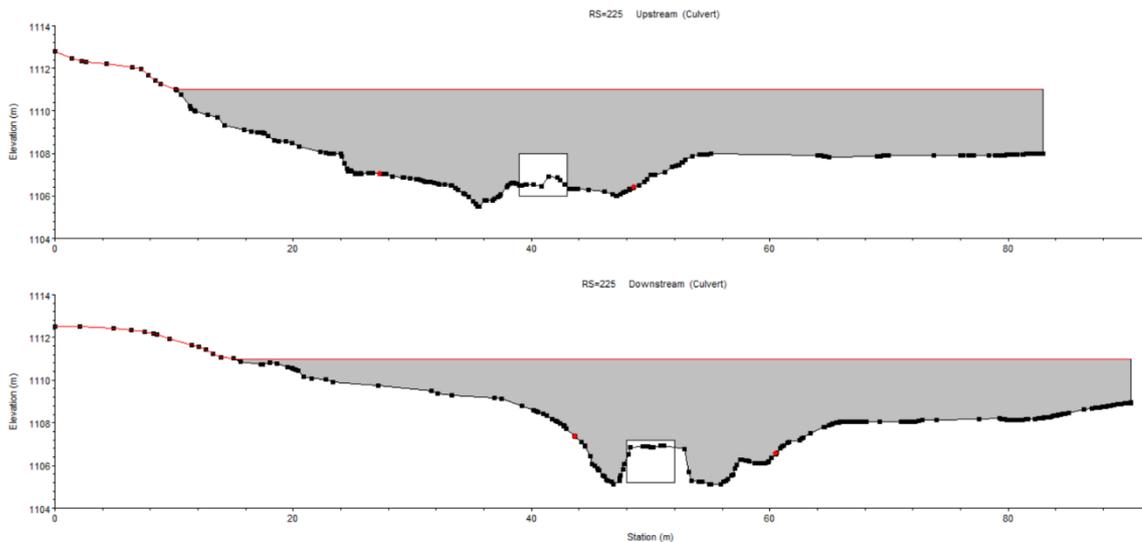


Ilustración 7. Culvert de un cajón de 4 x 2 m.

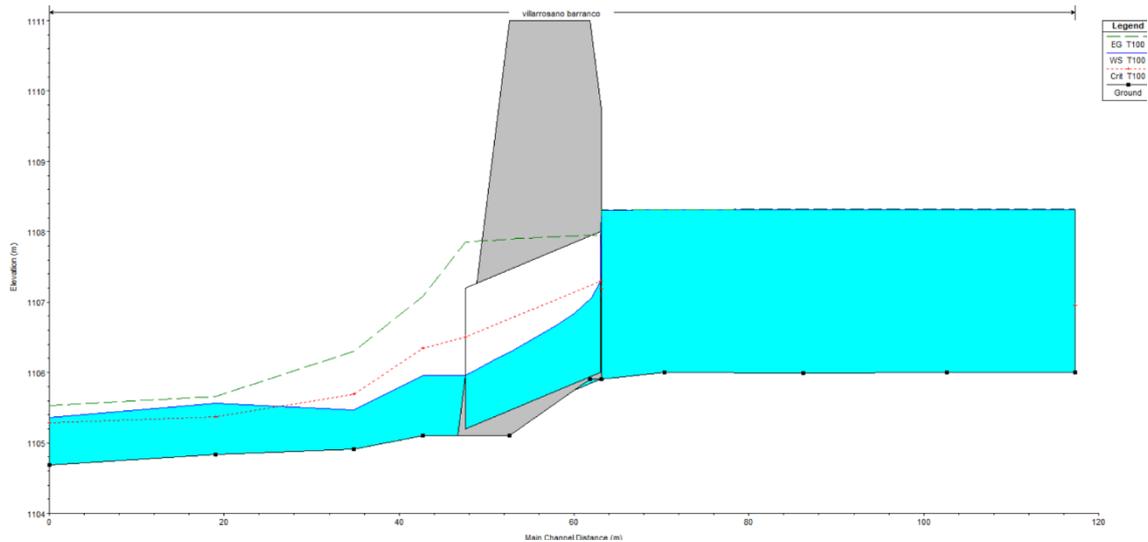


Ilustración 8. Gráfico del perfil longitudinal del terreno y la ODT.

7. Valoración económica

Se ha realizado una comparación del Presupuesto de Ejecución Material (PEM) de las diferentes alternativas para valorar la más económica, en el siguiente cuadro se muestran los diferentes Presupuestos obtenidos a partir de las mediciones y unidades de obra:

	PEM
Alternativa 1	47,911.78 €
Alternativa 2	36,378.85 €
Alternativa 3	35,120.12 €

Como se puede observar la alternativa escogida es la más viable económicamente por lo que el presupuesto final de la alternativa 3 incluyendo los porcentajes de gastos generales, el beneficio industrial y el I.V.A. es el siguiente:

Presupuesto de Ejecución Material

Capítulo 1. Actuaciones previas	4,562.40 €
Capítulo 2. Movimientos de tierras	1,794.40 €
Capítulo 3. Estructuras	26,142.34 €
Capítulo 4. Seguridad y salud	2,000.00 €
Capítulo 5. Control de calidad	344.99 €
Capítulo 6. Gestión de residuos	275.99 €
TOTAL	35,120.12 €



Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de TREINTA Y CINCO MIL CIENTO VEINTE EUROS CON DOCE CÉNTIMOS

Presupuesto de ejecución material (sin I.V.A.)		35,120.12 €
	Gastos Generales (13 %)	4,565.62 €
	Beneficio Industrial (6 %)	2,107.21 €
Presupuesto base de licitación (sin I.V.A.)		41,792.94 €
	I.V.A. (21 %)	8,776.52 €
Presupuesto base de licitación (con I.V.A.)		50,569.46 €

Por tanto, el Presupuesto de la alternativa 3 con el I.V.A. incluido es el siguiente:

50,569.46 €

(CINCuenta MIL QUINIENTOS SESENTA Y NUEVE EUROS CON CUARENTA Y SEIS CÉNTIMOS)

8. Conclusión

Con todo lo expuesto en la presente memoria, los anejos y el resto de los documentos que forman este proyecto básico, se puede verificar que la solución desarrollada presenta un funcionamiento hidráulico óptimo ya que permite la evacuación de manera correcta del caudal que circula por el Barranco de Villarrosano, todo ello dentro de un rango económico viable.

Valencia, Septiembre 2021.

Fdo: Isaac López Conejero.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA





Proyecto básico del cruce de la carretera TE-V-1008 con el Barranco de Villarrosano. Término municipal de Celadas (Teruel)

Anejo Nº 1: Estudio Hidrológico

Titulación:

Grado en Ingeniería de Obras Públicas

Autor:

Isaac López Conejero

Tutor:

José Ángel Aranda Domingo

Curso: 2020/2021

Fecha: Valencia, Septiembre 2021



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ANEJO Nº 1: ESTUDIO HIDROLÓGICO



ÍNDICE

1. Introducción	19
2. Descripción de la cuenca de estudio	19
3. Elección del método para el cálculo del caudal:	21
4. Método racional	22
4.1 Intensidad de precipitación $I(T, t_c)$:	23
4.2 Coeficiente de escorrentía (C):	29
4.3 Área de la cuenca (A):	33
4.4 Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación (Kt):	33
5. Resultados del método racional y de CAUMAX:	33

1. Introducción

La finalidad del siguiente anejo es obtener los caudales correspondientes a los períodos de retorno de 100 y 500 años que circulan por el Barranco de Villarrosano en su cruce con la carretera TE-V-1008 para saber qué tipo de actuación es necesaria en el cauce.

La normativa empleada es Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 – IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras.

2. Descripción de la cuenca de estudio

La cuenca de estudio se encuentra dentro de la Cuenca hidrográfica del Ebro como se puede observar en la siguiente imagen:

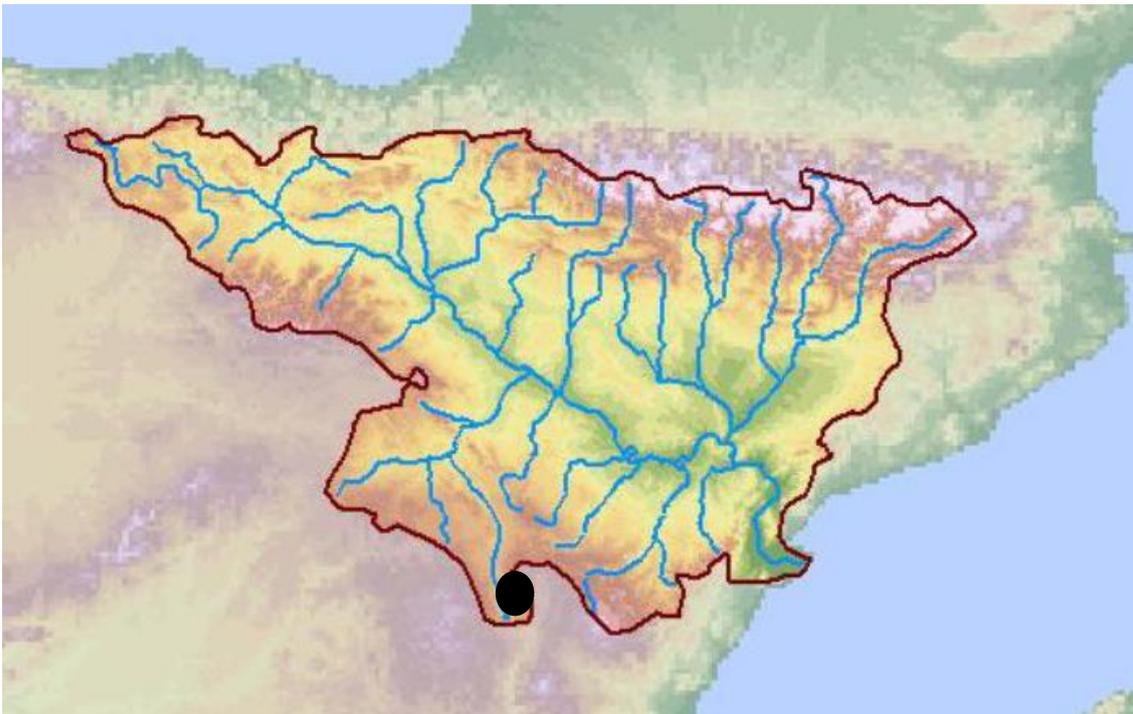
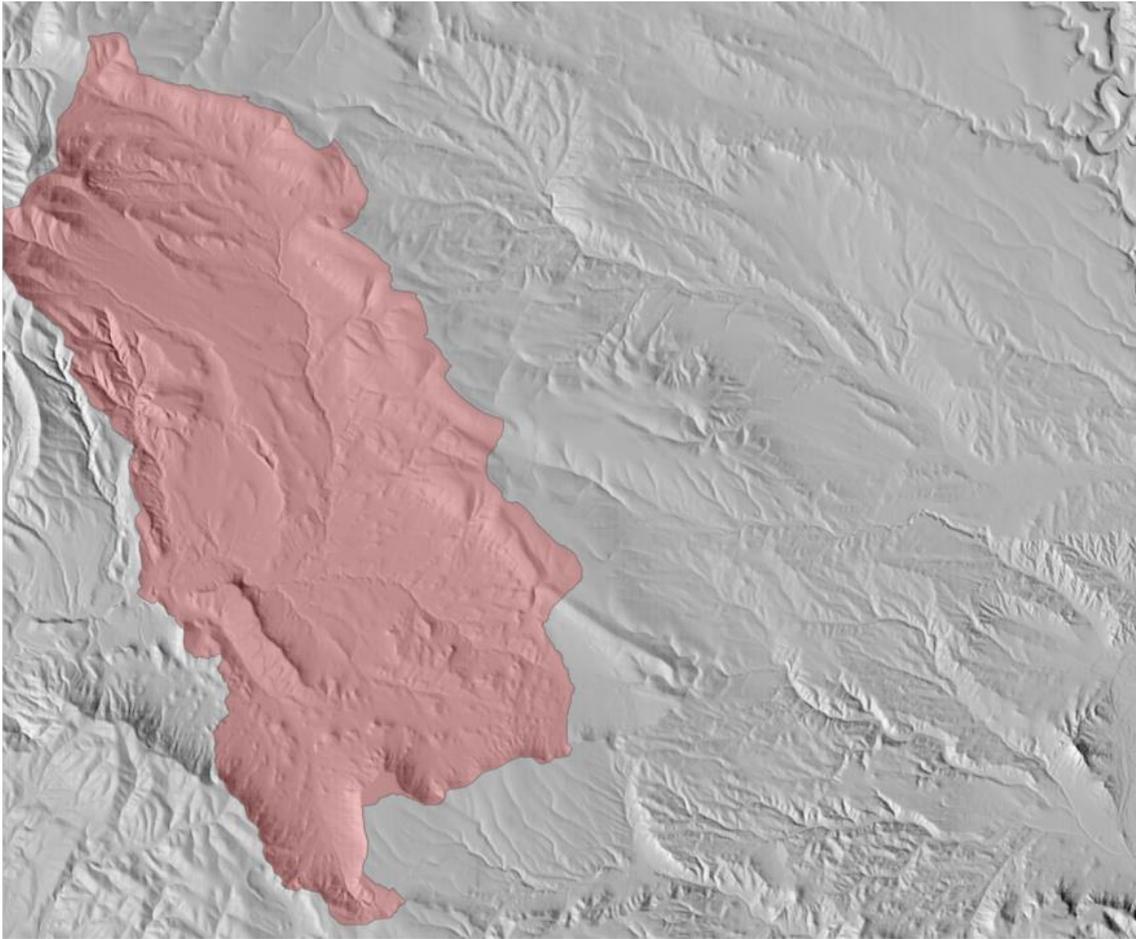


Ilustración 9. Cuenca hidrográfica del Ebro

Para obtener la cuenca de estudio y sus características morfométricas primero se debe delimitar la cuenca. Para ello se ha empleado el programa QGIS-GRASS y modelos digitales del terreno, los cuales se han descargado del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG). En este caso se han utilizado MDT05, los cuales presentan un paso de malla de 05 x 05 m.



