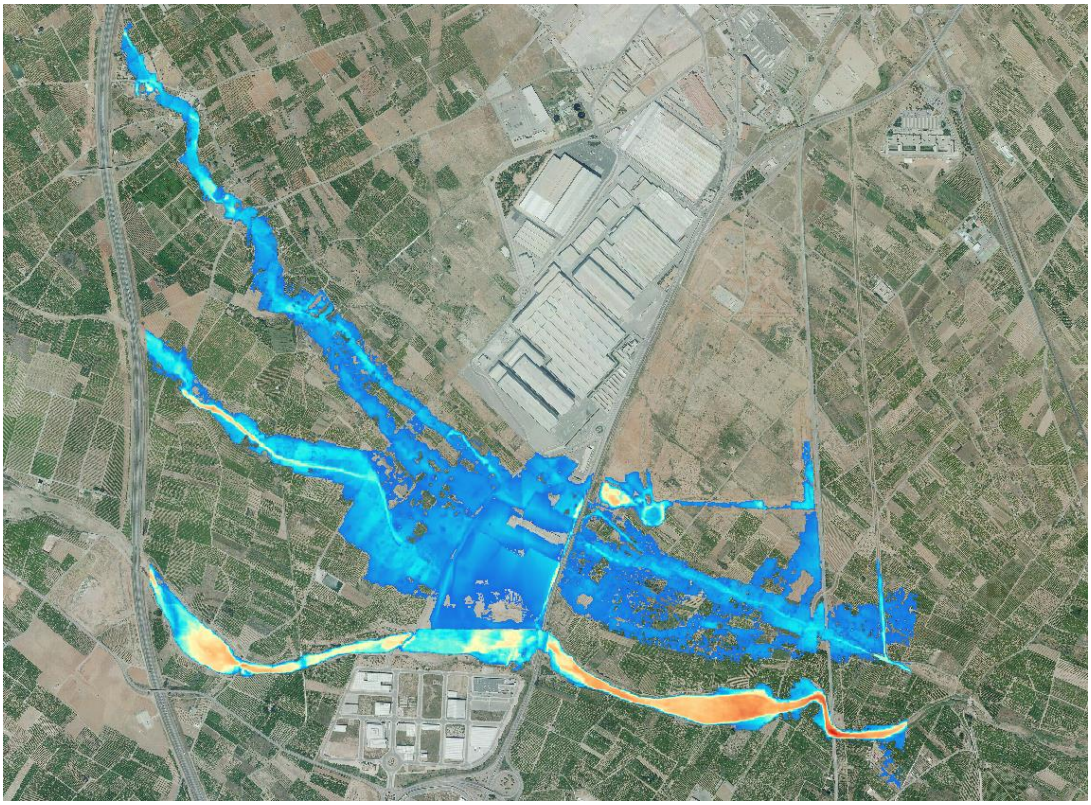
ESTUDIO DE INUNDABILIDAD



ESTUDIO DE INUNDABILIDAD EN LA ZONA OESTE DE VILLARREAL RELATIVO AL PLAN DE REFORMA INTERIOR DEL SECTOR UHI-8

AGOSTO 2019

VIELCA
INGENIEROS

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

ESTUDIO DE INUNDABILIDAD

INDICE

1. ANTECEDENTES 9
2. OBJETO 10
3. ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO 10
4. INUNDACIONES HISTÓRICAS 19
5. CLASIFICACIÓN DEL SUELO 22
6. NORMATIVA DE REFERENCIA 22
   - 6.1. PATRICOVA 22
   - 6.2. SISTEMA NACIONAL DE CARTOGRAFÍA DE ZONAS INUNDABLES 25
7. HIDROLOGÍA 29
   - 7.1. PLUVIOMETRÍA 29
   - 7.2. ANÁLISIS HIDROMORFOMÉTRICO 32
   - 7.3. PERÍODO DE RETORNO 37
   - 7.4. UMBRAL DE ESCORRENTÍA Y NÚMERO DE CURVA 38
   - 7.5. COEFICIENTE DE REDUCCIÓN AREAL DE PRECIPITACIÓN 51
   - 7.6. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN 52
   - 7.7. CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DURACIÓN-INTENSIDAD-FRECUENCIA 53
   - 7.8. HIETOGRAMAS SINTÉTICOS. TORMENTA DE DISEÑO 56
   - 7.9. MODELIZACIÓN HIDROLÓGICA PSEUDO-DISTRIBUIDA. HEC-HMS 58
     - 7.9.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROGRAMA 59
     - 7.9.2. MODELACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN 61
     - 7.9.3. MODELACIÓN DE LA INFILTRACIÓN 61
     - 7.9.4. MODELACIÓN DE LA PROPAGACIÓN 63
   - 7.10. MODELIZACIÓN HIDROLÓGICA AGREGADA. MÉTODO RACIONAL 68
     - 7.10.1. CAUDAL PUNTA. NORMATIVA 5.2-IC. BARRANCO ESBARZERS 68
     - 7.10.2. CAUDAL PUNTA. NORMATIVA 5.2-IC ANTIGUA. BARRANCO ESBARZERS 74
   - 7.11. RESULTADOS OBTENIDOS 77
8. HIDRÁULICA 82
   - 8.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE IBER 83
   - 8.2. MODELO DIGITAL DEL TERRENO 85
   - 8.3. DESCRIPCIÓN DEL MODELO 88
   - 8.4. CAUDALES DE DISEÑO 99
   - 8.5. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES 99
9. AFECCIONES 113
   - 9.1. DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO (DPH) 113
   - 9.2. INCIDENCIA EN EL RÉGIMEN DE CORRIENTES 114
   - 9.3. AFECCIÓN A TERCEROS 117

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

9.4. AFECCIÓN A LA ZONA DE FLUJO PREFERENTE 122
10. CONCLUSIONES 125

ANEXO I. PLANOS

PLANO 1. ZONA DE FLUJO PREFERENTE (ACTUAL Y PROYECTADA)

PLANO 2. NIVELES DE PELIGROSIDAD DE PATRICOVA. SITUACIÓN ACTUAL.

PLANO 3. NIVELES DE PELIGROSIDAD DE PATRICOVA. ESCENARIO PROYECTADO.

PLANO 4. MEDIDA PROTECTORA PROPUESTA FRENTE A INUNDACIONES.

PLANO 5. PLANTA DE ORDENACIÓN URBANÍSTICA.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Factor de amplificación K_T. Máximas lluvias diarias en la España Peninsular. 31
Tabla 2. Máximas precipitaciones diarias de diseño (mm) para distintos períodos de retorno. 31
Tabla 3. Características hidromorfométricas de las cuencas hidrológicas del río Seco/Sonella. 34
Tabla 4. Características hidromorfométricas principales del río Seco/Sonella. 34
Tabla 5. Características hidromorfométricas de las cuencas hidrológicas del barranco Ràtils. 35
Tabla 6. Características hidromorfométricas principales del barranco Ràtils. 35
Tabla 7. Características hidromorfométricas principales del barranco Esbarzers. 36
Tabla 8. Grupos hidrológicos de suelo a efectos de la determinación del valor inicial del umbral de escorrentía. 39
Tabla 9. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 1 del Río Veo. 41
Tabla 10. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 2 del Río Veo. 41
Tabla 11. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 3 del Río Veo. 41
Tabla 12. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 4 del Río Veo. 42
Tabla 13. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 5 del Río Veo. 42
Tabla 14. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 6 del Río Veo. 42
Tabla 15. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 7 del Río Veo. 43
Tabla 16. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 8 del Río Veo. 43
Tabla 17. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 9 del Río Veo. 43
Tabla 18. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 1 del cauce Artana. Afluente del Río Veo. 44
Tabla 19. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 2 del cauce Artana. Afluente del Río Veo. 44
Tabla 20. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 3 del cauce Artana. Afluente del Río Veo. 44
Tabla 21. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 4 del cauce Artana. Afluente del Río Veo. 45
Tabla 22. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 5 del cauce Artana. Afluente del Río Veo. 45
Tabla 23. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 6 del cauce Artana. Afluente del Río Veo. 45
Tabla 24. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 7 del cauce Artana. Afluente del Río Veo. 45
Tabla 25. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 8 del cauce Artana. Afluente del Río Veo. 46
Tabla 26. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 1 del Barranco Ràtils. 46
Tabla 27. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 2 del Barranco Ràtils. 46
Tabla 28. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 3 del Barranco Ràtils. 47
Tabla 29. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 4 del Barranco Ràtils. 47
Tabla 30. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 5 del Barranco Ràtils. 47
Tabla 31. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 6 del Barranco Ràtils. 47
Tabla 32. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 7 del Barranco Ràtils. 48

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

Tabla 33. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 8 del Barranco Ràtils. 48
Tabla 34. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 9 del Barranco Ràtils. 48
Tabla 35. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 10 del Barranco Ràtils. 48
Tabla 36. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca del Barranco Esbarzers. 48
Tabla 37. Coeficiente corrector del umbral de escorrentía. Valores correspondientes a calibraciones regionales. Norma 5.2-IC 50
Tabla 38. Valores adoptados del coeficiente corrector del umbral de escorrentía para cada período de retorno considerado. 50
Tabla 39. Coeficientes de reducción areal de precipitación para las subcuencas del Río Veo. 51
Tabla 40. Coeficientes de reducción areal de precipitación para las subcuencas del barranco Ràtils. 52
Tabla 41. Coeficiente de reducción areal de precipitación para la cuenca del barranco Esbarzers. 52
Tabla 42. Tiempos de concentración de las cuencas hidrológicas del Río Veo. 53
Tabla 43. Tiempos de concentración de las cuencas hidrológicas del Barranco Ràtils. 53
Tabla 44. Tiempo de concentración de la cuenca hidrológica del Barranco Esbarzers. 53
Tabla 45. Números de curva para las distintas subcuencas del Río Seco. T = 25 años. 62
Tabla 46. Números de curva para las distintas subcuencas del Río Seco. T = 100 y 500 años. 62
Tabla 47. Números de curva para las distintas subcuencas del Barranco Ràtils. T = 25 años. 63
Tabla 48. Números de curva para las distintas subcuencas del Barranco Ràtils. T = 100 y 500 años. 63
Tabla 49. Valores de los coeficientes del modelo de Muskingum de propagación en cauces. Río Veo. T = 25 años. 66
Tabla 50. Valores de los coeficientes del modelo de Muskingum de propagación en cauces. Río Veo. T = 100 y 500 años. 66
Tabla 51. Valores de los coeficientes del modelo de Muskingum de propagación en cauces. Barranco Ràtils. T = 25 años. 66
Tabla 52. Valores de los coeficientes del modelo de Muskingum de propagación en cauces. Barranco Ràtils. T = 100 y 500 años. 67
Tabla 53. Parámetros para el cálculo en cuencas pequeñas del levante y sureste peninsular (T > 25años). 69
Tabla 54. Cálculo de la intensidad de precipitación. Cuenca barranco Esbarzers. 72
Tabla 55. Valores del coeficiente de escorrentía C. Cuenca barranco Esbarzers. 73
Tabla 56. Cálculo del coeficiente de uniformidad en la distribución temporal. 73
Tabla 57. Caudales punta (m^3/s) para 25, 100 y 500 años de período de retorno. Barranco Esbarzers. 74
Tabla 58. Intensidad media diaria de precipitación. Norma 5.2-IC anterior. Barranco Esbarzers. 76
Tabla 59. Coeficiente de escorrentía. Norma 5.2-IC anterior. Barranco Esbarzers. 76
Tabla 60. Caudales punta (m^3/s) para 100 y 500 años de período de retorno. Normativa 5.2-IC anterior. Barranco Esbarzers. 77
Tabla 61. Resumen de resultados de caudales punta (m^3/s) para 25, 100 y 500 años de período de retorno. Barranco Esbarzers. 77
Tabla 62. Cuadro resumen de caudales punta de los cauces de estudio. 82
Tabla 63. Coeficientes de rugosidad n de Manning asignados a los tipos de suelo del SIOSE. 93