Il·lustració 10. Modelo digital del terreno

La anterior imagen corresponde al modelo digital del terreno en el cual se puede apreciar la cuenca de estudio. Esta cuenca presenta un área de 39,08 Km² y un perímetro de 43,9 Km. En la siguiente tabla e imagen se pueden observar los cauces de la cuenca y sus características morfométricas:

Cuenca de estudio	
Área (Km ²)	39,08
Perímetro (Km)	43,9
Pendiente (m/m)	0,021
Longitud cauce principal (Km)	11,5
Cota alta (m)	1347
Cota baja (m)	1106

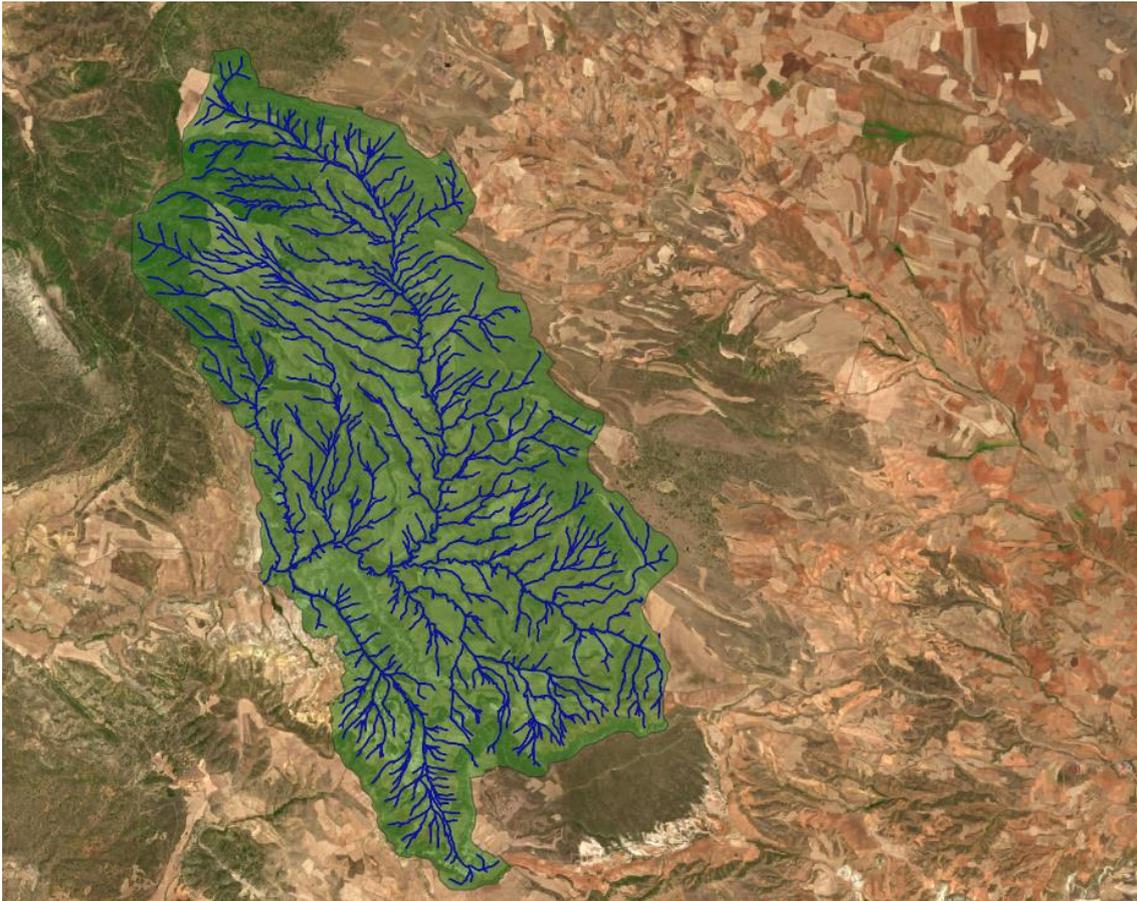


Ilustración 11. Cuenca de estudio con sus cauces

3. Elección del método para el cálculo del caudal:

En este caso no se dispone información sobre caudales máximos que proporciona la administración hidráulica competente, además, el área de estudio es inferior a 50 Km², en nuestro caso es de 39,08 Km², por lo que se debe aplicar el método racional según la normativa IC-5.2 “Drenaje superficial” capítulo 2 como se puede observar en el siguiente diagrama de flujo:

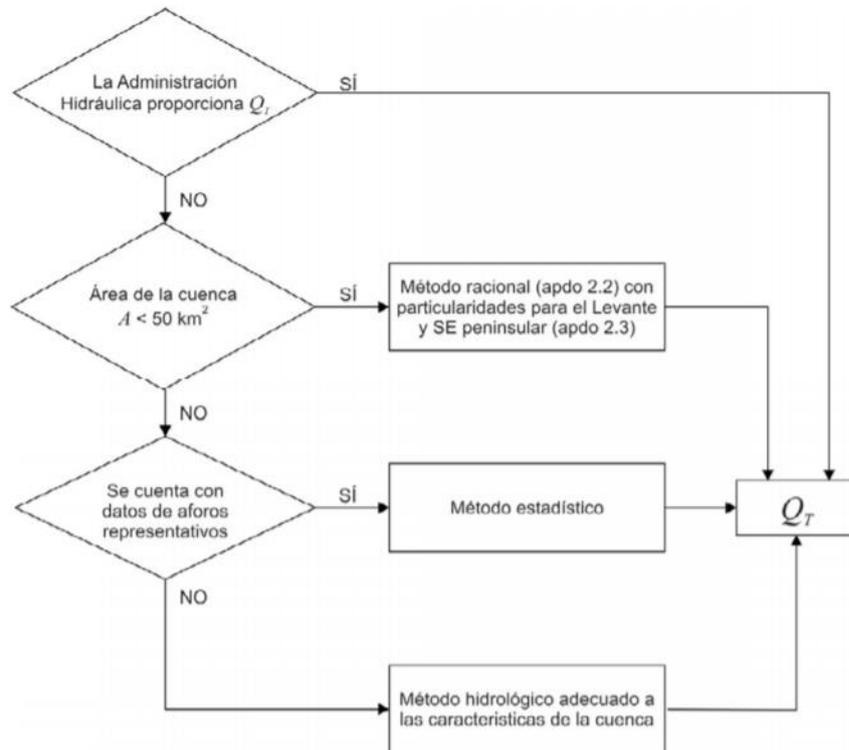


Ilustración 12. Diagrama de flujo para la elección del método de cálculo de caudales. Fuente: IC-5.2 "Drenaje superficial"

4. Método racional

En este método el caudal máximo anual Q_T , corresponde a un periodo de retorno T . En nuestro caso se quiere calcular este caudal máximo anual para un periodo de retorno de acuerdo con la instrucción IC-5.2 de 100 y 500 años mediante la siguiente expresión:

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

Donde:

- $I(T, t_c)$ (mm/h): Intensidad de precipitación.
- C (adimensional): Coeficiente medio de escorrentía de la cuenca.
- A (Km²): Área de la cuenca.
- K_t (adimensional): Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.
- Q_T (m³/s): Caudal máximo anual correspondiente al periodo de retorno considerado T , en el punto de desagüe de la cuenca.

4.1 Intensidad de precipitación I (T, tc):

La intensidad de precipitación corresponde a un periodo de retorno considerado T, y a una duración del aguacero igual al tiempo de concentración t_c de la cuenca, esta intensidad de precipitación se calcula empleando la siguiente expresión:

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

Los distintos parámetros que componen esta expresión son:

- I (T, t_c) (mm/h): Intensidad de precipitación.
- I_d (mm/h): Intensidad media diaria de precipitación.
- F_{int} (adimensional): Factor de intensidad.

I_d (T100)(mm/h)	3,5
F_{int} (adimensional)	4,21
I(T, t_c) (T100) (mm/h)	14,74

I_d (T500)(mm/h)	4,54
F_{int} (adimensional)	4,21
I(T, t_c) (T500) (mm/h)	19,11

Intensidad media diaria de precipitación (I_d):

La intensidad media diaria de precipitación se calcula mediante la siguiente expresión:

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

Los distintos parámetros que componen esta expresión son:

- I_d (mm/h): Intensidad media diaria de precipitación.
- P_d (mm): Precipitación diaria correspondiente al periodo de retorno considerado T.
- K_a (adimensional): Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca.

P_d (T100) (mm)	94,46
K_a (adimensional)	0,89
I_d (T100) (mm/h)	3,50

P_d (T500) (mm)	122,3
K_a (adimensional)	0,89
I_d (T500) (mm/h)	4,54

Precipitación diaria (P_d)

La precipitación media diaria se obtiene mediante el documento "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular", el cual se ha elaborado mediante un Convenio entre la Dirección Técnica de la Dirección General del Ministerio de Fomento y el Centro de Estudios Hidrográficos del Centro

de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) del mismo ministerio. Para obtener la precipitación media diaria se deben seguir los siguientes pasos:

1. Se localiza el punto geográfico de estudio en el plano indicado en la Figura (X) para obtener la zona de referencia.

En nuestro caso el punto de estudio se encuentra en las siguientes coordenadas:

X: 654855

Y: 4492036

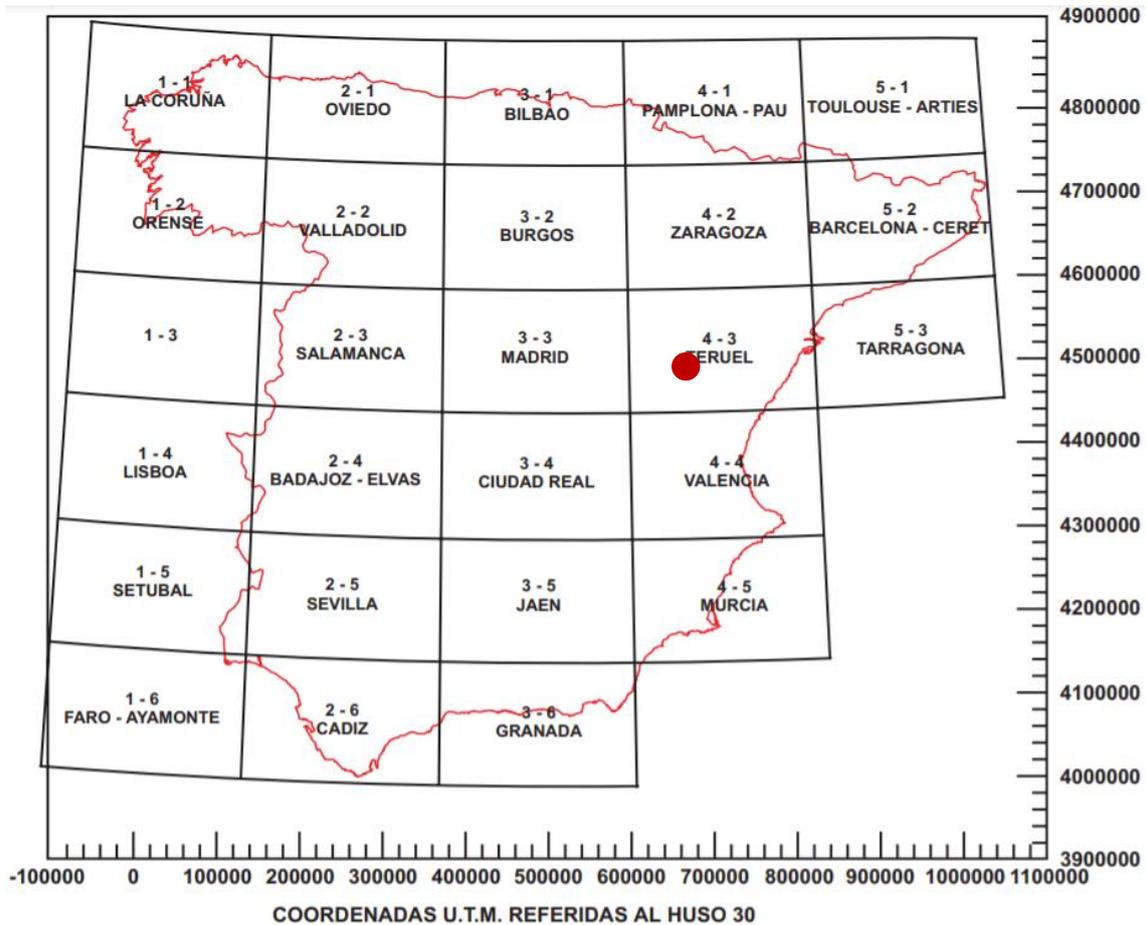


Ilustración 13. Mapa de referencia con coordenadas U.T.M referidas al Huso 30. Fuente: "Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular"

Como se puede observar en plano nuestra zona de referencia es TERUEL 4 – 3.