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación Sector UHI-8 9
Figura 2. Hoja 641 de la serie MAGNA50 del Instituto Geológico y Minero de España 11
Figura 3. Ortofoto del ámbito de actuación. Año 1945. 13
Figura 4. Ortofoto del ámbito de actuación. Año 1956. 13
Figura 5. Ortofoto del ámbito de actuación. Año 1991. 14
Figura 6. Ortofoto del ámbito de actuación. Año 2000. 14
Figura 7. Ortofoto del ámbito de actuación. Año 2017. 14
Figura 8. Esquema geomorfológico del ámbito de actuación (señalada en rojo) donde se aprecia el espacio drenado por los barrancos Ràtils (19) y Esbarzers (18) y la incidencia sobre el ámbito donde se propone el Sector UHI-8. Río Seco de Burriana (17). 15
Figura 9. Cauce río Seco/Veo/Anna en su curso alto. 16
Figura 10. Cauce río Seco/Veo/Anna en su curso medio. 16
Figura 11. Cauce río Seco/Veo/Anna. Estrechamiento de la sección (fotografía superior) y en su curso bajo (fotografías inferiores). 17
Figura 12. Cauce río Seco/Veo/Anna en el entorno de la Bota. 17
Figura 13. Clasificación del suelo sobre catastro. Fuente: Generalitat Valenciana. 22
Figura 14. Cartografía de peligrosidad de inundación de PATRICOVA y catastro en el ámbito de actuación (línea azul). 23
Figura 15. Leyenda de peligrosidad de inundación de PATRICOVA. 24
Figura 16. Cartografía de riesgo de inundación de PATRICOVA y catastro en el ámbito de actuación (línea azul). 24
Figura 17. Precipitaciones (mm) memoria SNCZI. 26
Figura 18. Caudales punta (m^3/s) memoria SNCZI. 26
Figura 19. Cartografía del SNCZI de Zonas Inundables en el ámbito de actuación. 27
Figura 20. Peligrosidad por inundación fluvial del SNCZI. T = 100 años. 28
Figura 21. Peligrosidad por inundación fluvial del SNCZI. T = 500 años. 28
Figura 22. Mapa de isolíneas de la máxima precipitación diaria media P y del valor regional del coeficiente de variación C_v. 30
Figura 23. Cartografía LiDAR de malla 5x5 m (leyenda en metros). Año 2009. 32
Figura 24. Cuencas hidrográficas y red de drenaje calculadas sobre modelo digital de elevaciones (leyenda en metros). 33
Figura 25. Cuencas hidrográficas y red de drenaje calculadas sobre Ortofoto de Máxima Actualidad. 33
Figura 26. Cuencas hidrográficas correspondientes al Río Seco/Sonella (rojo), al barranco Ràtils (azul) y al barranco Esbarzers (amarillo) sobre Ortofoto de Máxima Actualidad. 34
Figura 27. Identificación de cuencas hidrológicas. Río Seco/Sonella. 35
Figura 28. Identificación de cuencas hidrológicas. Barranco Ràtils. 36
Figura 29. Identificación de cuenca hidrológicas. Barranco Esbarzers. 36
Figura 30.Mapas de grupos hidrológicos del suelo. Figura 2.7 de la Norma 5.2-IC. 39
Figura 31.Usos del suelo Nivel 3 cartografía CORINE Land Cover en Cuenca 4 del Río Veo. Año 2012. 40
Figura 32.Leyenda de usos del suelo Nivel 3 cartografía CORINE Land Cover en Cuenca 4 del Río Veo. Año 2012. 40
Figura 33.Regiones consideradas para la caracterización del coeficiente corrector del umbral de escorrentía. Norma 5.1-IC. 49

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

Figura 34.Mapa del índice de torrencialidad (I_1/I_d). 55
Figura 35. Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) para los períodos de retorno considerados. 55
Figura 36. Hietograma de bloques alternos para 25 años de período de retorno. 57
Figura 37. Hietograma de bloques alternos para 100 años de período de retorno. 57
Figura 38. Hietograma de bloques alternos para 500 años de período de retorno. 58
Figura 39. Esquema de modelización hidrológica pseudo-distribuida. 59
Figura 40. Esquema de trabajo de HEC-HMS. 60
Figura 41. Hidrograma unitario adimensional del Soil Conservation Service. 64
Figura 42. Esquema de la modelización hidrológica del Río Veo en HEC-HMS. 67
Figura 43. Esquema de la modelización hidrológica del barranco Ràtils en HEC-HMS. 67
Figura 44. Hidrograma de avenida para T = 25 años. Río Seco. Resultado HEC-HMS. 78
Figura 45. Hidrograma de avenida para T = 100 años. Río Seco. Resultado HEC-HMS. 78
Figura 46. Hidrograma de avenida para T = 500 años. Río Seco. Resultado HEC-HMS. 79
Figura 47. Hidrograma de avenida para T = 25 años. Barranco Ràtils. Resultado HEC-HMS. 79
Figura 48. Hidrograma de avenida para T = 100 años. Barranco Ràtils. Resultado HEC-HMS. 80
Figura 49. Hidrograma de avenida para T = 500 años. Barranco Ràtils. Resultado HEC-HMS. 80
Figura 50. Hidrograma SCS de avenida para T = 25 años. Barranco Esbarzers. 81
Figura 51. Hidrograma SCS de avenida para T = 100 años. Barranco Esbarzers. 81
Figura 52. Hidrograma SCS de avenida para T = 500 años. Barranco Esbarzers. 82
Figura 53. Modelo digital de elevaciones del escenario actual empleado en las simulaciones hidráulicas. 86
Figura 54 Elementos modificados del modelo digital de elevaciones. 87
Figura 55. Supresión de tableros bajo la vía ferroviaria. 87
Figura 56. Croquis canal propuesto como medida de protección frente a inundaciones. 88
Figura 57. Modelo digital de elevaciones del escenario proyectado empleado en las simulaciones hidráulicas. 88
Figura 58. Tamaños de los elementos triangulares de la malla en IBER. Escenario actual. 89
Figura 59. Tamaños de los elementos triangulares de la malla en IBER. Escenario proyectado. 90
Figura 60. Malla bidimensional con elevaciones en IBER. Escenario actual. 90
Figura 61. Malla bidimensional con elevaciones en IBER. Escenario proyectado. 91
Figura 62. Asignación de usos del suelo (SIOSE) en IBER. Escenario actual. 92
Figura 63. Asignación de usos del suelo (SIOSE) en IBER. Escenario proyectado. 92
Figura 64. Condición de contorno (entrada) aguas arriba en IBER. 93
Figura 65. Condición de contorno (salida) aguas abajo en IBER. 94
Figura 66. Delimitación de Dominio Público Hidráulico cartográfico, Zona de servidumbre y Zona de Policía. Fuente: SNCZI. 113
Figura 67. DPH cartográfico, Zonas de servidumbre y policía superpuestas con catastro. Elaboración propia. 114
Figura 68. Localización del cauce del río Seco, los barrancos Ràtils y Esbarzers y del sector UHI-8. 115
Figura 69. Direcciones del flujo difuso en el ámbito de actuación (flechas azules). Escenario actual. 116
Figura 70. Direcciones del flujo difuso en el ámbito de actuación (flechas azules). Escenario futuro. 116
Figura 71. Croquis canal propuesto como medida de protección frente inundaciones. 117
Figura 72. Afección a terceros. Período de retorno de 25 años. 118
Figura 73. Afección a terceros. Aumento del calado (metros). Período de retorno de 25 años. 118

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

Figura 74. Afección a terceros. Período de retorno de 100 años. 119
Figura 75. Afección a terceros. Aumento del calado (metros). Período de retorno de 100 años. 120
Figura 76. Afección a terceros. Período de retorno de 500 años. 120
Figura 77. Afección a terceros aguas arriba del sector UHI-8. Aumento del calado (metros). Período de retorno de 500 años. 121
Figura 78. Zona de flujo preferente y afección a terceros de 500 años de período de retorno. 121
Figura 79. Zona de flujo preferente. Escenario actual. 123
Figura 80. Zona de flujo preferente. Escenario futuro. 123
Figura 81. Diferencia de calados (m) entre escenario actual y futuro para T = 100 años 127

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

1. ANTECEDENTES

El Plan de Reforma Interior del Sector UHI-8 del municipio de Vila-real requiere para su desarrollo de la aprobación por parte del Servicio de Evaluación Ambiental Estratégico de la Conselleria de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural de la Generalitat Valenciana. Además, es preciso que tanto el Servicio de Ordenación del Territorio de la Conselleria de Vivienda, Obras Públicas y Vertebración del Territorio así como la Confederación Hidrográfica del Júcar (Ministerio para la transición ecológica) informen favorablemente el presente estudio de inundabilidad y las medidas propuestas frente a las inundaciones, puesto que el área de estudio está afectada por peligrosidad de PATRICOVA y porque se interceptan dos cauces (barrancos de Ràtils y Esbarzers) respectivamente.

La Confederación Hidrográfica del Júcar y el Servicio de Ordenación del Territorio de la Generalitat Valenciana emitieron sendos informes (N./R. 2017C-AM-00170 de CHJ y Expt. 17069_12135_r del Servicio de Ordenación del Territorio) sobre el estudio de inundabilidad relativo al plan de reforma interior del Sector UHI-8 que se presentó a fecha de 20 de marzo de 2017. En la redacción del presente documento se han considerado y aplicado las observaciones emitidas por ambos organismos.

El Sector UHI-8 del municipio de Vila-real se encuentra localizado al Suroeste de la población; este Sector linda con el Río Veo (o Anna/Seco de Burriana) al Sur, con la N-340 al este y con el Polígono Industrial “La Plana” al Norte.

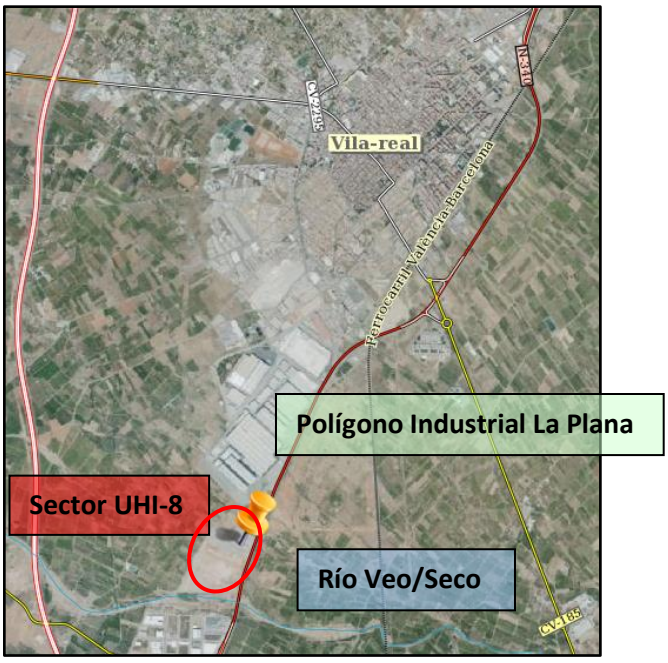


Figura 1 Ubicación Sector UHI-8

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

2. OBJETO

El objeto del presente estudio de inundabilidad es evaluar las afecciones por inundación sobre las parcelas del sector UHI-8 del municipio de Vila-real y plantear las medidas protectoras frente a las inundaciones para que, una vez exentas de peligrosidad de inundación para un período de retorno igual o superior a 500 años, pueda desarrollarse el plan de reforma interior del mismo.

Para tal fin, es preciso evaluar la peligrosidad de inundación y la afección a terceros según los criterios definidos en PATRICOVA y la delimitación de la Zona de Flujo Preferente de los cauces correspondientes al río Seco y los barrancos Ràtils y Esbarzers para los escenarios actual y futuro (con la ejecución de las medidas de protección propuestas).

3. ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO

El municipio de Vila-real se sitúa en la plana de Castellón a una cota aproximada de 45 m sobre el nivel del mar Mediterráneo, el cual dista escasos 5 km de la población. En cuanto a la hidrografía, por el norte discurre el río Mijares, el cual confluye con la Rambla de la Viuda a la altura del municipio. Por el sur discurre el río Seco/Veo/Anna. Toda el área es prácticamente horizontal, con una ligera pendiente ascendente hacia el interior, hasta alcanzar las estribaciones del Maestrazgo.

Desde el punto de vista de la geología, Villarreal está formado por materiales cuaternarios pertenecientes al Pleistoceno Inferior (Conglomerados de mantos aluviales encostrados) en el casco urbano y pertenecientes al Pleistoceno Superior (Mantos de arroyada, arcillas rojas con niveles de cantos y costras zonales) en los alrededores del núcleo urbano que se han desarrollado debido a la escasa pendiente del área y a la no existencia de una red hidrográfica bien jerarquizada. La presencia de diversos ambientes genéticos indica una dinámica cuaternaria no exenta de cierta complejidad. Por su parte, el municipio de Burriana se sitúa sobre un abanico aluvial tipo deltaico con materiales del Pleistoceno Superior que está directamente relacionado con los aportes fluviales del río Seco/Veo/Anna.

La existencia de esta gran diversidad de depósitos cuaternarios con diferentes características, indica la presencia de varios ambientes morfogenéticos, donde se solapa la acción litoral, fluvial y de ladera.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

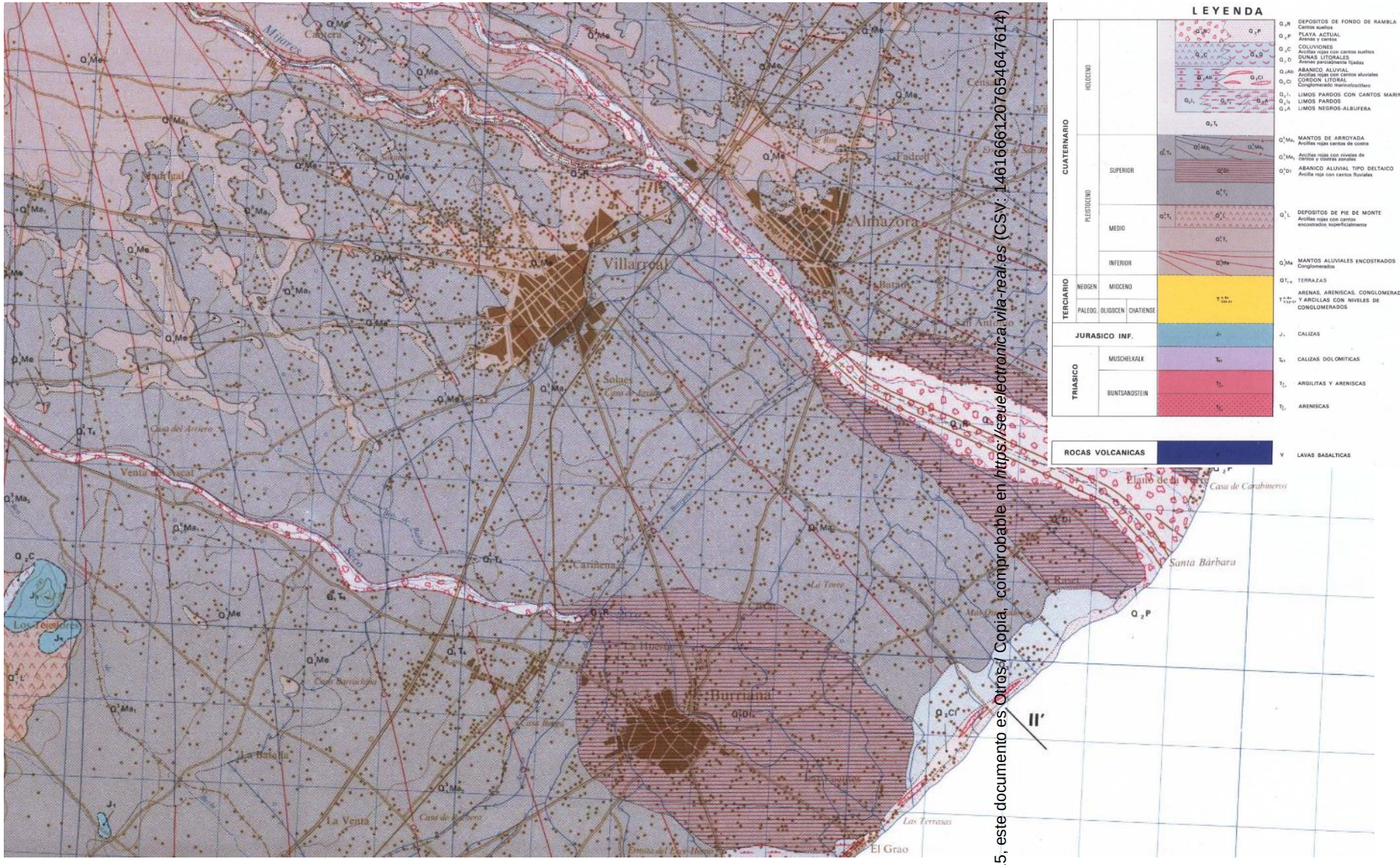


Figura 2. Hoja 641 de la serie MAGNA50 del Instituto Geológico y Minero de España

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros. Copia, comprobable en https://sede.electronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

Los cauces de los barrancos (Ràtils y Esbarzers) que afectan al ámbito de estudio presentan un lecho con una concavidad muy suave y a veces poco perceptible, así como un funcionamiento esporádico, lo que ha propiciado su ocupación por parte del hombre. La intensa dedicación agraria que data de principios del siglo XX exigía el relleno de los campos, que en la actualidad se han convertido en solares para la industria azulejera, con el consiguiente riesgo económico que ello supone para el sector. En las siguientes imágenes se puede observar la antropización que ha experimentado el área de estudio.



Figura 3. Ortofoto del ámbito de actuación. Año 1945.

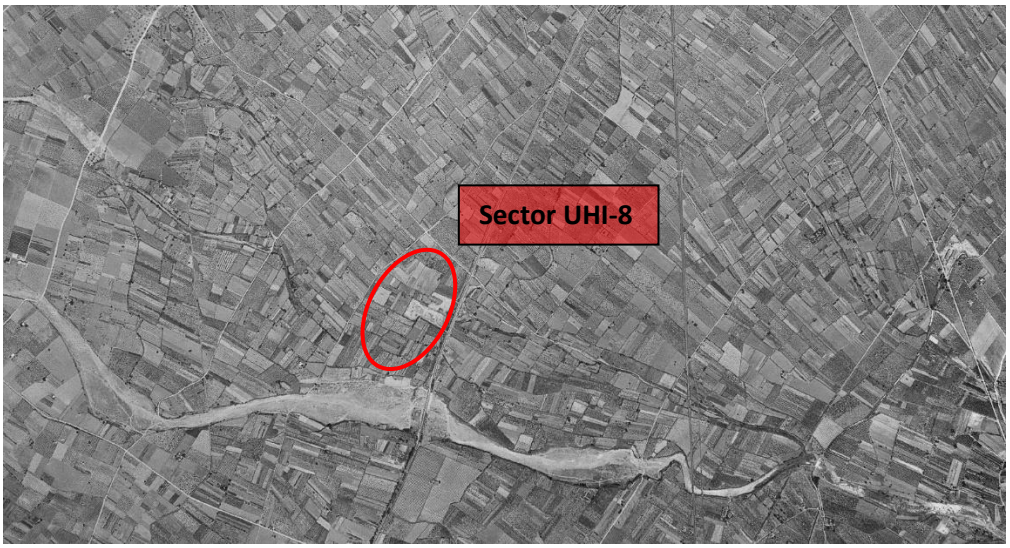


Figura 4. Ortofoto del ámbito de actuación. Año 1956.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

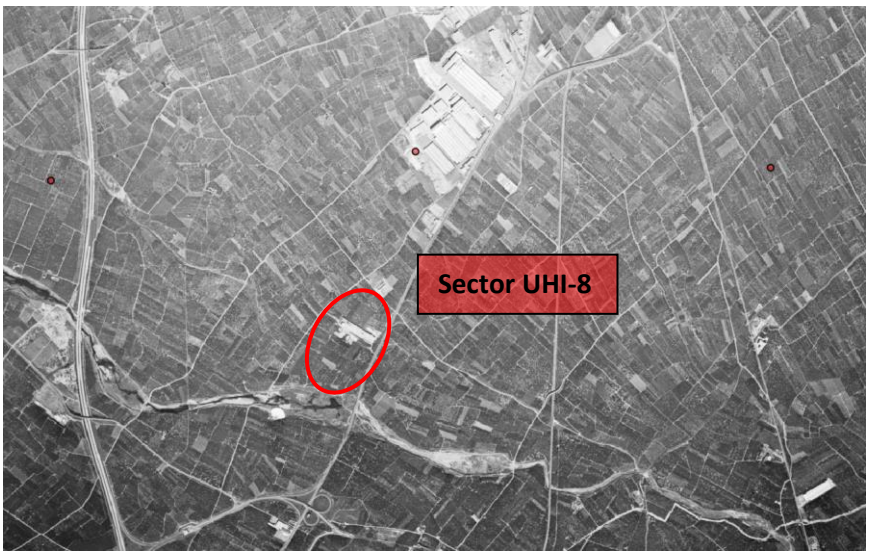


Figura 5. Ortofoto del ámbito de actuación. Año 1991.

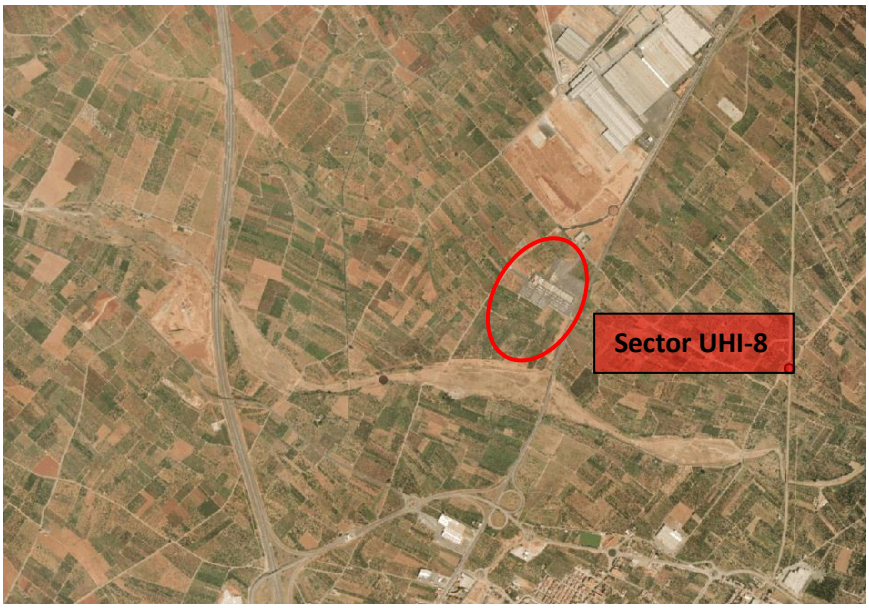


Figura 6. Ortofoto del ámbito de actuación. Año 2000.

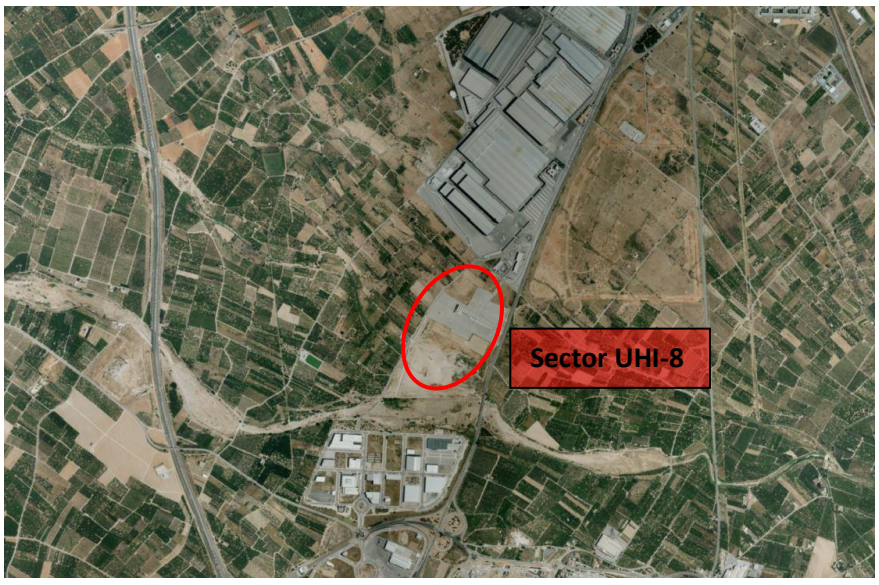


Figura 7. Ortofoto del ámbito de actuación. Año 2017.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

La hidrología de la zona sur de Villarreal se articula en torno al río Seco de Burriana y sus numerosos afluentes. Se forma de la confluencia de la Rambla d'Artana y del río Sonella en el término municipal de Onda. En la propia llanura recibe por la margen izquierda al barranco de Ràtils, que a su vez se forma de la confluencia del barranco del Salvador y del barranco de Beniparrell. Aguas abajo también le afluye el barranco dels Esbarzers o de Passets, que a su vez tiene otra red de afluentes menores. También por la margen izquierda, cerca de su desembocadura en el Clot de la Mare de Déu recibe las aguas del barranco de l'Hospital.