2. Se obtienen los valores del coeficiente de variación (C_v) y del valor medio de la máxima precipitación diaria anual (P) a partir de las isólinas representadas en el plano indicado en la Ilustración 5 de la zona TERUEL 4 – 3; en donde las isólinas moradas corresponden a P y las rojas a C_v :

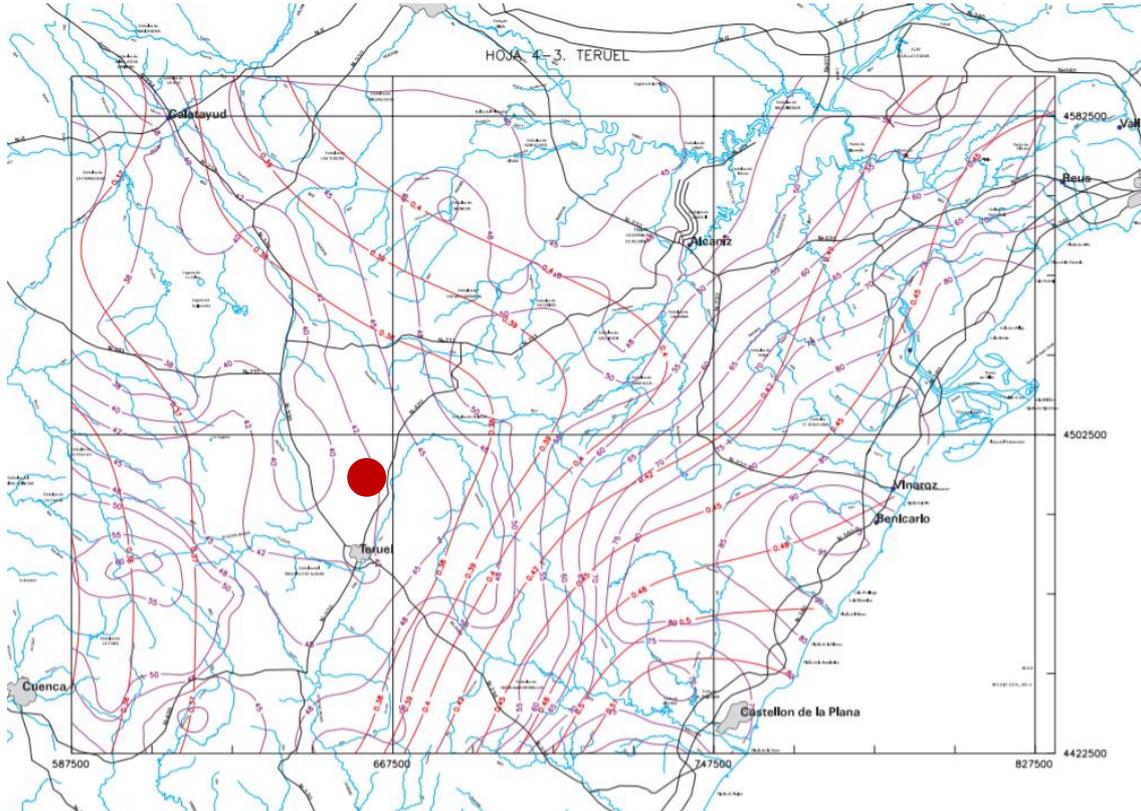


Ilustración 14. Fuente: "Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular"

Como se puede observar en el plano:

$$C_v = 0,375$$

$$P = 41 \text{ mm}$$

3. Se obtienen los dos valores del Factor de amplificación (K_i) correspondientes a los dos periodos de retorno considerados T_{100} y T_{500} mediante la siguiente tabla:

C _v	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
0.30	0.935	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541
0.31	0.932	1.198	1.385	1.640	1.854	2.068	2.296	2.602
0.32	0.929	1.202	1.400	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663
0.33	0.927	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724
0.34	0.924	1.213	1.423	1.717	1.930	2.174	2.434	2.785
0.35	0.921	1.217	1.438	1.732	1.961	2.220	2.480	2.831
0.36	0.919	1.225	1.446	1.747	1.991	2.251	2.525	2.892
0.37	0.917	1.232	1.461	1.778	2.022	2.281	2.571	2.953
0.38	0.914	1.240	1.469	1.793	2.052	2.327	2.617	3.014
0.39	0.912	1.243	1.484	1.808	2.083	2.357	2.663	3.067
0.40	0.909	1.247	1.492	1.839	2.113	2.403	2.708	3.128
0.41	0.906	1.255	1.507	1.854	2.144	2.434	2.754	3.189
0.42	0.904	1.259	1.514	1.884	2.174	2.480	2.800	3.250

Ilustración 15. Fuente: "Cuantiles Y_t de la Ley SQRT-ET max, también denominados Factores de Amplificación KT, en el "Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular"

Interpolando en la anterior tabla se obtienen:

$$K_t (T_{100}) = 2,304$$

$$K_t (T_{500}) = 2,983$$

Por último, se realiza el producto entre el factor de amplificación y el valor medio de la máxima precipitación diaria anual:

$$P (T_{100}) = 2,304 * 41 = 94,46 \text{ mm.}$$

$$P (T_{500}) = 2,983 * 41 = 122,30 \text{ mm.}$$

Factor reductor areal (K_a):

El factor reductor de la precipitación por área de la cuenca tiene en cuenta la no simultaneidad de la lluvia en toda su superficie. Además, es un factor que tiene en cuenta el tamaño de la cuenca, en nuestro caso es mayor que 1 Km² por lo que se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Si } A \geq 1 \text{ km}^2$$

$$K_a = 1 - \frac{\log_{10} A}{15}$$

Área de la cuenca (Km ²)	39.08
Factor reductor (K _a)	0.89



Factor de intensidad (F_{int}):

Este parámetro depende de la duración del aguacero y del periodo de retorno. Este factor se puede obtener de dos maneras diferentes, y se tomará el valor más alto de los obtenidos.

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

Los distintos parámetros que componen esta expresión son:

- F_{int} (adimensional): Factor de intensidad.
- F_a (adimensional): Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad.
- F_b (adimensional): Factor obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviógrafo próximo.

En este caso se adopta el valor de F_a porque no se disponen los datos pluviométricos para calcular F_b.

Factor de intensidad (F_a)

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

Los distintos parámetros que componen esta expresión son:

- F_a (adimensional): Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad.
- I_l/I_d (adimensional): Índice de torrencialidad.
- t (horas): Duración del aguacero.

il/id (adimensional)	10
Tc (horas)	4
Fa (adimensional)	4,21

El tiempo de concentración (t_c) es el tiempo mínimo se puede obtener mediante la siguiente fórmula:

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

Los distintos parámetros que componen esta expresión son:

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

Longitud del cauce principal (Km)	11,45
Pendiente media del cauce (adimensional)	0,021
Tiempo de concentración (tc) (horas)	3,99

Para la obtención de I_t/I_d se emplea el siguiente mapa en el que los valores varían según el emplazamiento, en nuestro caso obtenemos un valor de 10.

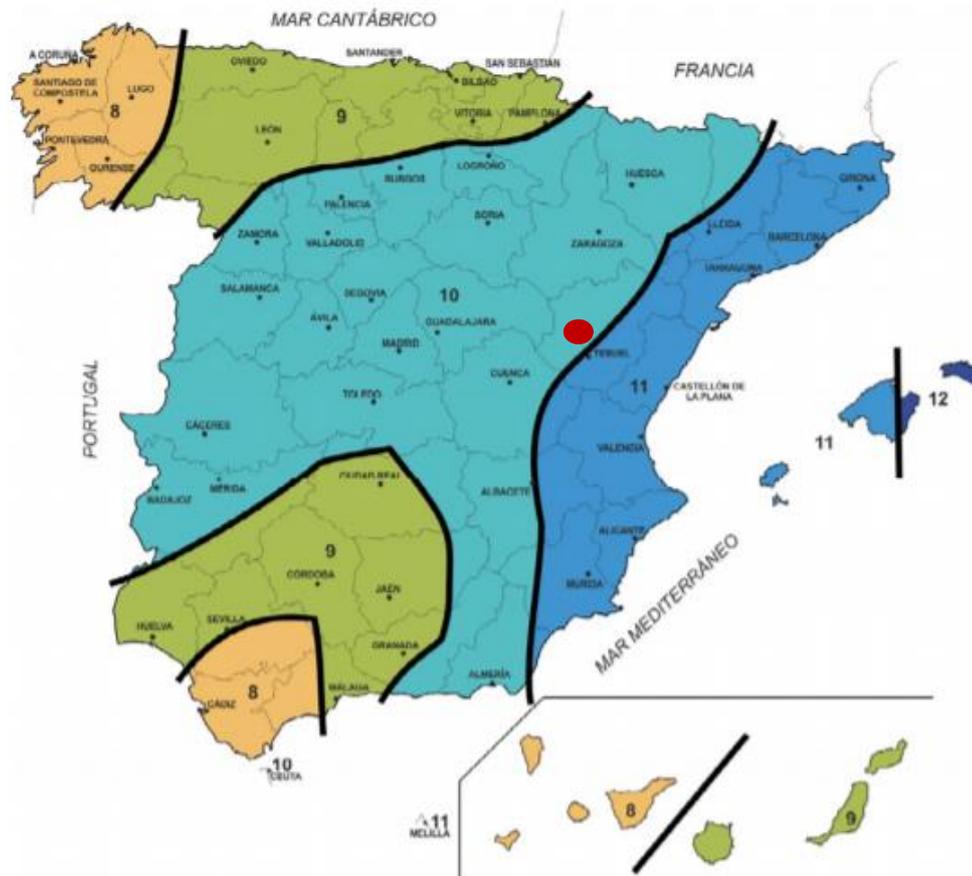


Ilustración 16. Mapa del índice de torrencialidad. Fuente: IC-5.2 "Drenaje superficial"

Factor de intensidad (F_b):

En este caso no se disponen de los datos para realizar este cálculo porque no se han solicitado estos datos a la confederación debido a que tardan demasiado tiempo en proporcionarlos.

4.2 Coeficiente de escorrentía (C):

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. En este caso el resultado del producto entre P_d y K_a es superior a P₀ como se puede observar en la siguiente tabla:

Pd (mm) (T100)	94,46
Ka	0,89
Pd * Ka	84,07
Po (mm) (T=100)	52,74

Pd (mm) (T500)	122,3
Ka	0,89
Pd * Ka	108,85
Po (mm) (T=500)	62,18

Por lo que el coeficiente de escorrentía se obtendrá mediante la siguiente fórmula:

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

Los distintos parámetros que componen esta fórmula son:

- C (adimensional): Coeficiente de escorrentía.
- P_d (mm): Precipitación diaria correspondiente al periodo de retorno T considerado.
- K_a (adimensional): Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca.
- P₀ (mm): Umbral de escorrentía.

Pd (mm) (T100)	94,46
Ka	0,89
Po (mm) (T=100)	52,74
C (T=100)	0,09

Pd (mm) (T500)	122,3
Ka	0,89
Po (mm) (T=500)	62,18
C (T=500)	0,11

Umbral de escorrentía (P₀):

El umbral de escorrentía viene definido por la siguiente expresión:

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

Los distintos parámetros que componen esta fórmula son:

- P₀ (mm): Umbral de escorrentía.
- P₀ⁱ (mm): Valor inicial de escorrentía.
- β (adimensional): Coeficiente corrector del umbral de escorrentía.



β^{DT} (adimensional) (T=100)	2,29
Poi (mm)	23,03
Po (mm) (T=100)	52,74

β^{DT} (adimensional) (T=500)	2,7
Poi (mm)	23,03
Po (mm) (T=500)	62,18

Valor inicial de escorrentía (Poⁱ):

Este factor se ha extraído directamente del programa CAUMAX, obteniendo así un valor de 23,03 mm.

Coefficiente corrector del umbral de escorrentía (β):

Nuestro caso de estudio es un drenaje transversal de una carretera por lo que se debe usar la siguiente fórmula:

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

Los distintos parámetros que componen esta fórmula son:

- β^{DT} (adimensional): Coeficiente corrector del umbral de escorrentía.
- β_m (adimensional): Valor medio en la región de β^{DT} .
- Δ_{50} (adimensional): Desviación respecto al valor medio.
- F_t (adimensional): Factor función del periodo de retorno T.

β_m (adimensional)	1,8
Δ_{50} (adimensional)	0,15
F_t (adimensional) (T=100)	1,39
β^{DT} (adimensional) (T=100)	2,2935

β_m (adimensional)	1,8
Δ_{50} (adimensional)	0,15
F_t (adimensional) (T=500)	1,64
β^{DT} (adimensional) (T=500)	2,706

Para obtener estos valores primero se sitúa nuestra zona de estudio en el siguiente mapa para saber qué región utilizar.



Ilustración 17. Mapa de las regiones consideradas para la caracterización del coeficiente corrector del umbral de escorrentía. Fuente: IC-5.2 "Drenaje superficial"

Como se puede observar en el anterior mapa el caso de estudio se encuentra en la región 941, por lo que en la siguiente tabla se extraen los datos correspondientes a esa región:

Región	Valor medio, β_m	Desviación respecto al valor medio para el intervalo de confianza del			Período 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

Ilustración 18. Tabla del coeficiente corrector del umbral de escorrentía. Fuente: IC-5.2 "Drenaje superficial"

- $\beta_m = 1,8$
- $\Delta_{50} = 0,15$
- $F_t (T=100) = 1,39$
- $F_t (T=500) = 1,64$

4.3 Área de la cuenca (A):

Se considera como área de la cuenca A, la superficie medida en proyección horizontal que drena al punto de desagüe. En este caso se tiene una cuenca homogénea respecto de la variación espacial de la precipitación como del coeficiente de escurrimiento.

Este parámetro se ha calculado mediante el programa Qgis, el cual ha determinado que el valor del área de la cuenca de estudio es igual a 39,08 Km².

4.4 Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación (Kt):

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

Los distintos parámetros que componen esta fórmula son:

- K_t (adimensional): Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.
- T_c (horas): tiempo de concentración de la cuenca.