Los depósitos fluviales están relacionados, fundamentalmente, con el río Seco. Aguas arriba de Burriana discurre mediante canales entrelazados, dando lugar a un amplio valle de fondo plano con gravas y cantos dispersos. A continuación, adquiere el carácter de un gran abanico aluvial que llega a verter directamente sobre el mar, al igual que le ocurre al río Mijares. Los abanicos fluviales deltaicos de esta zona se corresponden con depósitos de desbordamiento del río, formado por arcillas arenosas rojas, con cantos fluviales dispersos. Cuando en la zona de cabecera del río Seco se producen fuertes precipitaciones aumenta considerablemente la capacidad de carga de las aguas del río. Al llegar a la amplia llanura costera, el río desparrama radialmente el material que transportaba, llegando a verterlo en algunas ocasiones directamente sobre el mar. La débil pendiente del terreno, en la zona litoral y la enorme carga que es transportada originan una rápida y brusca sedimentación una vez alcanzada la llanura litoral.

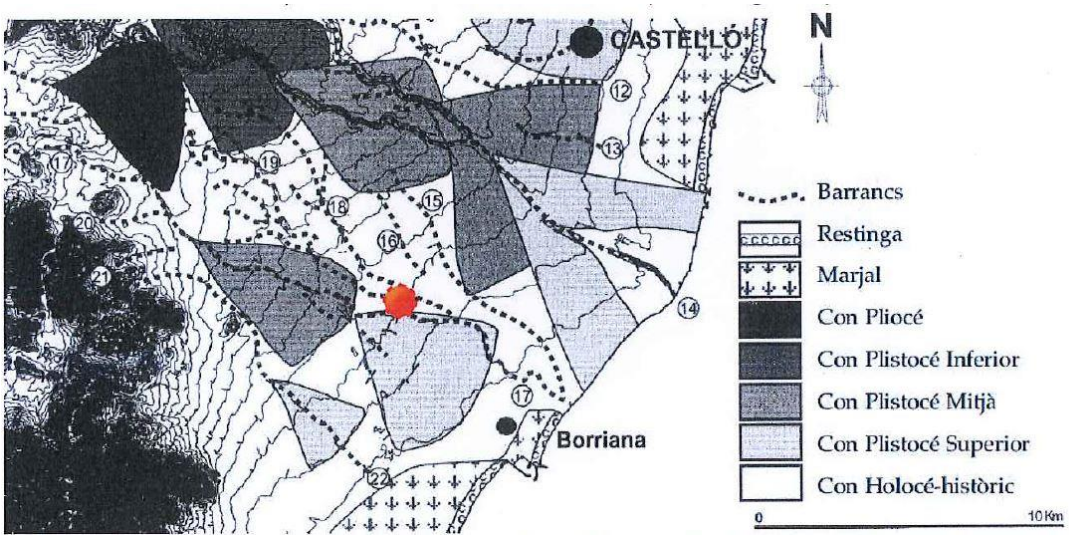


Figura 8. Esquema geomorfológico del ámbito de actuación (señalada en rojo) donde se aprecia el espacio drenado por los barrancos Ràtils (19) y Esbarzers (18) y la incidencia sobre el ámbito donde se propone el Sector UHI-8. Río Seco de Burriana (17).

El sector UHI-8 se ubica en el perímetro de uno de los abanicos fluviales del río Seco, por lo que los barrancos (Ràtils y Esbarzers) que se pretenden interceptar no cuentan con alta capacidad de arrastre de sedimento para la formación de abanicos fluviales.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

El río Seco de Burriana/Veo/Anna transcurre excavando un amplio valle en la parte alta de su curso en el macizo del Maestrazgo, donde las avenidas no producen desbordamientos de importancia.

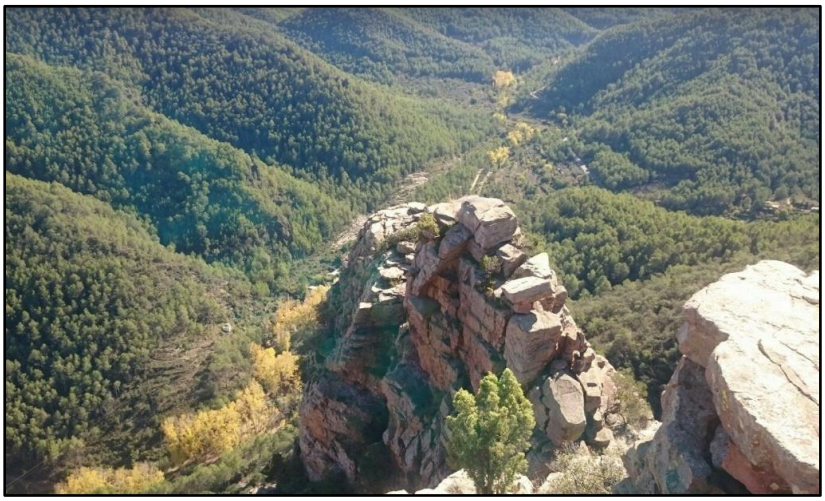


Figura 9. Cauce río Seco/Veo/Anna en su curso alto.

En el curso medio, desde los relieves montañosos a las proximidades de Burriana, el río cruza la llanura costera de La Plana, por un cauce profundamente encajado en los mantos de arroyada allí aflorantes. La profundidad y anchura del cauce, así como la existencia de extensos niveles de terrazas, hace que las avenidas del Seco encuentren un amplio espacio para desaguar, sin que lleguen a ocupar normalmente la llanura de inundación.



Figura 10. Cauce río Seco/Veo/Anna en su curso medio.

Poco antes de Burriana, a la altura del puente del ferrocarril Valencia - Barcelona, el río entra en el tramo inferior de su curso, desarrollando hasta su desembocadura un amplio abanico aluvial de tipo deltaico. El río discurre por este tramo por un cauce mucho menos encajado que en el tramo anterior, por lo que fácilmente sufre desbordamientos que ocupan parcialmente este abanico aluvial deltaico.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)



Figura 11. Cauce río Seco/Veo/Anna. Estrechamiento de la sección (fotografía superior) y en su curso bajo (fotografías inferiores).

Concretamente, el desbordamiento por la Bota es el más peligroso, porque afecta directamente a las Alquerías del Niño Perdido y a Burriana. El estrechamiento natural de la sección transversal, el paso de una acequia soterrada en el lecho, así como la escasa capacidad del puente del ferrocarril, justo en una doble curva del río, facilitan el desbordamiento por la margen derecha. Así ha sucedido en numerosas ocasiones en los años 60 y también en octubre de 2000, cuando se desalojó el Pany de Borillo, a escasos metros del cauce, por el riesgo de inundación.

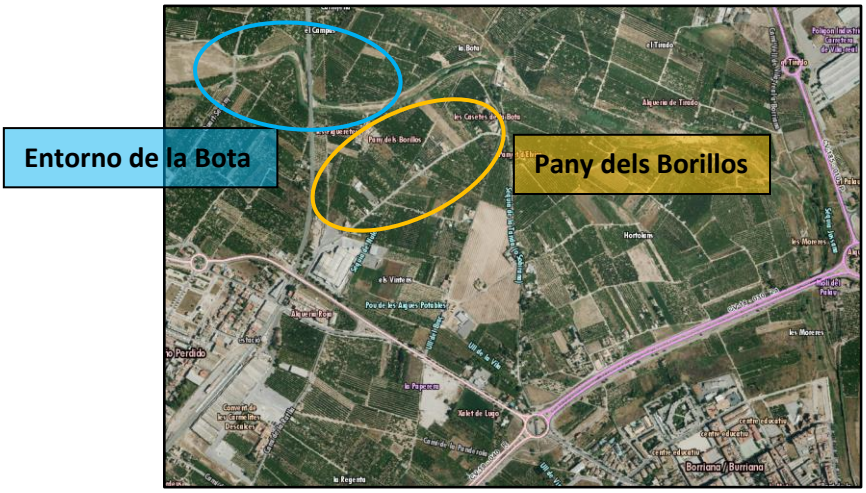


Figura 12. Cauce río Seco/Veo/Anna en el entorno de la Bota.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

Barranco Ràtils

Desde el punto de vista de las inundaciones el Barranc de Ràtils tiene un especial significado porque, exceptuando el cauce principal, todos sus afluentes han perdido su trazado, que ha sido transformado en vaguadas planas ocupadas por campos de cultivo y construcciones diversas. En momentos de avenida, sus aguas confluyen con el Riu Sec de Borriana en el entorno de La Bota, concretamente aguas arriba del azud existente.

El Barranc del Salvador o de Ràtils en su cabecera provoca inundaciones en el término municipal de Onda. Además del eje principal del barranco, bien definido y encajado, numerosas vaguadas, conocidas localmente como “rases”, afectan tanto al núcleo urbano como a los polígonos industriales adyacentes. El barranco discurre al norte del núcleo urbano por una depresión pliocena, afectada por un profundo vaciado. Sobre esta superficie, algunas vaguadas conducen las aguas hacia el cauce principal, anegando el polígono la Cossa y un complejo deportivo próximo. Estas rasas no llegan a confluir con el barranco del Salvador porque un pequeño abanico cuaternario lo impide y por ello las aguas se dirigen hacia Onda por las calles Montendre y Ribesalbes. Aguas abajo, el barranco del Salvador atraviesa un paleocono plio-pleistoceno formado por el Millars y desmantelado posteriormente por el mismo río. Estas divagaciones del cauce han dejado varias vaguadas que afectan también a otro polígono industrial. El barranco de Ràtils desaparece aguas abajo de la A-3, a unos 400 m al oeste de la N-340 sin llegar a confluir con el río Seco, por lo tanto, las aguas pasan al otro lado de la carretera y, conjuntamente con las del barranco dels Esbarzers, inundan el polígono industrial próximo dirigiéndose después por el Camí del Marjalet hasta la confluencia con el río Seco.

Barranco dels Esbarzers

La cabecera del barranco dels Esbarzers o de Passets está ocupada por algunos polígonos industriales de Onda, donde la falta de drenaje y la escasa planificación provocan la inundación de las industrias, normalmente azulejeras, ubicadas en el fondo de la vaguada. Tanto este barranco como sus afluentes provocan problemas al atravesar la carretera de Onda a Vila-real aunque el sector más conflictivo de su trazado se localiza a la altura de la N-340, donde sus aguas, junto con las de otras dos vaguadas, se canalizan por el Camí de l’Assagador, afectando a algunas industrias. Además, la Séquia Major y la propia N-340 actúan de barrera a las aguas, provocando el embalse de estas al oeste de la carretera, tal y como quedó patente en octubre de 2000.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

Como conclusión, se puede afirmar que la extensa red de afluentes del río Seco de Burriana, situados al sur del río Mijares, convertidos en vaguadas discontinuas y poco encajadas provoca inundaciones en los campos e industrias que los han invadido. El mecanismo de funcionamiento de las avenidas del río Seco a su paso por Burriana viene determinado por la conjunción de los factores geomorfológicos, hidrológicos y las actuaciones antrópicas antes citadas.

La medida de protección frente a las inundaciones de las parcelas comprendidas en el sector UHI-8, que reconducen las aguas de los barrancos Ràtils y Esbarzers al cauce del río Seco aguas arriba del cruce de este cauce con la nacional 340, no afecta a las inundaciones que pueden producirse en el municipio de Burriana tal y como se demuestra en el estudio hidráulico que se ha realizado. Con la medida propuesta, se traslada el punto de confluencia de los barrancos con el cauce del río Seco desde aguas arriba del azud existente en la zona de la Bota al punto propuesto a la altura del camí de les Voltes en Vila-real.

4. INUNDACIONES HISTÓRICAS

Burriana está situada en las orillas del río Seco/Veo/Anna, siendo éste el que, mediante sus desbordamientos y crecidas, ha causado problemas de inundaciones en la población. A partir del año 1.956 en que entró en funcionamiento la regulación del río, fundamentalmente a cargo del embalse de Onda, se han controlado las crecidas de menor período de retorno.

Se tiene noticia de desbordamientos producidos en este río y que han afectado a Burriana, como por ejemplo en los años 1.580 y 1.581, (el 18 de septiembre). En ambas ocasiones se produjeron daños en viviendas y edificios, así como en los sectores agrícola, ganadero y forestal. Solamente en la segunda de las inundaciones citadas se tiene referencia de que se produjeran daños en obras de infraestructura y vías de comunicaciones. (Beltrán Manrique, E. Almanzora. «El Mijares Narración Histórica». 1.944).

Por su parte, a comienzos de noviembre de 1884 se produjo un gran temporal. Al amanecer del día 4, tras varios días de lluvias intensas, se desbordó el río Seco, inundando todo el marjal y, especialmente, el Grao, donde las aguas llegaron a alcanzar los 2 metros. Los vecinos fueron desalojados en lanchas

En general, los desbordamientos del río Seco se han producido a partir del puente que el ferrocarril construyó para salvar el cauce (comunicación oral). Corresponde este punto al inicio aproximadamente, del gran «abanico aluvial tipo deltaico» que ha construido el río Seco.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

En la siguiente tabla se indican aquellas inundaciones en las que aparecen los ríos Mijares o Seco/Veo/Anna, o figura el municipio de Burriana entre las zonas afectadas:

Año	Cauces	Zonas afectadas	Daños/Observaciones
1580	Mijares y otros ríos de la Plana	Villarreal, Almassora y Burriana	Destrucción de los molinos harineros de Villarreal
1581 (18 sep)	Mijares y otros ríos de la Plana	Villarreal, Almassora, Burriana y Castellón	La crecida derribó los estribos y parapetos del puente Santa Quiteria
1597	Mijares, Belcaire, Anna, Seco de Borriol	Municipios de la Plana	Destrucción de azudes, presas y acequias
1787	Mijares y otros ríos de la Plana	Onda y la Plana	Rotura de los puentes de Onda y los molinos entre Onda y la confluencia con la rambla de la Viuda. Daños en la agricultura y varias víctimas.
1883 (9 oct)	Mijares y rambla de la viuda	Castellón, Villarreal, Burriana, Almassora, Alcora, Figueroles, la Foia	Crecida del Mijares e inundación. Daños en las acequias y presas de Villarreal, Burriana, Castellón y Almassora. Destrucción del puente de la rambla de la Viuda en la carretera Castellón-Alcora y del puente de Alcora sobre el río Lucena, del de Figueroles y la Foia. Daños en la agricultura. 43 muertos.
1957	Mijares	Ribesalbes	Caída del puente de Ribesalbes
1962	Mijares, rambla la viuda, seco de Borriol y barranquet d'Almassora	Castellón, Almassora y otros términos municipales de la plana	Desbordamiento por las carreteras de Alcora y de Morella y por los puentes de la N-340 y el ferrocarril. Inundación de campos en la margen izquierda del Mijares. Desbordamiento del embalse Mª Cristina.
1967 (23 oct)	Mijares	Ribesalbes	Caída del puente de Ribesalbes. El Mijares registró un caudal punta de 1500 m3/s y en Sichar se embalsaron 32 hm3 en 6 horas

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

Año	Cauces	Zonas afectadas	Daños/Observaciones
1969 (7 oct)	Mijares, rambla de la Viuda y seco de Borriol	Castellón	El Seco se desbordó a la altura del estadio. Inundada la marjalería. Rebose del embalse de María Cristina.
2000 (25-26 oct)	Mijares, rambla de la viuda y otros barrancos de la Plana	Benicàssim, Villarreal, Castellón, Bechí, Burriana	Rebose del embalse de Mª Cristina. Inundaciones en todos los municipios de la Plana (Benicàssim, El Grao de Castellón, Villarreal, Burriana…)
2008 (2 jun)	Río Sonella	Onda	Inundaciones
2009 (29 sept)	Río Seco/Veo/Anna	Burriana	Crecida importante del río
2015 (23 may)	Río Seco/Veo/Anna	Burriana	Inundaciones en el muncipio

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

5. CLASIFICACIÓN DEL SUELO

El suelo ocupado por las parcelas de estudio en el Sector UHI-8 de Villarreal comprende tres categorías: suelo urbano, suelo urbanizable y suelo no urbanizable.

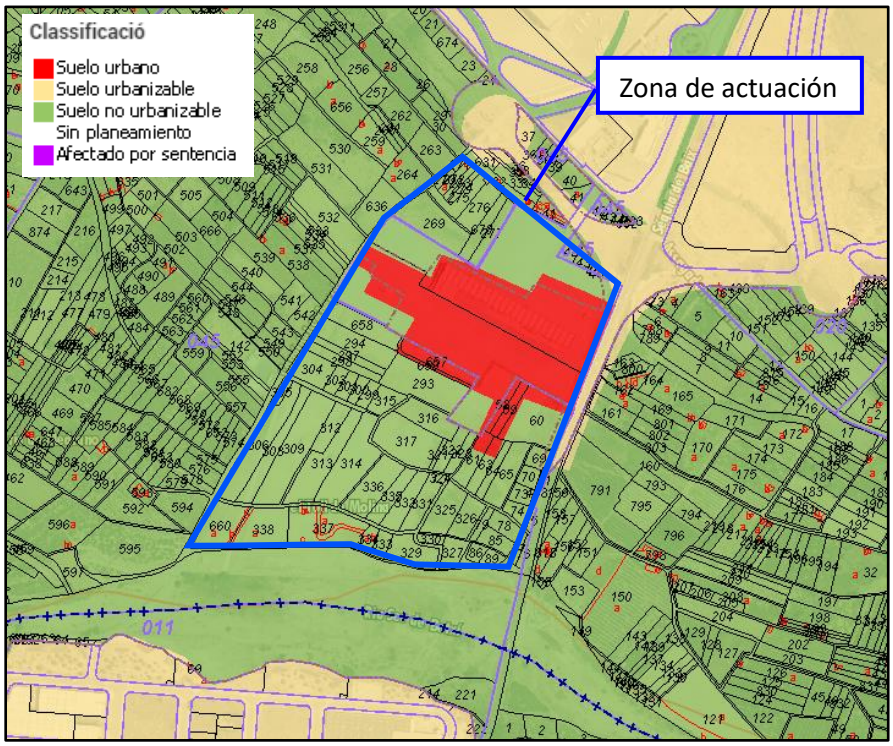


Figura 13. Clasificación del suelo sobre catastro. Fuente: Generalitat Valenciana.

6. NORMATIVA DE REFERENCIA

6.1. PATRICOVA

El Plan de Acción Territorial sobre prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana (PATRICOVA), es un Plan de Acción Territorial regulado en el artículo 16 de la Ley 5/2014, de 25 de julio, de la Generalitat, de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Paisaje y viene expresamente previsto en la Directriz 66 de la Estrategia Territorial de la Comunidad Valenciana, aprobada por Decreto 1/2011, de 13 de enero, del Consell.

En consecuencia, esta normativa constituye un instrumento de análisis relativo al impacto territorial asociado al riesgo de inundación en la Comunidad Valenciana y ha supuesto una mejora significativa en la forma de ocupar el territorio y su relación con los efectos de las inundaciones. Por ello, cuando se pretende acometer una actuación cualquiera en zona inundable en el ámbito de la Comunidad Valenciana es preceptivo cumplir con la citada normativa.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

Del mismo modo, en el Decreto 1/2011, de 13 de enero, del Consell se aprueba la Estrategia Territorial de la Comunitat Valenciana, en la que se establecen una serie de principios directores que las administraciones públicas están obligadas a integrar en sus políticas y actuaciones con proyección sobre el territorio. Dentro de estas directrices se encuentra la de "*aplicar estrictamente el principio de precaución en los territorios con elevados riesgos naturales e inducidos*".

Ambas normativas, junto con la cartografía de la revisión del PATRICOVA y la del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables, constituyen las herramientas de evaluación del Riesgo de Inundación en la Comunitat Valenciana.

La consulta de la cartografía del PATRICOVA disponible en la página web de la Generalitat Valenciana permite observar si la parcela de estudio para la urbanización del sector UHI-8 en Villarreal interfiere con alguna zona con peligrosidad de inundación según los criterios expuestos en el artículo 8 de la normativa.

En el mapa de peligrosidad (ver Figura 14) se puede observar que la zona de actuación se encuentra afectada por nivel de Peligrosidad 6.

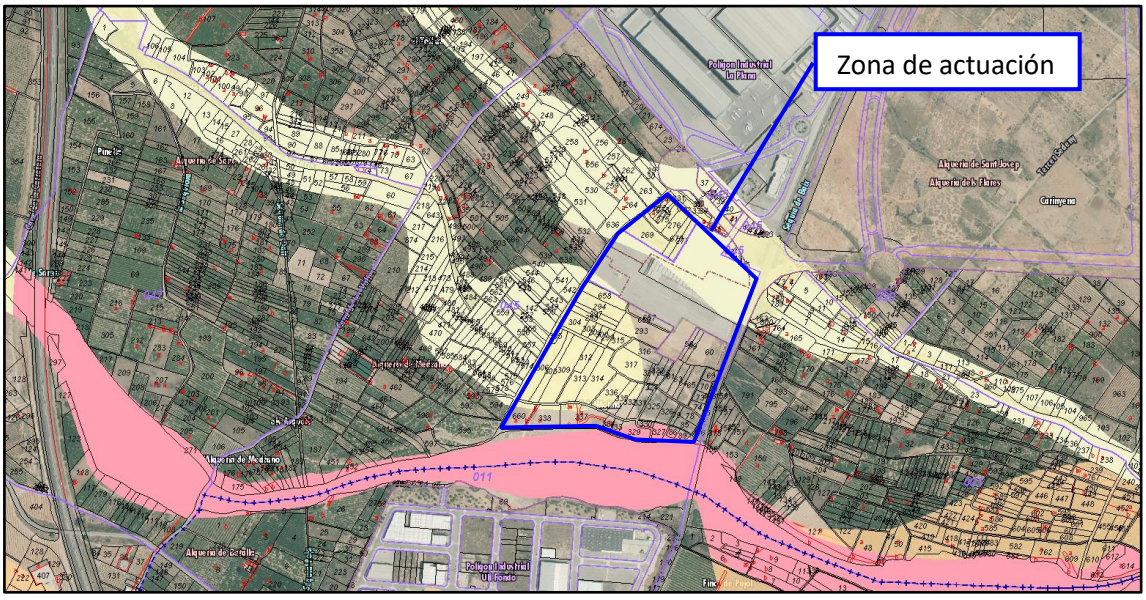


Figura 14. Cartografía de peligrosidad de inundación de PATRICOVA y catastro en el ámbito de actuación (línea azul) [1].

[1] Fuente: http://terrasit.gva.es (13/12/2016)

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

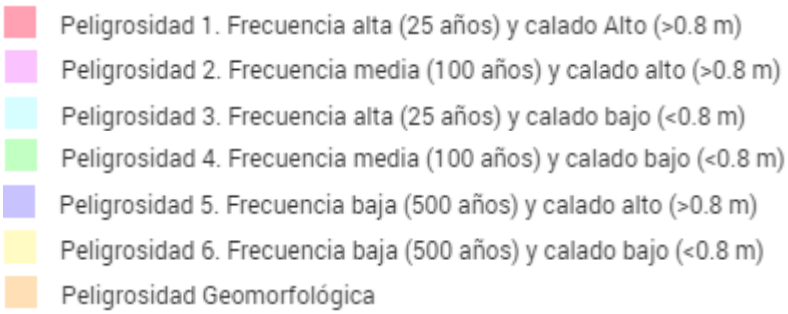


Figura 15. Leyenda de peligrosidad de inundación de PATRICOVA.

En cuanto al nivel de riesgo, concepto que considera conjuntamente tanto la peligrosidad como la vulnerabilidad del territorio, la cartografía del PATRICOVA muestra zonas con riesgo muy bajo en la parcela de estudio.

Debido a que las actuaciones proyectadas se sitúan en zona de peligrosidad y riesgo por inundación, es obligatorio realizar un estudio de inundabilidad que concrete el riesgo de inundación en los escenarios actual y futuro. Los artículos 1, 11, 12 y 13 de la normativa del PATRICOVA son los que establecen este criterio.