T _c (horas)	3,99
K _t (adimensional)	1,29

5. Resultados del método racional y de CAUMAX:

En las siguientes tablas se muestran los diferentes parámetros de la expresión del cálculo del caudal al aplicar el método racional comparado con el cálculo del caudal con la ayuda de la aplicación CAUMAX:

I (T,tc) (mm/h) (T=100)	14.74
C (adimensional) (T=100)	0.09
A (km ²)	39.08
K _t (adimensional)	1.29
Q (m ³ /s) (T=100) (Método racional)	18.58
Q (m ³ /s) (T=100) (CAUMAX)	15



I (T,tc) (mm/h) (T=500)	19.11
C (adimensional) (T=500)	0.11
A (km ²)	39.08
Kt (adimensional)	1.29
Q (m ³ /s) (T=500) (Método racional)	29.44
Q (m ³ /s) (T=500) (CAUMAX)	25

Valencia, Septiembre 2021.

Fdo: Isaac López Conejero.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA





Proyecto básico del cruce de la carretera TE-V-1008 con el Barranco de Villarrosano. Término municipal de Celadas (Teruel)

Anejo Nº 2: Estudio Hidráulico

Titulación:

Grado en Ingeniería de Obras Públicas

Autor:

Isaac López Conejero

Tutor:

José Ángel Aranda Domingo

Curso: 2020/2021

Fecha: Valencia, Septiembre 2021



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ANEJO Nº 2: ESTUDIO HIDRÁULICO



ÍNDICE

1. Introducción	40
2. Condiciones Iniciales	40
2.1 Geometría del terreno	40
2.2 Rugosidad	41
2.3 Comprobación hidráulica	41
3. Diseño de la obra de drenaje transversal.....	42
4. Resultados obtenidos.....	45
4.1 Dos cajones de 3 x 2 m.....	45
4.2 Dos cajones de 2 x 2 m.....	46
4.3 Un cajón de 4 x 2 m.....	47
5. Cálculo de la escollera	48
5.1 Iteración 1	49
5.2 Iteración 2	49
5.3 Iteración 3	50

1. Introducción

El objeto del siguiente anejo es diseñar y comprobar el funcionamiento hidráulico de la obra de drenaje transversal necesaria para el caudal con un periodo de retorno de 100 años, el cual ha sido calculado en el anejo del estudio hidrológico.

La normativa empleada es Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 – IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras.

Para realizar este estudio se ha utilizado el software HEC-RAS, el cual es un programa de modelización hidráulica unidimensional que permite simular flujos en cauces naturales o artificiales.

2. Condiciones Iniciales

2.1 Geometría del terreno

La geometría del terreno se ha obtenido a partir de un modelo digital del terreno descargado del CNIG y la cartografía de la zona proporcionada por el tutor a escala 1:1000.

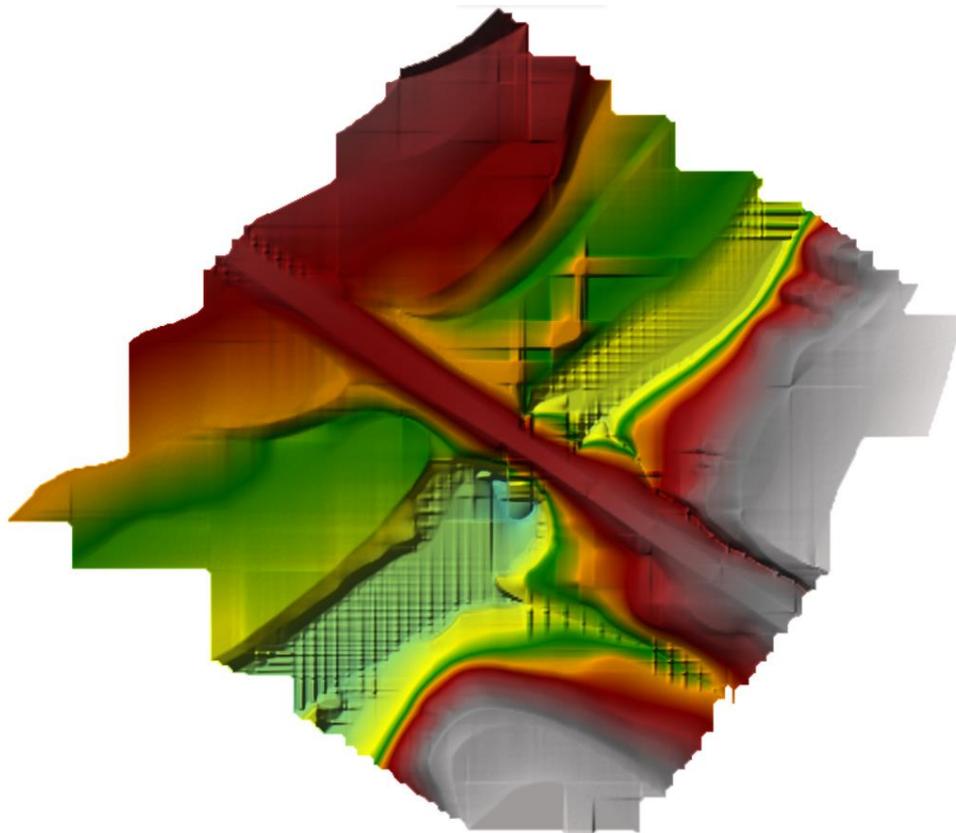


Ilustración 19. Geometría del terreno.



2.2 Rugosidad

Para definir el coeficiente “n” de Manning del cauce y del terreno contiguo al cauce es necesario observar los usos del suelo, por lo que se le ha asignado un valor de 0,035 ya que no se encuentra una gran cantidad de vegetación en el cauce. Por otro lado, el coeficiente “n” del marco prefabricado presenta un valor de 0,012 porque es de hormigón.

2.3 Comprobación hidráulica

Según la norma 5.2 – IC Drenaje Superficial de la Instrucción de Carreteras, una obra de drenaje transversal debe cumplir las siguientes condiciones:

- La altura de la embocadura de la ODT (Hemb) debe ser igual o mayor 1,2 veces la altura libre del conducto medida desde la solera ($H_{emb} > 1,2 H$).
- La dimensión mínima recomendada de una ODT en función de su longitud como indica la siguiente tabla:

L (m)	D_L (m)
L (m) < 3	D _L (m) ≥ 0,6
3 ≤ L (m) < 4	D _L (m) ≥ 0,8
4 ≤ L (m) < 5	D _L (m) ≥ 1,0
5 ≤ L (m) < 10	D _L (m) ≥ 1,2
10 ≤ L (m) < 15	D _L (m) ≥ 1,5
L (m) ≥ 15	D _L (m) ≥ 1,8

Tabla 1. Dimensión mínima recomendada de una ODT en función de su longitud.

- La ODT con carácter general debe funcionar con control de entrada, es decir, que la capacidad de desagüe de la ODT es dada por la capacidad de la entrada.
- La sobreelevación del nivel de la corriente provocada por la ODT será el menor de los siguientes:
 - Cincuenta centímetros (50 cm)
 - La correspondiente a una altura de lámina de agua a la entrada del conducto inferior a uno coma dos veces la altura libre del conducto ($H_e < 1,2 H$)
- Con carácter general, el resguardo libre existente hasta la plataforma debe ser superior a 0,5 metros ($R_{odt} \geq 0,5 \text{ m}$).

- La velocidad debe ser inferior a la máxima admisible en función del material de la ODT como se indica en la siguiente tabla:

Naturaleza de la superficie	Máxima velocidad admisible (m/s)
Terreno sin vegetación arenoso o limoso	0,20-0,60
Terreno sin vegetación arcilloso	0,60-0,90
Terreno sin vegetación en arcillas duras y margas blandas	0,90-1,40
Terreno sin vegetación en gravas y cantos	1,20-2,30
Terreno parcialmente cubierto de vegetación	0,60-1,20
Terreno con vegetación herbácea permanente	1,20-1,80
Rocas blandas	1,40-3,00
Mampostería, rocas duras	3,00-5,00
Hormigón	4,50-6,00

Tabla 2. Máxima velocidad admisible en función de la naturaleza de la superficie.

3. Diseño de la obra de drenaje transversal

Una vez obtenida la geometría del terreno se procede a introducir el modelo hidráulico con la ayuda de la herramienta del HEC-RAS llamada RAS Mapper, en donde se ha definido el cauce del barranco y unas secciones transversales para poder así realizar la obra de drenaje transversal.

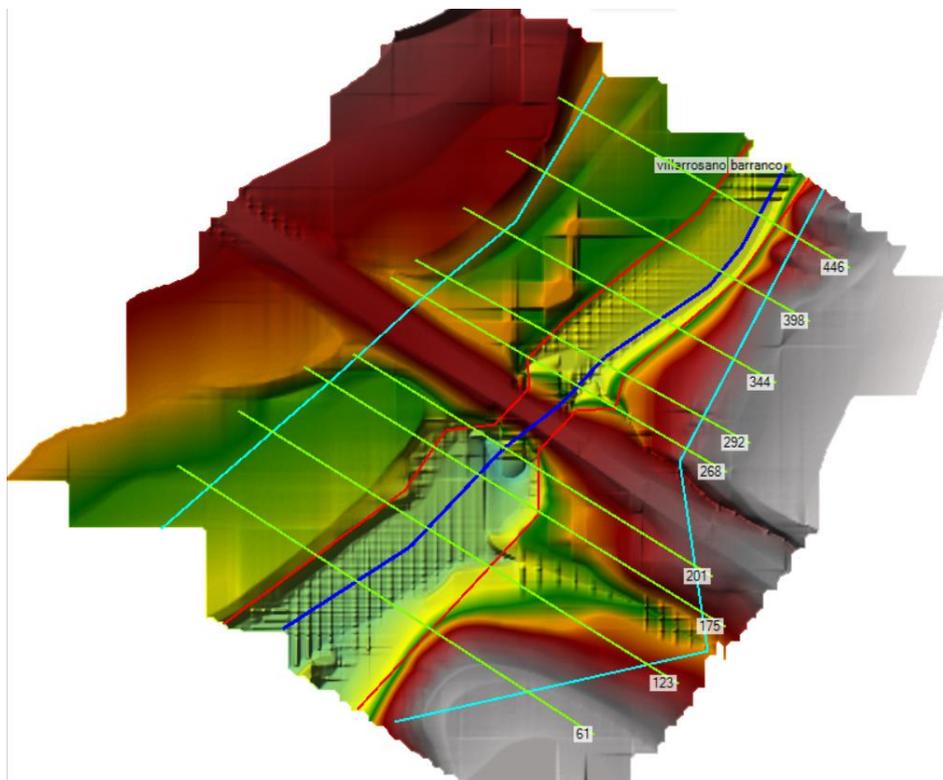


Ilustración 20. Geometría del terreno modificada mediante la herramienta RAS Mapper.

A continuación, se ha creado la ODT mediante la herramienta “culvert” del HEC-RAS en donde se define las características del drenaje, como el tipo de drenaje deseado, el ancho, alto o rugosidad del drenaje como se puede observar en la siguiente imagen:

Culvert Data Editor

Culvert Group: **Culvert #1**

Solution Criteria: **Computed Flow Control**

Shape: **Box** Span: **4** Rise: **2**

Chart #: **58- Rectangular concrete**

Scale #: **2 - Side tapered; More favorable edges**

Distance to Upstrm XS: **0.05**

Culvert Length: **15.5**

Entrance Loss Coeff: **0.5**

Exit Loss Coeff: **1**

Manning's n for Top: **0.012**

Manning's n for Bottom: **0.012**

Depth to use Bottom n: **0**

Depth Blocked: **0**

Upstream Invert Elev: **1106**

Downstream Invert Elev: **1105.2**

Culvert Barrel Data

Barrel Centerline Stations	# Barrels
1	1

Barrel Name	US Sta	DS Sta
1 Barrel #1	41	50
2		
3		
4		
5		

Barrel GIS Data: Barrel #1	Length
1	0
2	
3	
4	
5	

Individual Barrel Centerlines ... Show on Map OK Cancel Help

Select culvert to edit

Ilustración 21. Características del culvert.

Una vez diseñado el tipo de drenaje se procede a simular el paso del caudal calculado en el anejo hidrológico a través de la ODT. Para ello es necesario definir las condiciones de contorno:

Steady Flow Data - Prueba_01

File Options Help

Description :

Enter/Edit Number of Profiles (32000 max): **1** Reach Boundary Conditions ...

Locations of Flow Data Changes

River: **villarrosano** Add Multiple...

Reach: **barranco** River Sta.: **446** Add A Flow Change Location

Flow Change Location		Profile Names and Flow Rates	
River	Reach	RS	T100
1 villarrosano	barranco	446	18.58

Ilustración 22. Condiciones de contorno.

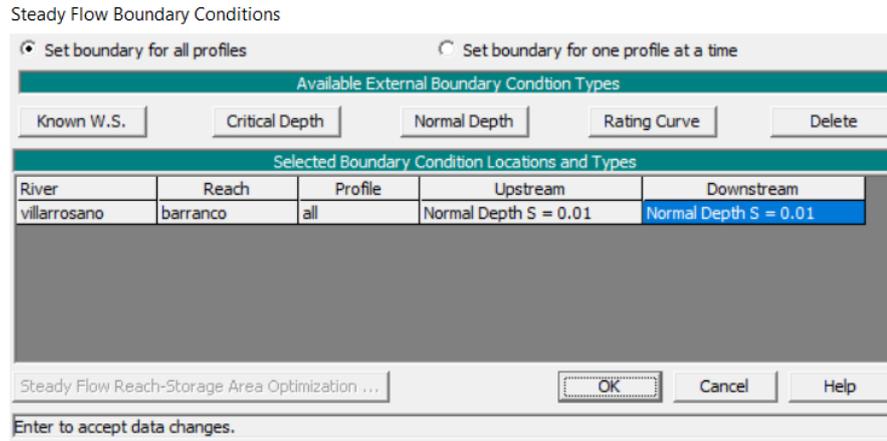


Ilustración 23. Condiciones de contorno.