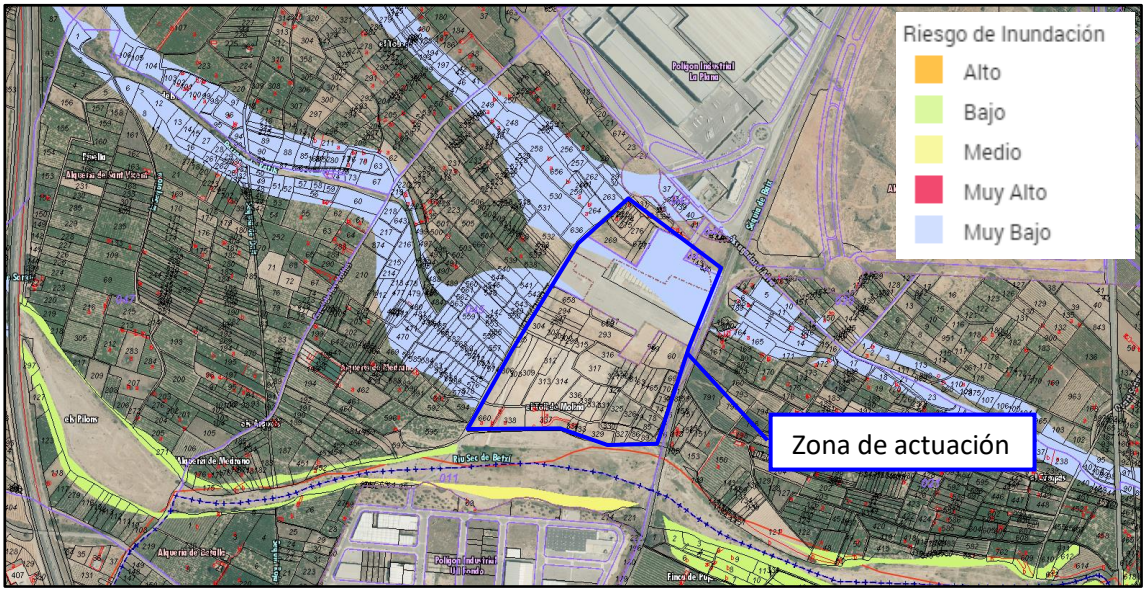


Figura 16. Cartografía de riesgo de inundación de PATRICOVA y catastro en el ámbito de actuación (línea azul)[2].

[2] Fuente: http://terrasit.gva.es (13/12/2016)

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

Además, por tratarse de una parcela que se pretende desarrollar urbanísticamente, comprendida en el sector UHI-8 de Villarreal, el presente estudio de inundabilidad debe atenerse a lo dispuesto en los artículos 9, 17, 18 y 20 de la normativa.

La cartografía del PATRICOVA está realizada a escala 1:25,000, mientras que el MDT utilizado en los estudios del SNCZI proviene del proyecto LIDAR de 2 m x 2 m de resolución, con lo que tiene mucha más precisión y sus resultados prevalecen sobre los de la cartografía del PATRICOVA, de acuerdo al epígrafe 3 del *artículo 10. Determinación del riesgo de inundación del PATRICOVA*.

"[…] 3. En caso de contradicción entre estudios, prevalecerá lo señalado en los desarrollados a mayor escala, siempre que los mismos se hubiesen realizado con similar nivel de rigurosidad".

6.2. SISTEMA NACIONAL DE CARTOGRAFÍA DE ZONAS INUNDABLES

El Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, siguiendo los principios de la Directiva 2007/60 del Parlamento Europeo sobre evaluación y gestión de riesgos de inundación, ha elaborado el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI), un instrumento de apoyo a la gestión del espacio fluvial, la prevención de riesgos, la planificación territorial y la transparencia administrativa.

Por su parte, el Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, regula los procedimientos para realizar la evaluación preliminar del riesgo de inundación, los mapas de peligrosidad y riesgo y los planes de gestión de los riesgos de inundación en todo el territorio español.

El eje central del SNCZI es el visor cartográfico de zonas inundables, que permite a todos los interesados visualizar los estudios de delimitación del Dominio Público Hidráulico (DPH) y los estudios de cartografía de zonas inundables, elaborados por los organismos de cuenca pertenecientes al Ministerio y aquellos que han aportado las Comunidades Autónomas.

Analizando la información disponible en el SNCZI, se observa que la parcela de estudio es limítrofe al tramo con identificador ES080-Z0045-T20.37 que dispone de "Estudio de desarrollo del SNCZI" con identificador de estudio ES-080-20 correspondiente al cauce "Río Sonella o Río Seco" y se engloba en el estudio de "Zonas Inundables del Sistema Mijares-Plana de Castellón".

Además, este cauce cuenta con estudio de Zona de Flujo Preferente cuyo código de identificación es ES080_ZFP_045 englobado en la zona 20.37 Río Sonella o Río Seco; y también

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

cuenta con estudio de Dominio Público Hidráulico con identificador de tramo 2055-1 (Estudio 8CS13 – Río Seco: Betxó-Burriana).

En cuanto a la hidrología, las fichas técnicas del SNCZI especifican que se ha empleado un método hidrológico semi distribuido mediante el programa HEC-HMS. Consultando la memoria del SNCZI para la cuenca del Río Sonella o Río Seco, se observa que únicamente se ha considerado una cuenca hidrológica que comprende desde cabecera del cauce hasta su desembocadura en el mar con un área total de 258,42 km^2 y que se ha utilizado el método de transformación de precipitación a escorrentía superficial del hidrograma unitario de Clark. Las precipitaciones que se han considerado para los diferentes períodos de retorno en la memoria del SNCZI son:

Meteorologic	Precipitación (mm)	Subbasin_Unica
	T2	64,24
	T5	94,56
	T6.1	101,69
	T10	117,71
	T25	155,27
	T50	176,35
	T100	204,15
	T500	275,58

Figura 17. Precipitaciones (mm) memoria SNCZI.

Los caudales punta obtenidos por el SNCZI en el cauce del Río Seco para los diferentes períodos de retorno son:

Results	Caudales Punta(M3/seg)	
	T2	0,0
	T5	2,5
	T6.1	6,4
	T10	20,9
	T25	82,4
	T50	131,7
	T100	210,5
	T500	471,2

Figura 18. Caudales punta (m^3/s) memoria SNCZI.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

En cuanto a la hidráulica, los mapas del SNCZI presentan la cartografía de Zonas Inundables (ZI) de origen fluvial donde, como se puede observar en la siguiente imagen, se muestran las probabilidades de inundación en el entorno del sector UHI-8 y del Río Veo[3].

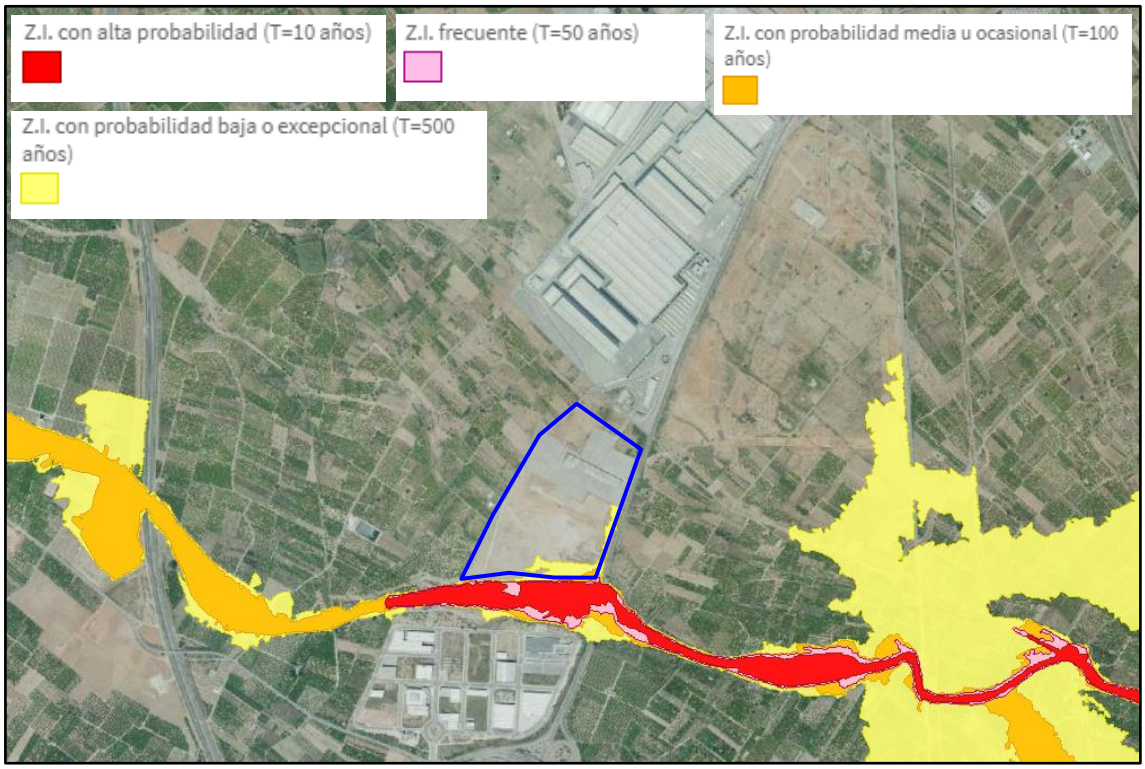


Figura 19. Cartografía del SNCZI de Zonas Inundables en el ámbito de actuación.

Se aprecia que *la probabilidad de inundación va disminuyendo desde un valor de alta probabilidad en el cauce del Río Veo justo al Sur del Sector 8 hasta una probabilidad baja o excepcional en la franja Sureste del sector 8: las probabilidades frecuente y media se circunscriben a la esquina Sureste del sector*.

El objetivo final de la cartografía de zonas inundables es la obtención de los mapas de calados. A partir de los cálculos hidrológicos del SNCZI y mediante un software de modelación hidráulica bidimensional, se obtuvieron en el año 2011 los mapas de calados correspondientes a 100 y 500 años de período de retorno. Estos mapas se muestran en la cartografía de las áreas de riesgo potencial significativo de inundación del visor del SNCZI.

[3] Fuente: http://sig.mapama.es/snczi/ (13/12/2016)

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

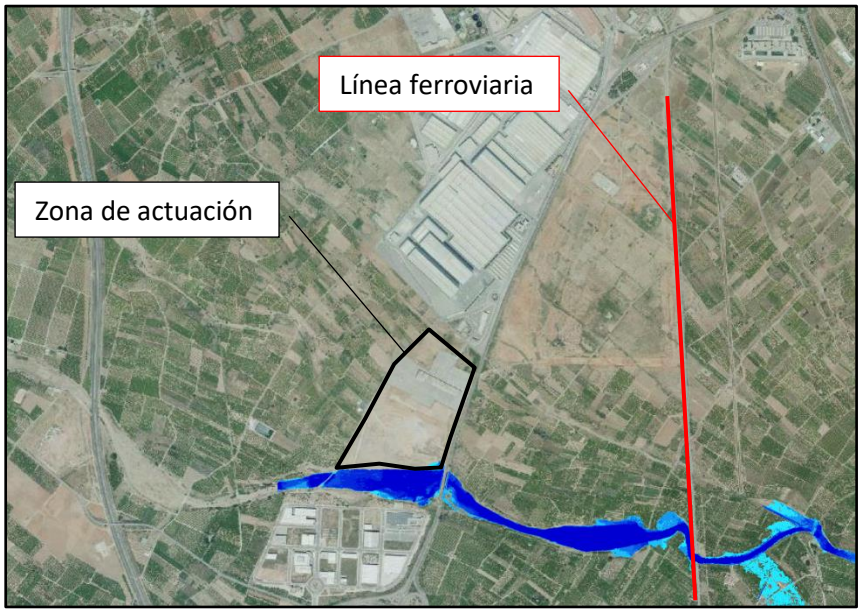


Figura 20. Peligrosidad por inundación fluvial del SNCZI. T = 100 años.

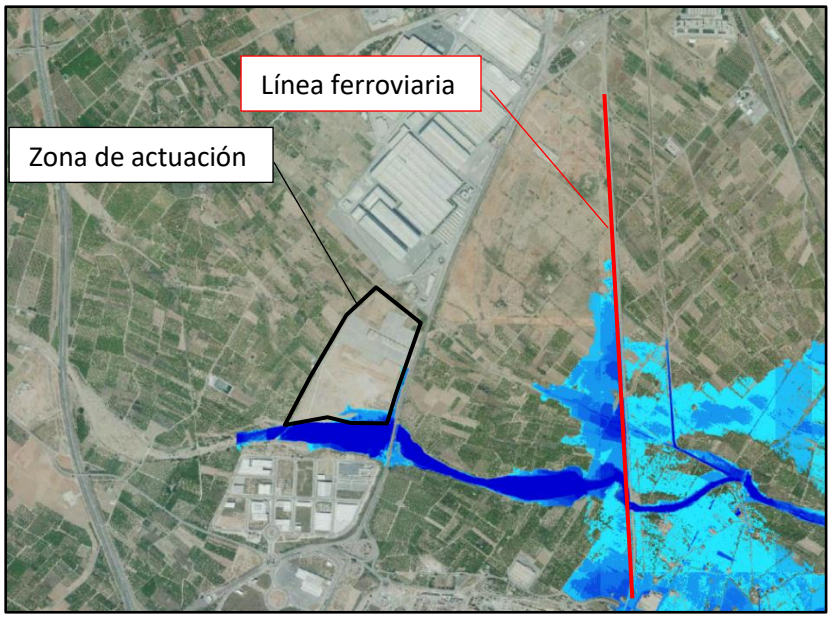


Figura 21. Peligrosidad por inundación fluvial del SNCZI. T = 500 años.

En las imágenes anteriores se observa que para 100 años de período de retorno el cauce del Río Veo tiene capacidad hidráulica suficiente, sin embargo, para 500 años de período la infraestructura del ferrocarril produce un efecto barrera que a priori no tiene incidencia en la probabilidad de inundación de la parcela de estudio.

El río Seco o Sonella también se ha estudiado desde el punto de vista de la Zona de Flujo Preferente, quedando toda ella incluida en el interior del propio cauce en el tramo de interés. La Zona de Flujo Preferente correspondiente a los barrancos Ràtils y Esbarzers no ha sido estudiada por el SNCZI.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

7. HIDROLOGÍA

El problema hidrológico se plantea para los cauces del Río Seco y el barranco Ràtils mediante sendos modelos pseudo-distribuidos que se resuelven con el software HEC-HMS. En este apartado se determinan en primer lugar los datos de entrada al programa (pluviometría, hidromorfometría, escenarios de cálculo, número de curva, tiempo de concentración, curvas de intensidad-duración-frecuencia y hietogramas sintéticos), posteriormente se describe el programa HEC-HMS y los modelos de precipitación, infiltración y propagación empleados y finalmente se exponen los resultados obtenidos (hidrogramas de avenida).

Por su parte y dado que la cuenca hidrográfica es de tamaño considerablemente inferior a las anteriores, el problema hidrológico correspondiente al barranco Esbarzers se resuelve mediante un modelo agregado según el método racional para la determinación de caudales de escorrentía superficial desarrollado por el profesor D. José Ramón Témez (1978) que tiene formulación básica aplicada al caso de España.

7.1. PLUVIOMETRÍA

La zona de estudio presenta un clima mediterráneo con períodos de lluvias que se concentran en otoño e invierno. En general, las precipitaciones experimentan concentraciones temporales muy importantes y son relativamente frecuentes valores superiores a 70 mm/día.

En el análisis de crecidas, el objetivo más habitual consiste en la estimación de una avenida de diseño que permita tanto el dimensionado de estructuras hidráulicas como una adecuada planificación territorial de zonas inundables. En España, se determina la avenida de diseño asociada a una probabilidad de superación.

El uso de métodos hidrometeorológicos en el cálculo de caudales asociados a una determinada probabilidad implica la necesidad de realizar un análisis estadístico de máximas lluvias. Por lo tanto, se pretende caracterizar las precipitaciones extremas que se producen en las cuencas analizadas. La caracterización consiste estimar los parámetros necesarios para definir las lluvias de proyecto, es decir, la distribución de las precipitaciones máximas diarias y las intensidades de lluvia.

El cálculo de las precipitaciones máximas diarias se ha realizado según la publicación de “Máximas lluvias diarias en la España Peninsular” del año 1999 y que fue elaborado por el Centro de Estudios Hidrográficos del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX)

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

y la Dirección Técnica de la Dirección General de Carreteras, ambos pertenecientes al Ministerio de Fomento.

La finalidad de la mencionada publicación es la de presentar un método operativo que de una manera fiable nos proporcione un valor de "Máximas Lluvias en la España Peninsular" que sirva de base de partida para el cálculo de los caudales punta que circulan por los cauces y/o barrancos existentes, supliendo así la ausencia de aforos en los mismos.

La precipitación diaria máxima para el periodo de retorno deseado P_T se obtiene a partir el producto del factor de amplificación K_T (que depende del periodo de retorno T y del coeficiente de variación C_V) y del valor medio de la máxima precipitación diaria anual.

$$P_d = P \cdot K_T$$

Donde:

P_d: valor de la máxima precipitación diaria (mm)

P: valor medio de las precipitaciones máximas diarias anuales (mm)

K_T: factor de amplificación o cuantil regional (adimensional)

La misma publicación ofrece mapas de isolíneas de toda la España peninsular para obtención del coeficiente de variación **C_V** y del valor medio de la precipitación máxima diaria. En el ámbito del cauce del Río Seco el valor es de **0,52** para el coeficiente de variación y de **77 mm** para el valor medio de las precipitaciones máximas diarias anuales (Figura 22).

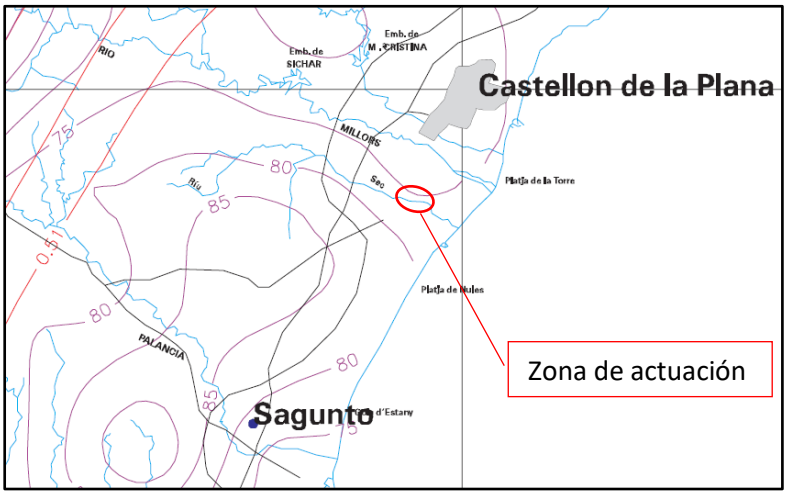


Figura 22. Mapa de isolíneas de la máxima precipitación diaria media P y del valor regional del coeficiente de variación C_v.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

Por su parte, el factor de amplificación K_T se obtiene según la tabla 7.1 de la publicación de *Máximas lluvias en la España Peninsular* a partir del periodo de retorno T y del coeficiente de variación C_V.

	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)							
C_v	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
0.43	0.901	1.263	1.534	1.900	2.205	2.510	2.846	3.311
0.44	0.898	1.270	1.541	1.915	2.220	2.556	2.892	3.372
0.45	0.896	1.274	1.549	1.945	2.251	2.586	2.937	3.433
0.46	0.894	1.278	1.564	1.961	2.281	2.632	2.983	3.494
0.47	0.892	1.286	1.579	1.991	2.312	2.663	3.044	3.555
0.48	0.890	1.289	1.595	2.007	2.342	2.708	3.098	3.616
0.49	0.887	1.293	1.603	2.022	2.373	2.739	3.128	3.677
0.50	0.885	1.297	1.610	2.052	2.403	2.785	3.189	3.738
0.51	0.883	1.301	1.625	2.068	2.434	2.815	3.220	3.799
0.52	0.881	1.308	1.640	2.098	2.464	2.861	3.281	3.860

Tabla 1. Factor de amplificación K_T. Máximas lluvias diarias en la España Peninsular.

Conocidos el factor de amplificación K_T y la media de las precipitaciones diarias máximas anuales, se obtiene la máxima precipitación diaria para diversos períodos de retorno (años).

	Período de retorno		
	25	**100**	**500**
C_v	0,52	0,52	0,52
K_T	2,098	2,861	3,860
P_{media} (mm)	77	77	77
P_d (mm)	**161,55**	**220,30**	**297,22**

Tabla 2. Máximas precipitaciones diarias de diseño (mm) para distintos períodos de retorno.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

7.2. ANÁLISIS HIDROMORFOMÉTRICO

El análisis de las cuencas hidrológicas y de la red de drenaje vertientes al sector UHI-8 de Villarreal se ha realizado con la ayuda de un *software* de Sistemas de Información Geográfica (SIG) que permite la gestión de datos georreferenciados organizados en bases de datos, y la generación y visualización de cartografía.

La cartografía de partida para realizar el análisis de cuencas y red de drenaje ha sido el Modelo Digital del Terreno (MDT) de malla de 5x5 m del proyecto LiDAR (Laser Imaging Detection and Ranging) del año 2009 disponible en la Generalitat Valenciana.

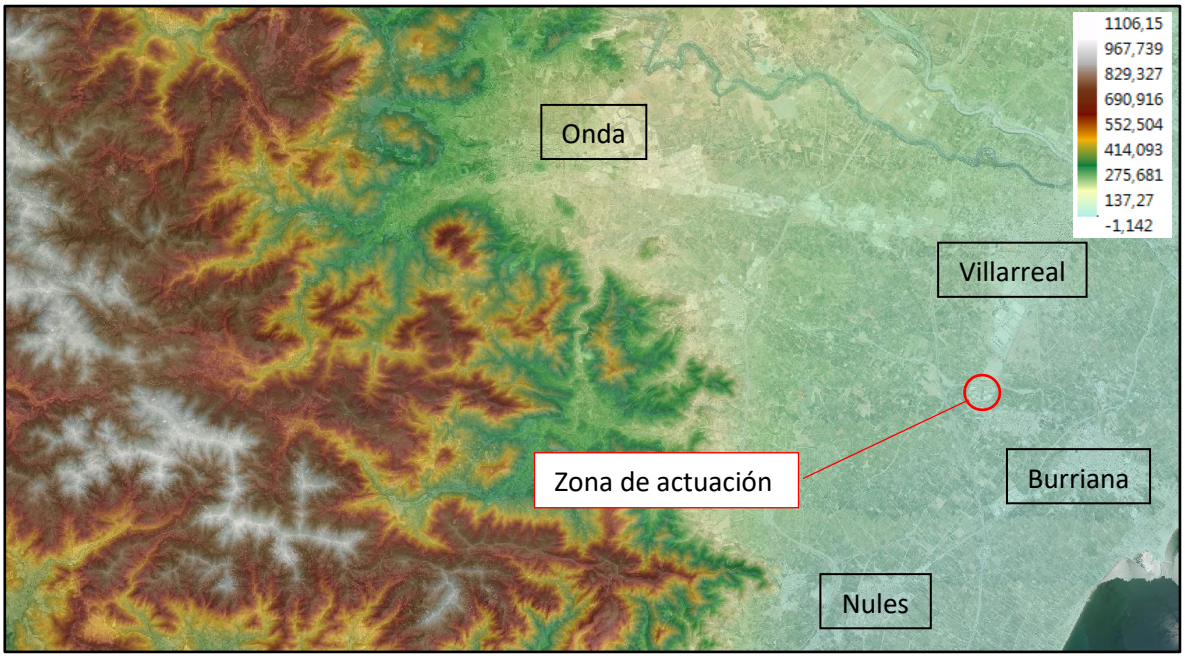


Figura 23. Cartografía LiDAR de malla 5x5 m (leyenda en metros). Año 2009.

Los geoprocesos aplicados a la cartografía LiDAR han sido: corrección de sumideros o puntos bajos de la cartografía de origen; cálculo de las direcciones de flujo o de drenaje; cálculo de acumulación de flujo de cada celda; y definición de las cuencas vertientes y de la red de drenaje.

Los resultados de delimitación de cuencas y red de drenaje se exponen en las siguientes figuras:

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

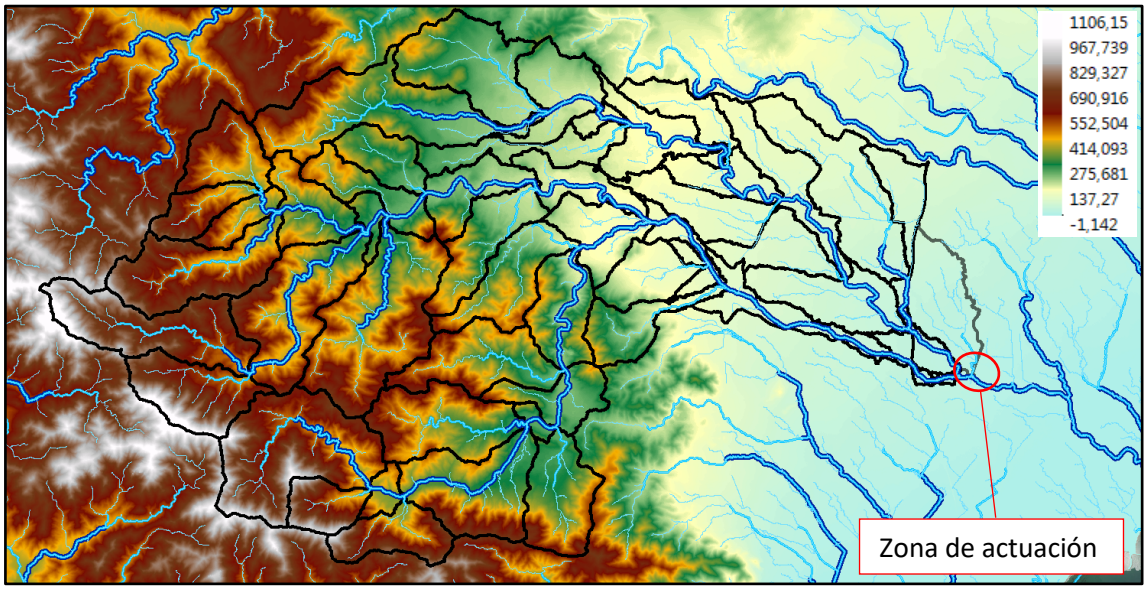


Figura 24. Cuencas hidrográficas y red de drenaje calculadas sobre modelo digital de elevaciones (leyenda en metros).