En la siguiente imagen se puede observar el comportamiento del agua con un caudal de un periodo de retorno de 100 años en la geometría de estudio:

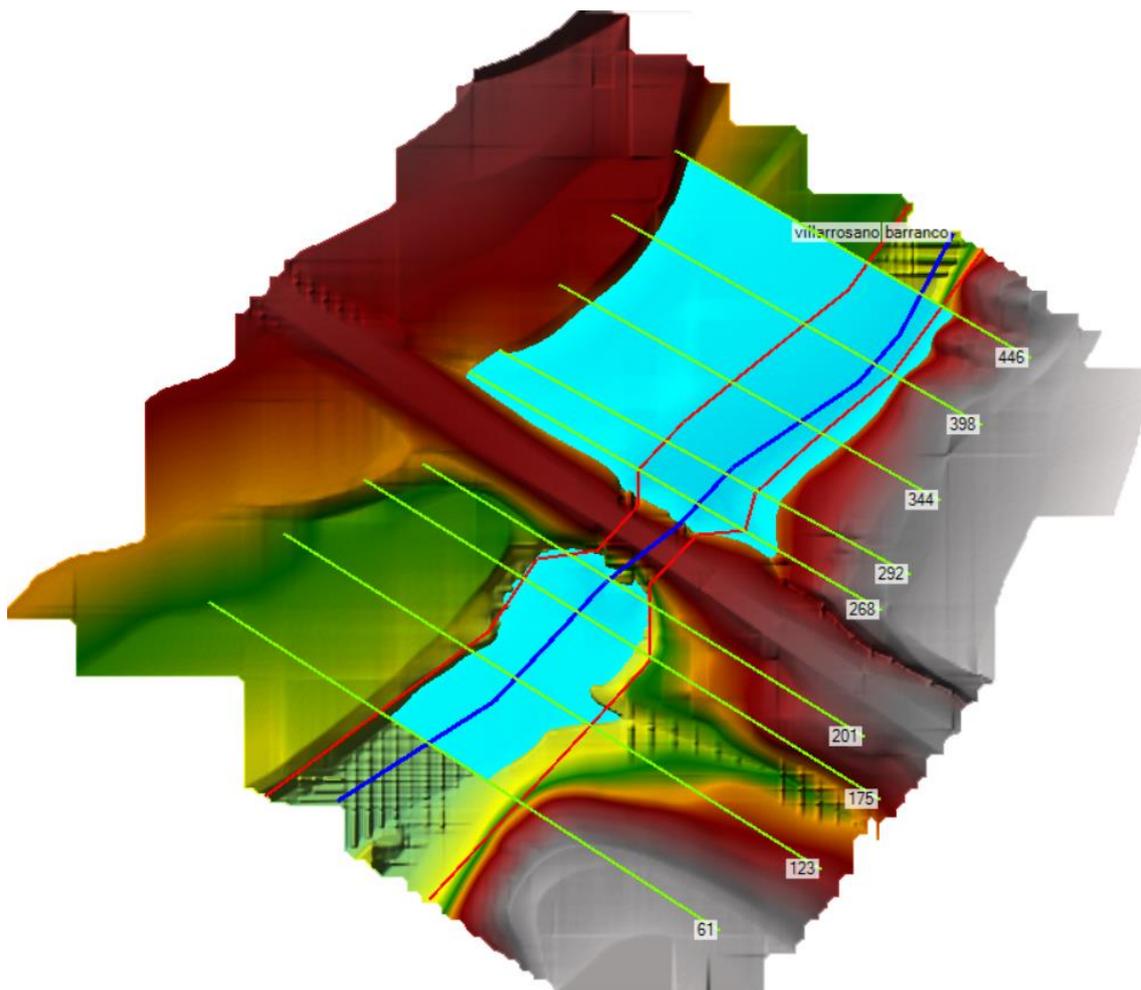


Ilustración 24. Geometría del terreno con el caudal de periodo de retorno de 100 años.

4. Resultados obtenidos

Para obtener la solución más adecuada se han realizado simulaciones del funcionamiento hidráulico de tres opciones diferentes mediante el software HEC-RAS:

1. Doble cajón de 3x2 m
2. Doble cajón de 2x2 m
3. Un cajón de 4x2 m

4.1 Dos cajones de 3 x 2 m

Esta alternativa cumple todas las condiciones de la norma 5.2 – IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras ya que la $H_e=1,77$ m y la velocidad máxima no supera los 6 m/s, sin embargo, se puede observar que esta alternativa está sobredimensionada porque cumple con un gran margen las comprobaciones hidráulicas, lo que supone un incremento del presupuesto.

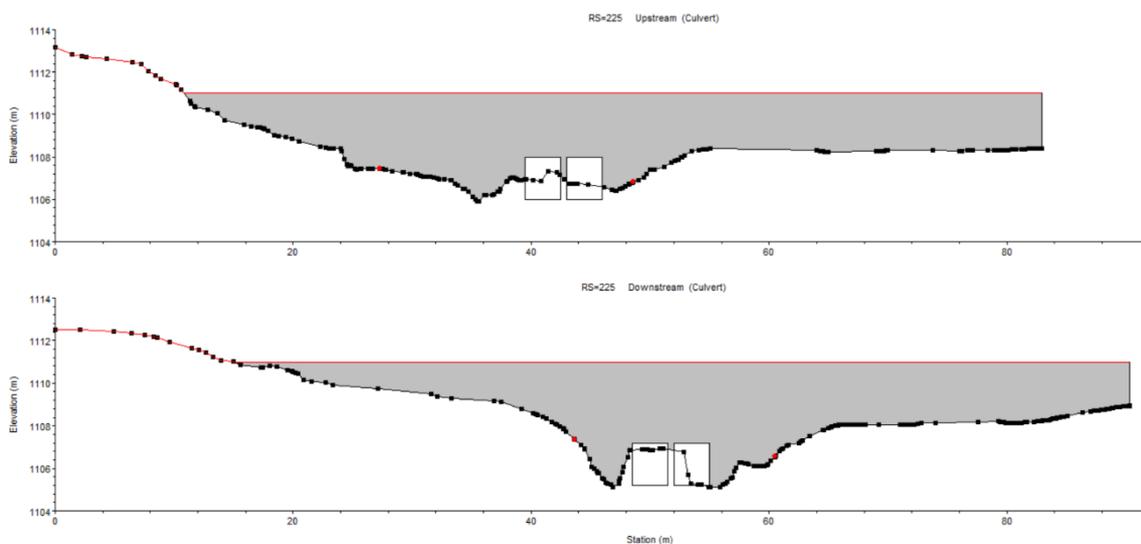
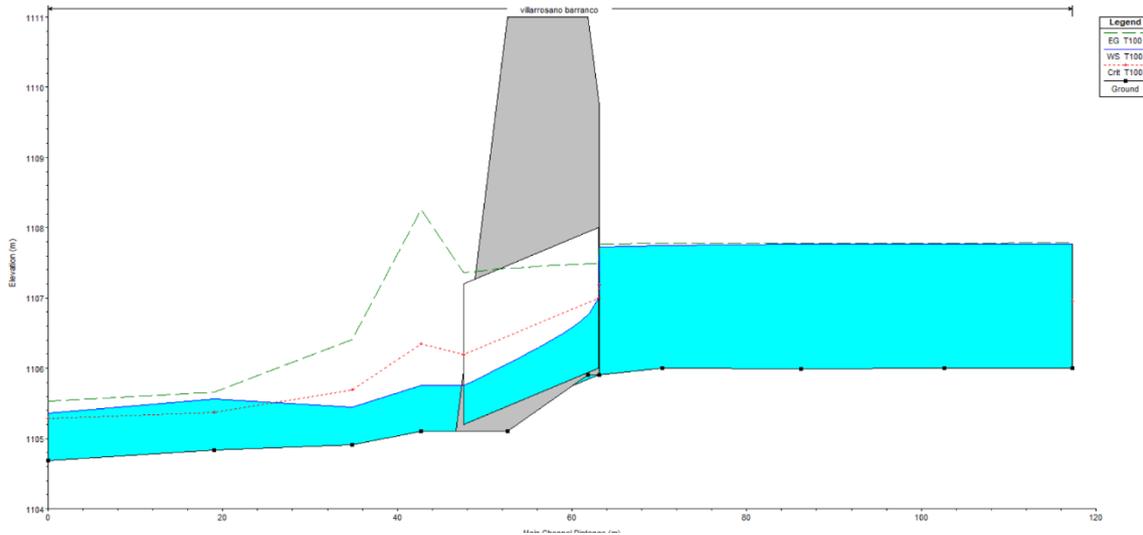


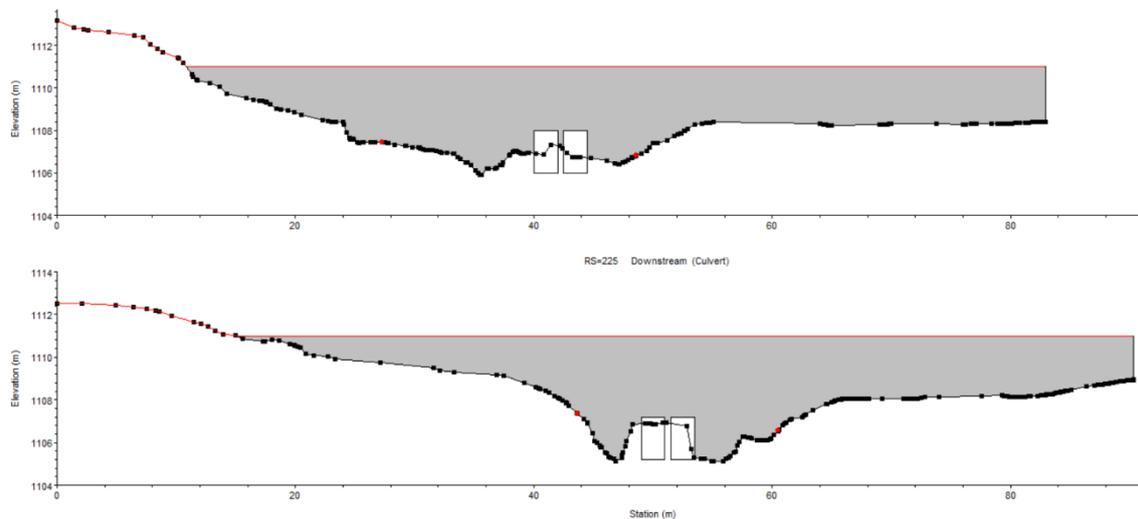
Ilustración 25. Culvert de dos cajones de 3 x 2 m.



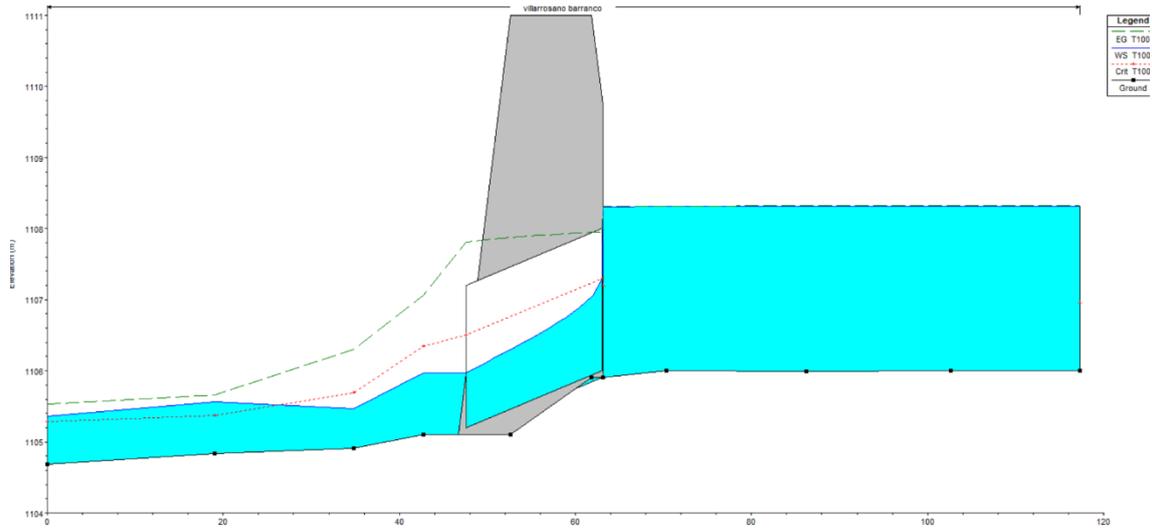
Il·lustració 26. Gràfic del perfil longitudinal del terreny i la ODT.

4.2 Dos cajones de 2 x 2 m

Esta alternativa cumple todas las condiciones de la norma 5.2 – IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras ya que la $H_e=2,32$ m y la velocidad máxima no supera los 6 m/s ya que es de 3,9 m/s. Aunque esta alternativa presenta un problema porque entre los dos cajones se queda una pared de 40 cm, en la cual se acumulan sedimentos y su funcionamiento hidráulico es peor, ya que esa pared actúa como una obstrucción al flujo del agua generando fenómenos indeseables.



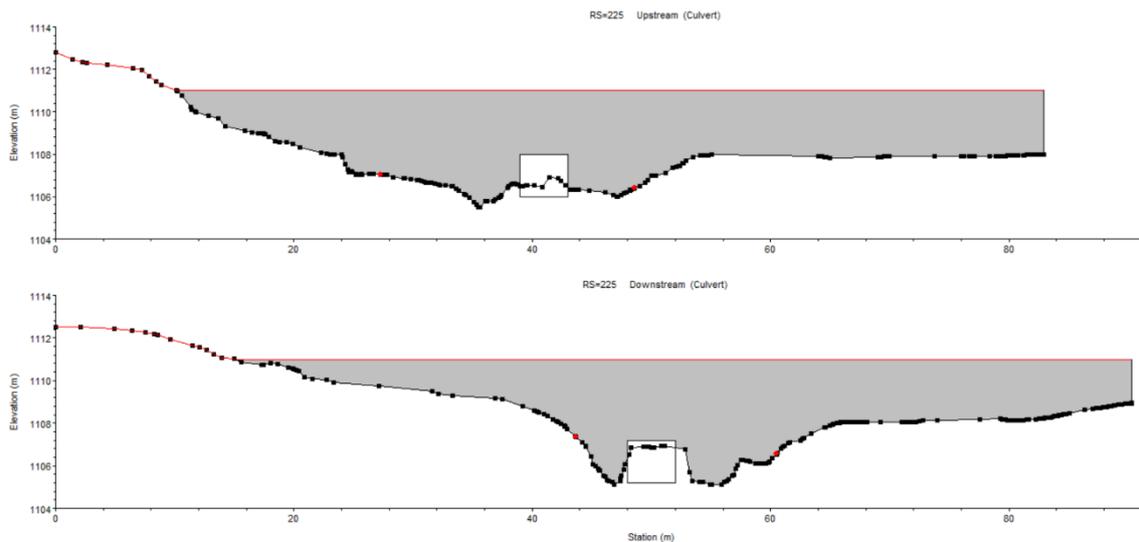
Il·lustració 27. Culvert de dos cajones de 2 x 2 m.



Il·lustració 28. Gràfic del perfil longitudinal del terreny i la ODT.

4.3 Un cajón de 4 x 2 m

Se ha escogido esta alternativa porque cumple todas las condiciones de la norma 5.2 – IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras ya que la $H_e=2,32$ m y la velocidad máxima no supera los 6 m/s ya que es de 3,82 m/s. Además, esta alternativa funciona de manera correcta hidráulicamente ya que no obstruye el flujo como la anterior alternativa. Por otro lado, ambas soluciones presentan presupuestos parecidos, por lo que esta solución es la más indicada y su montaje se simplifica.



Il·lustració 29. Culvert de un cajón de 4 x 2 m.

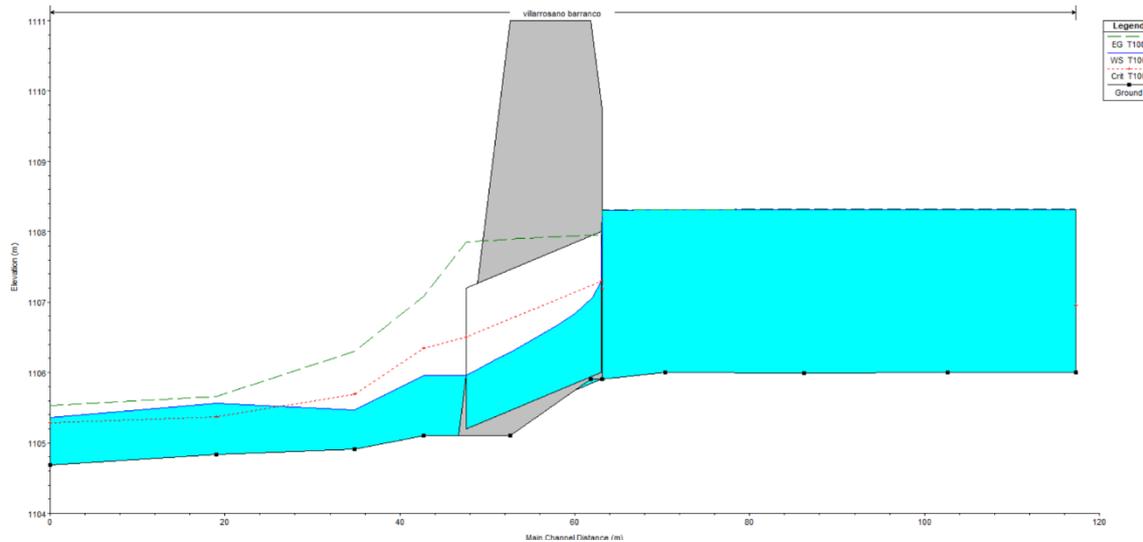


Ilustración 30. Gráfico del perfil longitudinal del terreno y la ODT.

5. Cálculo de la escollera

Es necesario colocar una escollera en la salida de la obra de drenaje transversal para proteger el lecho del cauce de la socavación que produce el agua. Para el cálculo de dicha escollera se ha empleado la fórmula de Maynard (1987):

$$\frac{D_{30}}{y} = 1,2 \times 0,3 \times \left[\left(\frac{\gamma}{\gamma_s - \gamma} \right)^{\frac{1}{2}} \times \frac{v}{\sqrt{g \times y}} \right]^{2,5}$$

Los distintos parámetros que componen esta fórmula son:

- D_{30} = diámetro de la escollera para el que el 30% de la muestra (en peso) presenta un diámetro menor que ese valor.
- y = calado medio en la sección sobre la escollera (m).
- γ = peso específico del agua (kN/m^3).
- γ_s = peso específico de la escollera (kN/m^3).
- v = velocidad media en la sección sobre la escollera (m/s).
- g = aceleración de la gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$).

El coeficiente de valor 1,2 se corresponde con el factor de seguridad del diseño y el coeficiente de valor 0,3 se corresponde con la condición de inicio de movimiento de las partículas.

Para poder emplear esta metodología se tienen en cuenta las siguientes condiciones relativas al coeficiente de Manning de la escollera y a la granulometría:



$$D_{90} = 1,45 \times D_{30}$$

$$n = 0,0439 \times (D_{90})^{\frac{1}{6}}$$

Los distintos parámetros que componen estas fórmulas son:

- D_{90} = diámetro de la escollera para el que el 90% de la muestra (en peso) presenta un diámetro menor que ese valor.
- n = coeficiente de rugosidad de Manning.

Como se puede apreciar el calado y la velocidad dependen del tamaño de la escollera y viceversa, por lo que es necesario realizar iteraciones.

5.1 Iteración 1

Supongo un valor inicial de $D_{30} = 0,3$ m.

$$D_{90} = 1,45 * D_{30} = 1,45 * 0,3 = 0,435 \text{ m.}$$

$$n = 0,0439 * D_{90}^{1/6} = 0,0439 * 0,435^{1/6} = 0,0382.$$

$$Q = \frac{A}{n} R H^{2/3} \times \sqrt{I} \longrightarrow 18,58 = \frac{4*y}{0,0382} * \left(\frac{4*y}{4+2*y} \right)^{2/3} * 0,01^{1/2} \longrightarrow y = 1,4 \text{ m.}$$

$$V = Q / A = 18,58 / (4 * 1,4) = 3,318 \text{ m/s.}$$

$$D_{30} = 1,4 * 1,2 * 0,3 * \left[\left(\frac{10}{22,5-10} \right)^{1/2} * \left(\frac{3,32}{\sqrt{9,81*1,4}} \right) \right]^{2,5} = 0,289 \text{ m.}$$

5.2 Iteración 2

En este caso comienzo con el valor anterior de $D_{30} = 0,289$ m.

$$D_{90} = 1,45 * D_{30} = 1,45 * 0,289 = 0,419 \text{ m.}$$

$$n = 0,0439 * D_{90}^{1/6} = 0,0439 * 0,419^{1/6} = 0,0380.$$

$$Q = \frac{A}{n} R H^{2/3} \times \sqrt{I} \longrightarrow 18,58 = \frac{4*y}{0,038} * \left(\frac{4*y}{4+2*y} \right)^{2/3} * 0,01^{1/2} \longrightarrow y = 1,39 \text{ m.}$$

$$V = Q / A = 18,58 / (4 * 1,39) = 3,342 \text{ m/s.}$$

$$D_{30} = 1,39 * 1,2 * 0,3 * \left[\left(\frac{10}{22,5-10} \right)^{1/2} * \left(\frac{3,342}{\sqrt{9,81*1,39}} \right) \right]^{2,5} = 0,294 \text{ m.}$$

5.3 Iteración 3

En este caso comienzo con el valor anterior de $D_{30} = 0,294$ m.

$$D_{90} = 1,45 * D_{30} = 1,45 * 0,294 = 0,428 \text{ m.}$$

$$n = 0,0439 * D_{90}^{1/6} = 0,0439 * 0,428^{1/6} = 0,0381.$$

$$Q = \frac{A}{n} R H^{2/3} \times \sqrt{I} \longrightarrow 18,58 = \frac{4*y}{0,0381} * \left(\frac{4*y}{4+2*y} \right)^{2/3} * 0,01^{1/2} \longrightarrow y = 1,392 \text{ m.}$$

$$V = Q / A = 18,58 / (4 * 1,392) = 3,337 \text{ m/s.}$$

$$D_{30} = 1,392 * 1,2 * 0,3 * \left[\left(\frac{10}{22,5-10} \right)^{1/2} * \left(\frac{3,337}{\sqrt{9,81*1,392}} \right) \right]^{2,5} = 0,294 \text{ m.}$$

Una vez terminadas las iteraciones se obtiene que el valor de $D_{30} = 0,294$ m como se puede observar en la siguiente tabla, la cual muestra un resumen del proceso iterativo.

D30 (m)	D90 (m)	n	y (m)	V (m/s)	D'30 (m)
0,3	0,435	0,0382	1,4	3,318	0,289
0,289	0,419	0,0380	1,39	3,342	0,294
0,294	0,428	0,0381	1,392	3,337	0,294

Tabla 3. Resumen del proceso iterativo.

Una vez obtenido el valor de D_{30} se puede calcular el peso característico asociado a este diámetro, ya que la forma de la escollera se aproxima a un elipsoide, cuyos ejes deben cumplir la siguiente condición para evitar elementos demasiados planos en la escollera:

$$\frac{a+b}{2c} = \text{índice de planaridad} < 2$$

Donde "a" es el eje mayor del elipsoide, "b" y "c" son los ejes menores, por lo que $D_{30} = "b"$, ya que este es el eje que determina el paso por el tamiz.

$$b = 0,294 \text{ m.}$$

$$a = (3/2) * b = 0,441 \text{ m.}$$

$$c = (5/8) * b = 0,184 \text{ m.}$$

$$\frac{a+b}{2c} = 1,997 < 2$$

Con los resultados obtenidos se puede calcular el volumen del elipsoide:

$$V = \frac{4*\pi}{3} * \left(\frac{a}{2} \right) * \left(\frac{b}{2} \right) * \left(\frac{c}{2} \right) = \frac{4*\pi}{3} * \left(\frac{0,441}{2} \right) * \left(\frac{0,294}{2} \right) * \left(\frac{0,184}{2} \right) = 0,0125 \text{ m}^3.$$

A continuación, se calcula el peso característico:

$$P = \gamma_s * V = 2250 * 0,0125 = 28,12 \text{ Kg.}$$

Una vez obtenido el peso característico se puede definir un huso granulométrico mediante una curva granulométrica comprendida entre una curva granulométrica mínima y una curva granulométrica máxima como se puede observar en la siguiente tabla y el siguiente gráfico:

	PESO	MIN	MAX	Curva granulométrica propuesta
P/3	9,37	0		
P/3	9,37	10		0
P/2	14,06	20		10
P	28,12	50	0	30
P	28,12	100	10	30
3P/2	42,18		30	50
2P	56,24		50	70
5P/2	70,30		58,3	85
3P	84,36		66,7	95
7P/2	98,42		75	100
4P	112,48		83,3	
9P/2	126,54		91,7	
5P/1	140,60		100	

Tabla 4. Huso granulométrico definido por una curva mínima y una curva máxima. Curva granulométrica propuesta para la escollera de protección del lecho del cauce.

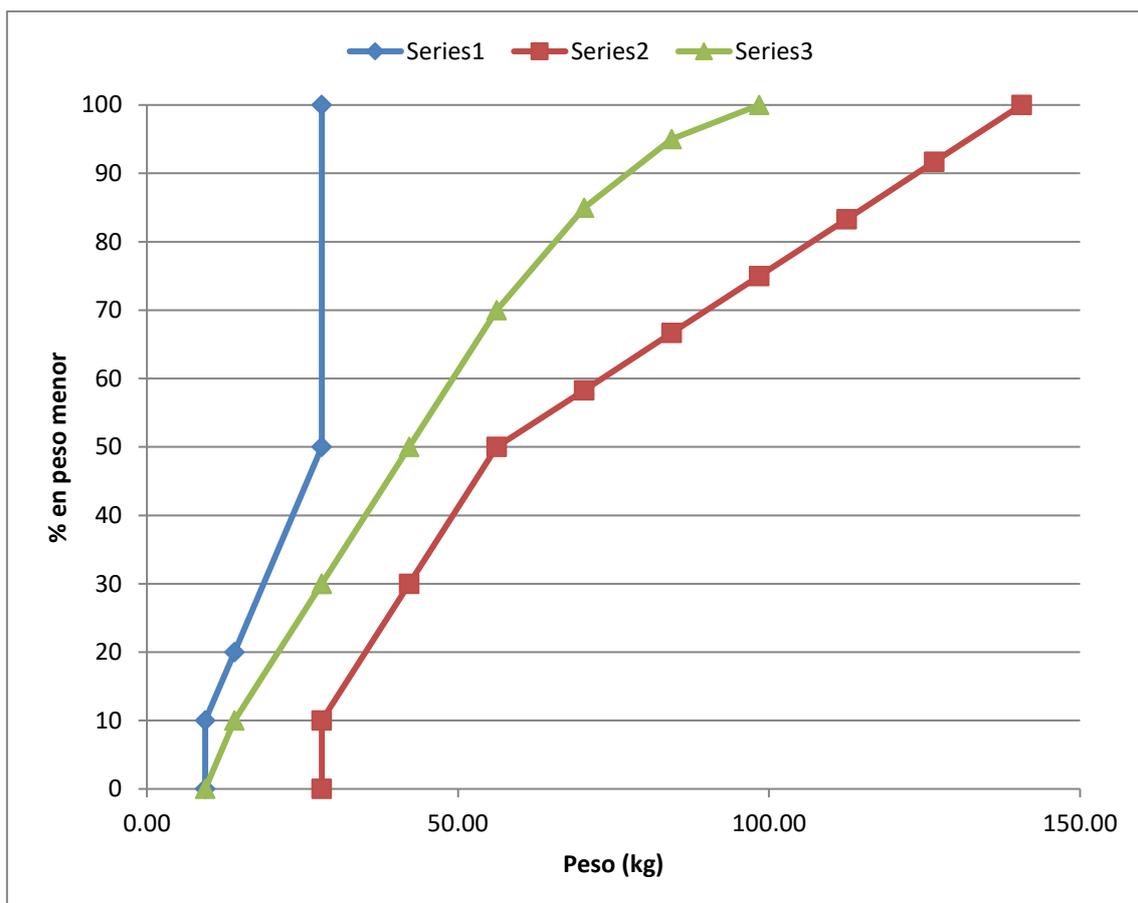


Ilustración 31. Huso granulométrico y curva granulométrica de la escollera de protección.



Después del cálculo del huso granulométrico de la escollera es necesario definir las características de la escollera:

- Espesor: $2 * D_{30} = 0,59$ m, aunque se adoptará un valor de 1 para estar del lado de la seguridad
- Peso máximo: 98,42 Kg.
- Longitud: 10 m, la cual es una distancia conservadora.

Por último, es necesario colocar un geotextil bajo la escollera para evitar la fuga de finos la cual puede causar el fallo de la escollera.



Proyecto básico del cruce de la carretera TE-V-1008 con el Barranco de Villarrosano. Término municipal de Celadas (Teruel)

Documento Nº 2: Planos

Titulación:

Grado en Ingeniería de Obras Públicas

Autor:

Isaac López Conejero

Tutor:

José Ángel Aranda Domingo

Curso: 2020/2021

Fecha: Valencia, Septiembre 2021



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



DOCUMENTO Nº 2: PLANOS



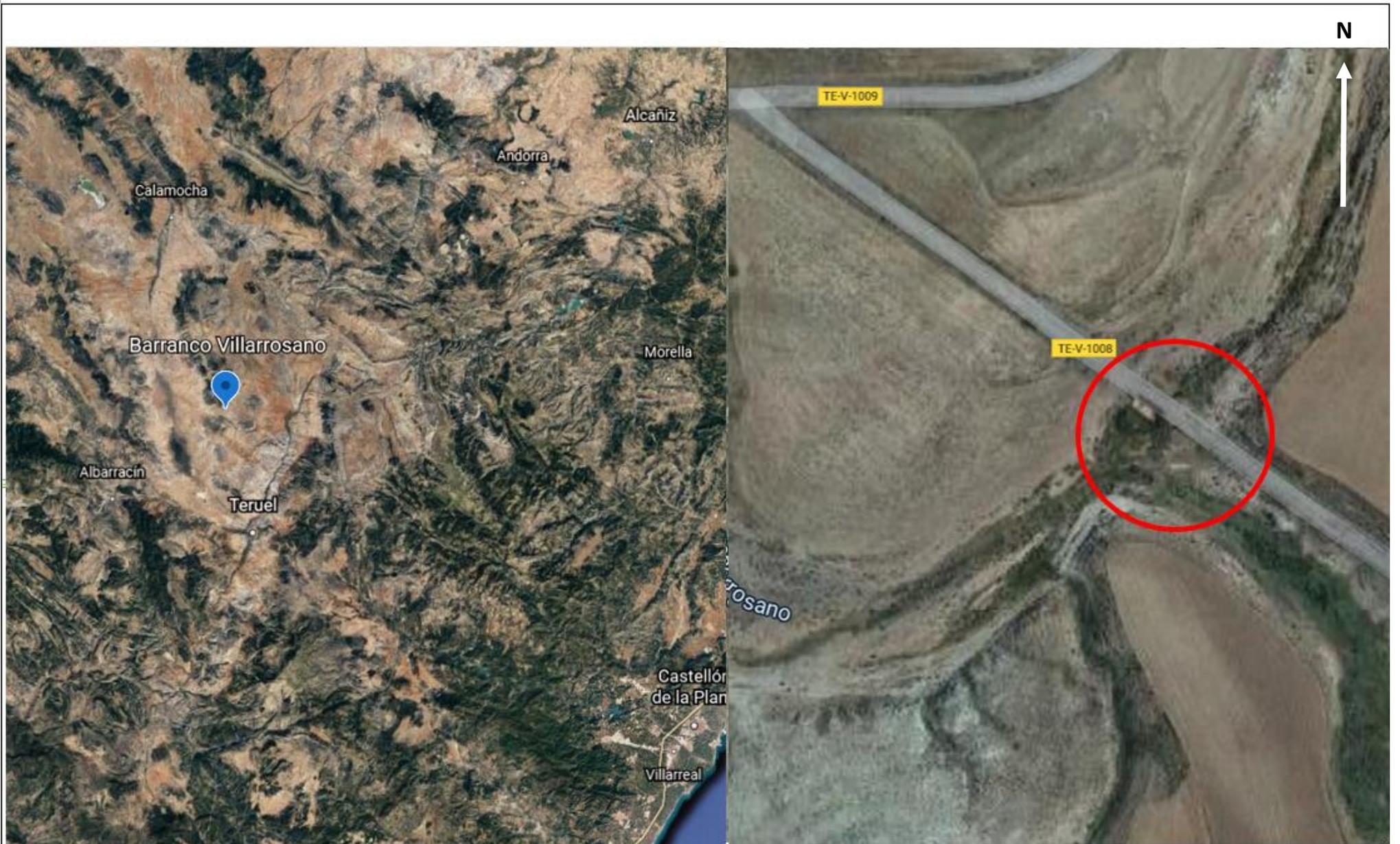
ÍNDICE

Plano Nº 1: Situación y Emplazamiento

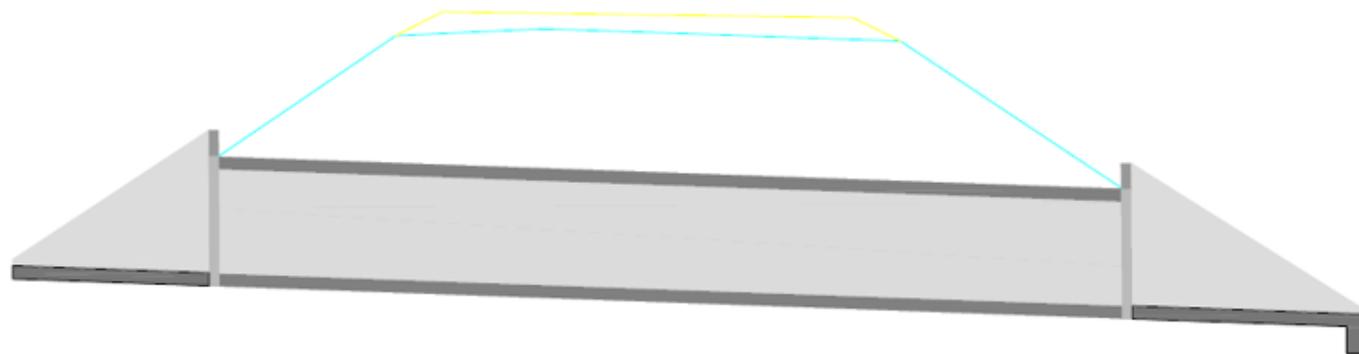
Plano Nº 2: Perfil transversal de la ODT

Plano Nº 3: Planta de la ODT

Plano Nº 4: Planta de la carretera



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		AUTOR DEL PROYECTO	FECHA	TÍTULO DEL PROYECTO	ESCALA	TÍTULO DEL PLANO	NÚMERO DE PLANO: 1
		ISAAC LOPEZ CONEJERO	SEPTIEMBRE 2021	PROYECTO BASICO DEL CRUCE DE LA CARRETERA TE-V-1008 CON EL BARRANCO DE VILLARROSANO. TERMINO MUNICIPAL DE CELADAS (TERUEL)	VARIABLE	SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	HOJA 1 / 4



UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA



AUTOR DEL PROYECTO
**ISAAC LOPEZ
CONEJERO**

FECHA
SEPTIEMBRE 2021

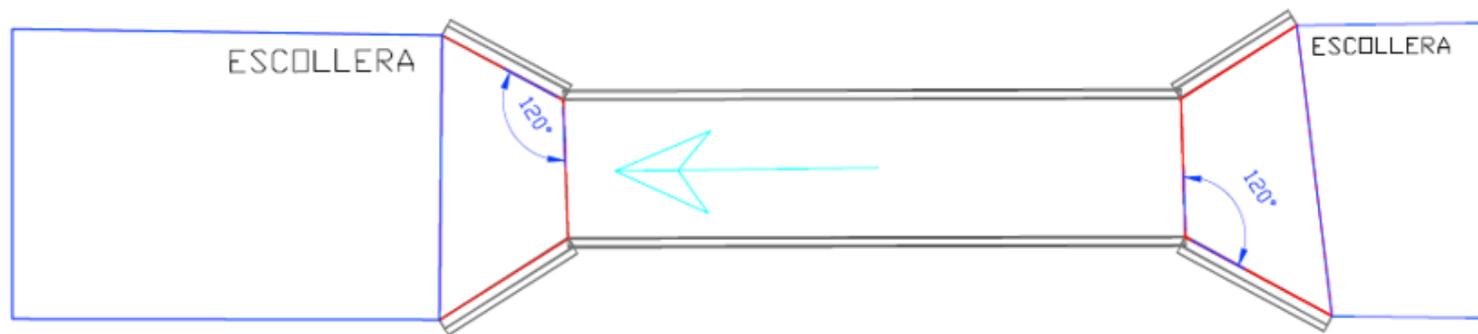
TÍTULO DEL PROYECTO
**PROYECTO BÁSICO DEL CRUCE DE LA CARRETERA
TE-V-1008 CON EL BARRANCO DE VILLARROSANO.
TÉRMINO MUNICIPAL DE CELADAS (TERUEL)**

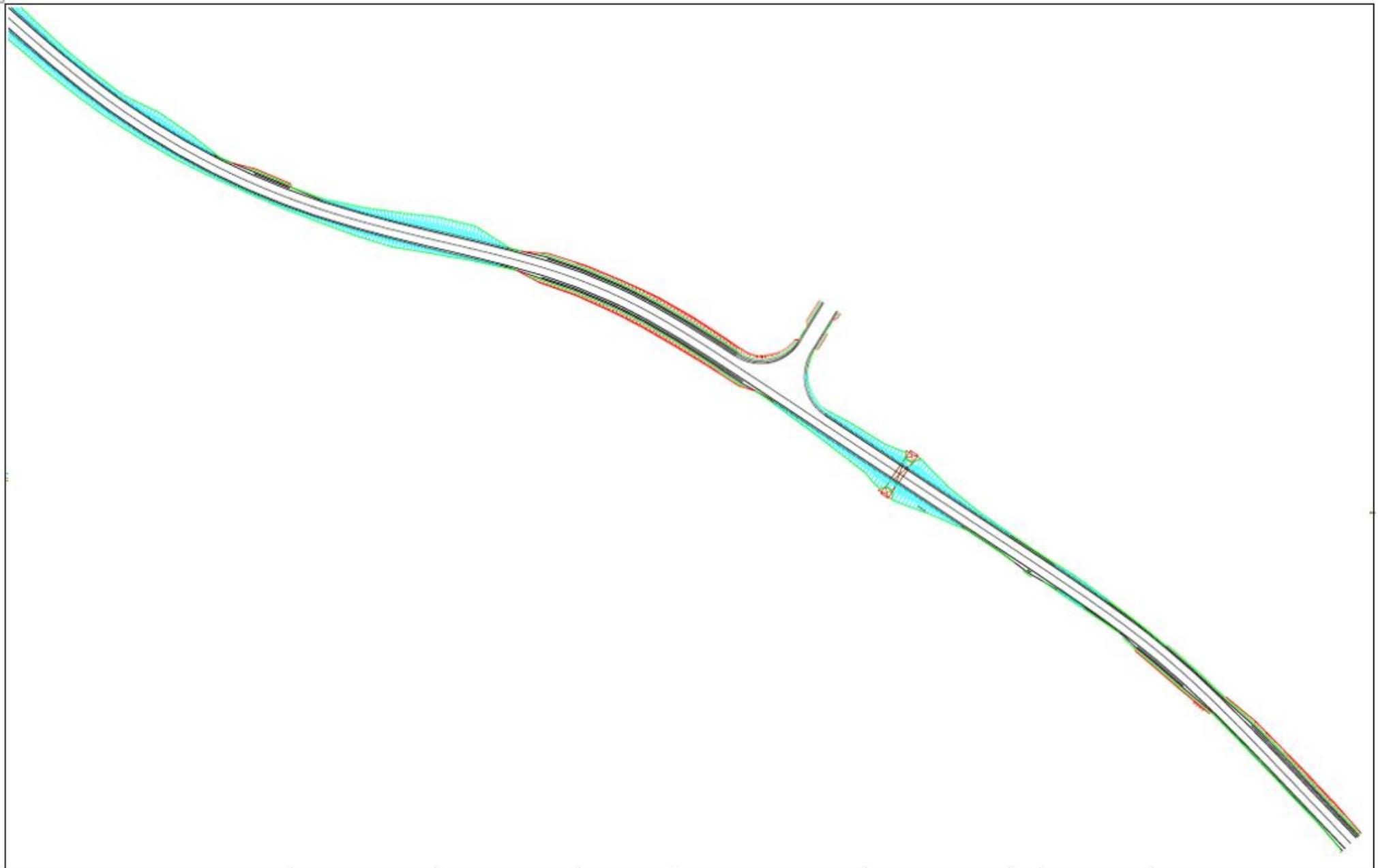
ESCALA
VARIABLE

TÍTULO DEL PLANO
**SITUACIÓN Y
EMPLAZAMIENTO**

NÚMERO DE PLANO: 2

HOJA 2 / 4





 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA 	AUTOR DEL PROYECTO	FECHA	TÍTULO DEL PROYECTO	ESCALA	TÍTULO DEL PLANO	NÚMERO DE PLANO: 4
	ISAAC LOPEZ CONEJERO	SEPTIEMBRE 2021	PROYECTO BASICO DEL CRUCE DE LA CARRETERA TE-V-1008 CON EL BARRANCO DE VILLARROSANO. TERMINO MUNICIPAL DE CELADAS (TARAGONA)	1: 3000	PLANTA CARRETERA	HOJA 4 / 4

Valencia, Septiembre 2021.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'ISAAC', with a horizontal line drawn through it.

Fdo: Isaac López Conejero.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Proyecto básico del cruce de la carretera TE-V-1008 con el Barranco de Villarrosano. Término municipal de Celadas (Teruel)

Documento Nº 3: Valoración Económica

Titulación:

Grado en Ingeniería de Obras Públicas

Autor:

Isaac López Conejero

Tutor:

José Ángel Aranda Domingo

Curso: 2020/2021

Fecha: Valencia, Septiembre 2021



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



DOCUMENTO Nº 3: VALORACIÓN ECONÓMICA



ÍNDICE

1. Introducción	67
2. Unidades de Obra.....	67
2.1. Actuaciones previas.....	67
2.2 Movimientos de tierras.....	67
2.3 Estructuras.....	68
2.4 Seguridad y salud.....	69
2.5 Control de Calidad.....	70
2.6 Gestión de residuos.....	70
3. Mediciones y valoración por alternativas	71
3.1 Alternativa 1. Dos cajones de 3 x 2 m.....	71
3.2. Alternativa 2. Dos cajones de 2 x 2 m.....	72
3.3. Alternativa 3. Un cajón de 4 x 2 m.....	73
4. Presupuesto.....	73



1. Introducción

En este documento se realiza la valoración económica del proyecto básico del cruce de la carretera TE-V-1008 con el Barranco de Villarrosano.

Para esto es necesario descomponer la obra en unidades más sencillas y fáciles de cuantificar, por lo que a continuación se describen estas unidades y se les asigna un precio unitario, que junto con la medición correspondiente a esa unidad de obra se puede obtener una valoración económica aproximada del proyecto.

Esta valoración no se corresponde con el presupuesto exacto del proyecto, debido al carácter de Proyecto Básico del trabajo, por lo que ese objetivo queda fuera del alcance de este proyecto.

2. Unidades de Obra

2.1. Actuaciones previas

U01 m²

Despeje y desbroce del terreno por medios mecánicos, incluido destocoado, carga y transporte a vertedero o gestor autorizado hasta una distancia de 30 km.

Son UN EUROS CON SETENTA Y SEIS CÉNTIMOS euros 1,76 €

U02 Ud

Instalación de caseta de obra y servicios de salubridad y confort. Incluye instalación de vestuarios, lavabos e inodoros, botiquín de primeros auxilios e instalación de transformador a pie de obra.

Son CUATROCIENTOS euros 400,00 €

2.2 Movimientos de tierras

U03 m³

Excavación en desmonte en tierra con medios mecánicos (tipo excavadora o similar) sin explosivos, incluido agotamiento y drenaje durante la ejecución, saneo de desprendimientos para la ejecución del marco, incluso carga sobre camión, transporte a vertedero autorizado o acopio en obra para posterior utilización y descarga.



Son DOS EUROS CON TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS 2,36 €

U04 m³

Terraplén, pedraplén o relleno todo-uno con materiales procedentes de la excavación, incluido extendido, humectación, nivelación, terminación, refino de taludes totalmente terminado y compactación al 95 % del próctor normal para la preparación de la superficie del marco.

Son NUEVE EUROS CON CINCUENTA Y DOS CÉNTIMOS 9,52€

U05 m³

Relleno localizado en trasdós de marco y muro de hormigón, con tierra de préstamo, y compactación al 95% del próctor Modificado mediante equipo mecánico con rodillo vibratorio tándem articulado, incluso transporte, extendido, humectación y compactación, refino de taludes, totalmente ejecutado.

Son DIECIOCHO EUROS CON SESENTA Y CUATRO CÉNTIMOS 18,64€

2.3 Estructuras

U06 m³

Hormigón de limpieza y preparación de la superficie de apoyo de marco y aletas, de 10 cm de espesor, de hormigón HL-150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión, en el fondo de la excavación previamente realizada.

Son SESENTA Y UN EURO CON TREINTA Y OCHO CÉNTIMOS 61,38€

U07 ml

Marco prefabricado de hormigón armado de luz interior 200x200x200 Ht 200 IAP-11, AMBIENTE IIa con junta machiembreada, adosado, incluso transporte, descarga, colocación y sellado de juntas.

Son SEISCIENTOS DIECISEIS EUROS CON VEINTIDOS CÉNTIMOS 616,22€

U08 ml

Marco prefabricado de hormigón armado de luz interior 300x200x200 Ht 200 IAP-11, AMBIENTE IIa con junta machiembreada, adosado, incluso transporte, descarga, colocación y sellado de juntas.

Son NOVECIENTOS CUARENTA Y CUATRO EUROS CON CINCO CÉNTIMOS 944,05€



U09 ml

Marco prefabricado de hormigón armado de luz interior 400x200x150 Ht 200 IAP-11, AMBIENTE Ila con junta machiembreada, adosado, incluso transporte, descarga, colocación y sellado de juntas.

Son MIL TRESCIENTOS OCHENTA Y SIETE EUROS CON TREINTA Y CINCO CÉNTIMOS 1387,35€

U010

ALETA M13 M5 PARA MARCO ALTURA H 2000 PDTE 1:1 TI AMB IIA SR, fabricado en fabrica, incluso transporte, colocación y refino de taludes, totalmente ejecutado.

Son MIL TRESCIENTOS SESENTA Y CINCO EUROS 1365,00€

U011 m³

Escollera colocada de piedra caliza de 100 kg de peso máximo, incluso transporte a pie de obra y colocación con retroexcavadora sobre cadenas con pinza para escollera.

Son OCHENTA Y CUATRO EUROS CON SETENTA CÉNTIMOS 84,70€

U012 MI

Levantado con medios manuales y equipo de oxicorte, de barandilla metálica en forma recta, de 100 cm de altura, situada en balcón o terraza de fachada y fijada, sin deteriorar los elementos constructivos a los que está sujeta, y carga manual sobre camión o contenedor. El precio incluye el desmontaje de los accesorios y de los elementos de fijación.

Son SEIS EUROS CON CUARENTA Y NUEVE CÉNTIMOS 6,49€

2.4 Seguridad y salud

U013 Ud

Conjunto de sistemas de protección colectiva, necesarios para el cumplimiento de la normativa vigente en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo. Incluso mantenimiento en condiciones seguras durante todo el período de tiempo que se requiera, reparación o reposición y transporte hasta el lugar de almacenaje o retirada a contenedor.

Son MIL EUROS 1000,00€



UO14 Ud

Conjunto de equipos de protección individual, necesarios para el cumplimiento de la normativa vigente en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo. Incluso mantenimiento en condiciones seguras durante todo el período de tiempo que se requiera, reparación o reposición y transporte hasta el lugar de almacenaje o retirada a contenedor.

Son MIL EUROS

1000,00€

2.5 Control de Calidad

UO15 Ud

Partida Alzada a justificar para el control de calidad en ejecución de ensayos de materiales, compactación, etc. Se considera un 1 % del PEM.

2.6 Gestión de residuos

UO16 Ud

Partida alzada a justificar para la gestión de los residuos de construcción y demolición generados en el ámbito de la actuación. Se considera un 0,8 % del PEM.



3. Mediciones y valoración por alternativas

3.1 Alternativa 1. Dos cajones de 3 x 2 m

Alternativa 1. Dos cajones de 3 x 2 m				
Ud de Obra	Ud. De medición	Medición	Precio Unitario €	Precio total €
Capítulo 1. Actuaciones previas				
U01	2	2365	1.76	4,162.40 €
U02	Ud	1	400.00	400.00 €
Capítulo 2. Movimientos de tierras				
U03	m3	180	2.36	424.80 €
U04	m3	150	9.52	1,428.00 €
U05	m3	45	18.64	838.80 €
Capítulo 3. Estructuras				
U06	m3	13.85	61.38	850.11 €
U08	ml	30	944.05	28,321.50 €
U010	Ud	4	1365.00	5,460.00 €
U011	m3	36	84.70	3,049.20 €
U012	ml	20	6.49	129.80 €
Capítulo 4. Seguridad y salud				
U013	Ud	1	1000.00	1,000.00 €
U014	Ud	1	1000.00	1,000.00 €
Capítulo 5. Control de Calidad				
U015	Ud	1	470.65	470.65 €
Capítulo 6. Gestión de Residuos				
U016	Ud	1	376.52	376.52 €
			TOTAL PEM	47,911.78 €



3.2. Alternativa 2. Dos cajones de 2 x 2 m.

Alternativa 2. Dos cajones de 2 x 2 m				
Ud de Obra	Ud. De medición	Medición	Precio Unitario €	Precio total €
Capítulo 1. Actuaciones previas				
UO1	m2	2365	1.76	4,162.40 €
UO2	Ud	1	400.00	400.00 €
Capítulo 2. Movimientos de tierras				
UO3	m3	127.5	2.36	300.90 €
UO4	m3	110	9.52	1,047.20 €
UO5	m3	45	18.64	838.80 €
Capítulo 3. Estructuras				
UO6	m3	10.15	61.38	623.01 €
UO7	ml	30	616.22	18,486.60 €
UO10	Ud	4	1365.00	5,460.00 €
UO11	m3	27	84.70	2,286.90 €
UO12	ml	20	6.49	129.80 €
Capítulo 4. Seguridad y salud				
UO13	Ud	1	1000.00	1,000.00 €
UO14	Ud	1	1000.00	1,000.00 €
Capítulo 5. Control de Calidad				
UO15	Ud	1	357.36	357.36 €
Capítulo 6. Gestión de Residuos				
UO16	Ud	1	285.88	285.88 €
			TOTAL PEM	36,378.85 €



3.3. Alternativa 3. Un cajón de 4 x 2 m.

Alternativa 3. Un cajón de 4 x 2 m				
Ud de Obra	Ud. De medición	Medición	Precio Unitario €	Precio total €
Capítulo 1. Actuaciones previas				
UO1	m2	2365	1.76	4,162.40 €
UO2	Ud	1	400.00	400.00 €
Capítulo 2. Movimientos de tierras				
UO3	m3	120	2.36	283.20 €
UO4	m3	100	9.52	952.00 €
UO5	m3	30	18.64	559.20 €
Capítulo 3. Estructuras				
UO6	m3	9.23	61.38	566.54 €
UO9	ml	15	1387.35	20,810.25 €
UO10	Ud	2	1365.00	2,730.00 €
UO11	m3	22.5	84.70	1,905.75 €
UO12	ml	20	6.49	129.80 €
Capítulo 4. Seguridad y salud				
UO13	Ud	1	1000.00	1,000.00 €
UO14	Ud	1	1000.00	1,000.00 €
Capítulo 5. Control de Calidad				
UO15	Ud	1	344.99	344.99 €
Capítulo 6. Gestión de Residuos				
UO16	Ud	1	275.99	275.99 €
			TOTAL PEM	35,120.12 €

4. Presupuesto

En este apartado se valora solo el presupuesto de la alternativa 3 ya que como se explica en el anejo hidráulico es la alternativa escogida. Al PEM calculado en el apartado anterior se le aplican los porcentajes correspondientes a los Gastos Generales, Beneficio Industrial e I.V.A. sobre el PEM de la alternativa 3.

Presupuesto de Ejecución Material

Capítulo 1. Actuaciones previas	4,562.40 €
Capítulo 2. Movimientos de tierras	1,794.40 €
Capítulo 3. Estructuras	26,142.34 €
Capítulo 4. Seguridad y salud	2,000.00 €
Capítulo 5. Control de calidad	344.99 €
Capítulo 6. Gestión de residuos	275.99 €

TOTAL 35,120.12 €



Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de TREINTA Y CINCO MIL CIENTO VEINTE EUROS CON DOCE CÉNTIMOS.

Presupuesto de ejecución material (sin I.V.A.)		35,120.12 €
	Gastos Generales (13 %)	4,565.62 €
	Beneficio Industrial (6 %)	2,107.21 €
Presupuesto base de licitación (sin I.V.A.)		41,792.94 €
	I.V.A. (21 %)	8,776.52 €
Presupuesto base de licitación (con I.V.A.)		50,569.46 €

Por tanto, el Presupuesto de la alternativa 3 con el I.V.A. incluido es el siguiente:

50,569.46 €

(CINCUENTA MIL QUINIENTOS SESENTA Y NUEVE EUROS CON CUARENTA Y SEIS CÉNTIMOS)

Valencia, Septiembre 2021

Fdo: Isaac López Conejero



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