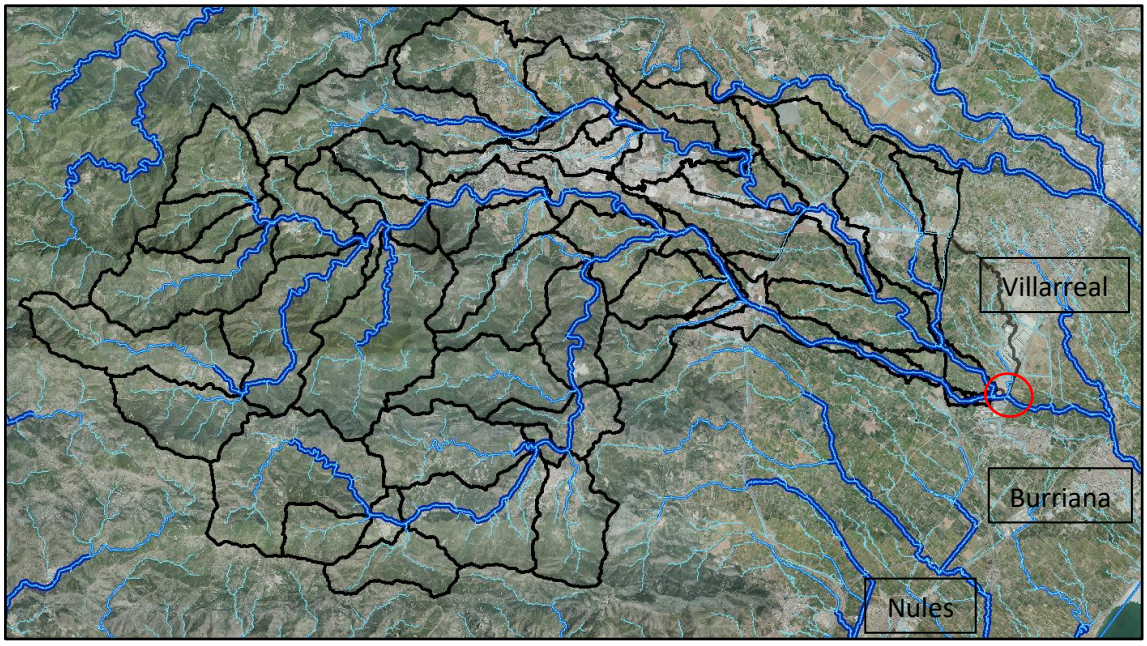


Figura 25. Cuencas hidrográficas y red de drenaje calculadas sobre Ortofoto de Máxima Actualidad.

Las cuencas hidrológicas que se han estudiado se corresponden con todos los cauces o barrancos que son limítrofes o que desaguan en el sector UHI-8 de Villarreal: río Seco/Sonella, barranco Ràtils y barranco Esbarzers. Todos ellos se han considerado desde su nacimiento hasta el punto de desagüe situado en la parcela de estudio. Los datos de las cuencas que se han obtenido para la posterior determinación de los caudales punta mediante un método hidrológico semi distribuido son: área de la cuenca hidrográfica, longitud del recorrido principal, cota del punto más alto (Z), cota del punto de desagüe (z) y pendiente media del recorrido principal (J).

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

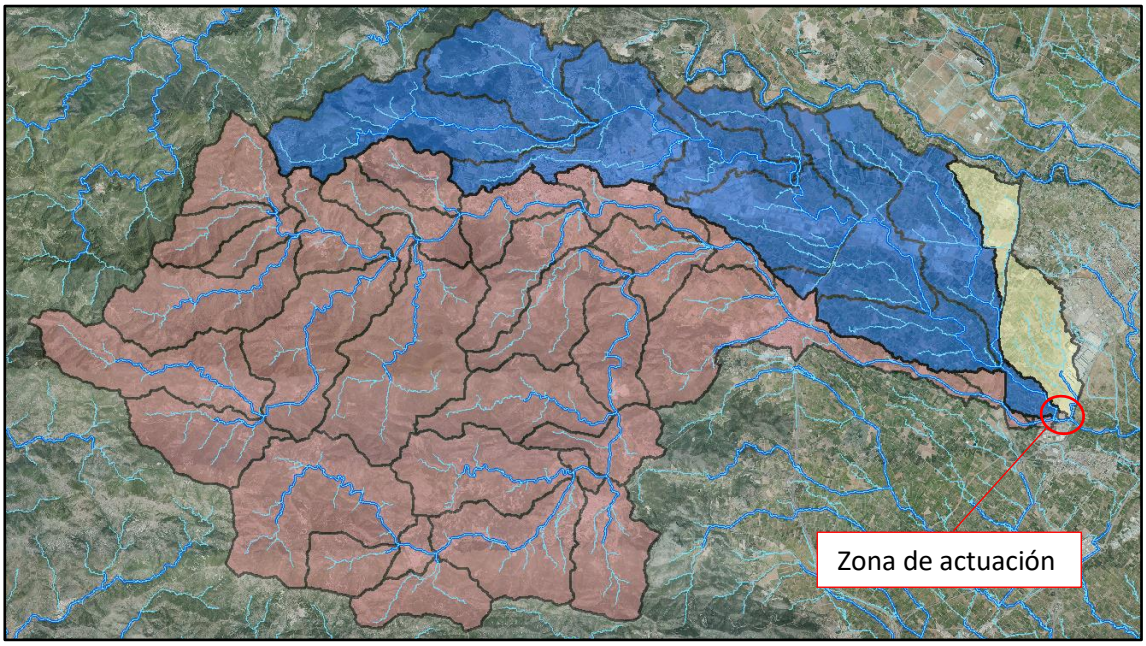


Figura 26. Cuencas hidrográficas correspondientes al Río Seco/Sonella (rojo), al barranco Ràtils (azul) y al barranco Esbarzers (amarillo) sobre Ortofoto de Máxima Actualidad.

Cuencas Río Seco/Sonella					
Cuenca	**Área (m^2)**	**Longitud (m)**	**Z (m)**	**z (m)**	**J (m/m)**
C1_RV	22.450.075	14.096	752,31	229,35	0,037
C2_RV	19.850.137	8.931	578,85	229,35	0,039
C3_RV	7.414.744	4.740	229,35	199,63	0,006
C4_RV	12.086.659	6.736	475,63	214,38	0,039
C5_RV	3.600.703	3.957	199,63	153,14	0,012
C6_RV	4.753.653	5.695	579,22	153,26	0,075
C7_RV	2.992.297	5.323	189,61	109,64	0,015
C8_RV	12.323.559	9.914	248,93	39,39	0,021
C9_RV	1.108.475	2.249	39,39	27,28	0,005
C1_ARTANA	26.458.175	13.150	641,00	231,17	0,031
C2_ARTANA	6.897.231	5.755	473,86	231,17	0,042
C3_ARTANA	5.972.753	3.720	396,04	219,71	0,047
C4_ARTANA	3.249.956	1.809	219,71	197,07	0,013
C5_ARTANA	6.084.250	5.770	457,31	197,07	0,045
C6_ARTANA	4.533.638	4.794	197,07	134,85	0,013
C7_ARTANA	5.140.597	6.137	411,45	134,85	0,045
C8_ARTANA	3.722.659	3.334	134,85	109,60	0,008

Tabla 3. Características hidromorfométricas de las cuencas hidrológicas del río Seco/Sonella.

Río Seco/Sonella				
Área total (m^2)	**Longitud cauce principal (m)**	**Z (m)**	**z (m)**	**J (m/m)**
148.639.562	38.659	765,88	27,28	0,019

Tabla 4. Características hidromorfométricas principales del río Seco/Sonella.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)



Figura 27. Identificación de cuencas hidrológicas. Río Seco/Sonella.

Barranco Ràtils					
Cuenca	**Área (m^2)**	**Longitud (m)**	**Z (m)**	**z (m)**	**J (m/m)**
C1_Ratils	10.543.809	10.308	545,17	161,25	0,037
C2_Ratils	7.485.388	4.841	283,65	161,25	0,025
C3_Ratils	8.812.919	6.551	276,22	133,09	0,022
C4_Ratils	4.263.541	4.171	133,09	98,24	0,008
C5_Ratils	2.804.575	4.841	145,09	98,24	0,010
C6_Ratils	6.990.131	5.478	161,08	82,19	0,014
C7_Ratils	7.969.713	7.515	127,10	56,84	0,009
C8_Ratils	9.090.494	9.968	118,00	41,00	0,008
C9_Ratils	5.339.378	5.520	88,08	41,00	0,009
C10_Ratils	1.080.578	2.439	41,00	27,29	0,006
C11_Ratils	2.538.803	6.789	90,05	41,00	0,007

Tabla 5. Características hidromorfométricas de las cuencas hidrológicas del barranco Ràtils.

Barranco Ràtils				
Área total (m^2)	**Longitud cauce principal (m)**	**Z (m)**	**z (m)**	**J (m/m)**
66.919.328	27.520	316,30	31,95	0,010

Tabla 6. Características hidromorfométricas principales del barranco Ràtils.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

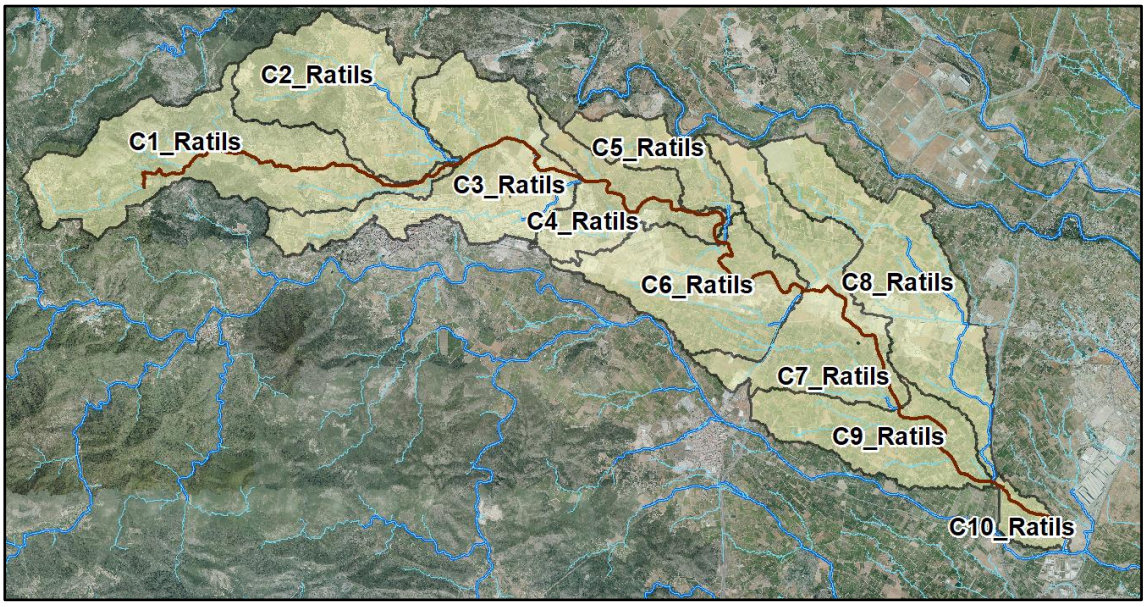


Figura 28. Identificación de cuencas hidrológicas. Barranco Ràtils.

Barranco Esbarzers					
Cuenca	**Área (m^2)**	**Longitud (m)**	**Z (m)**	**z (m)**	**J (m/m)**
Esbarzers	4.904.128	4.339	63,10	30,96	0,007

Tabla 7. Características hidromorfométricas principales del barranco Esbarzers.

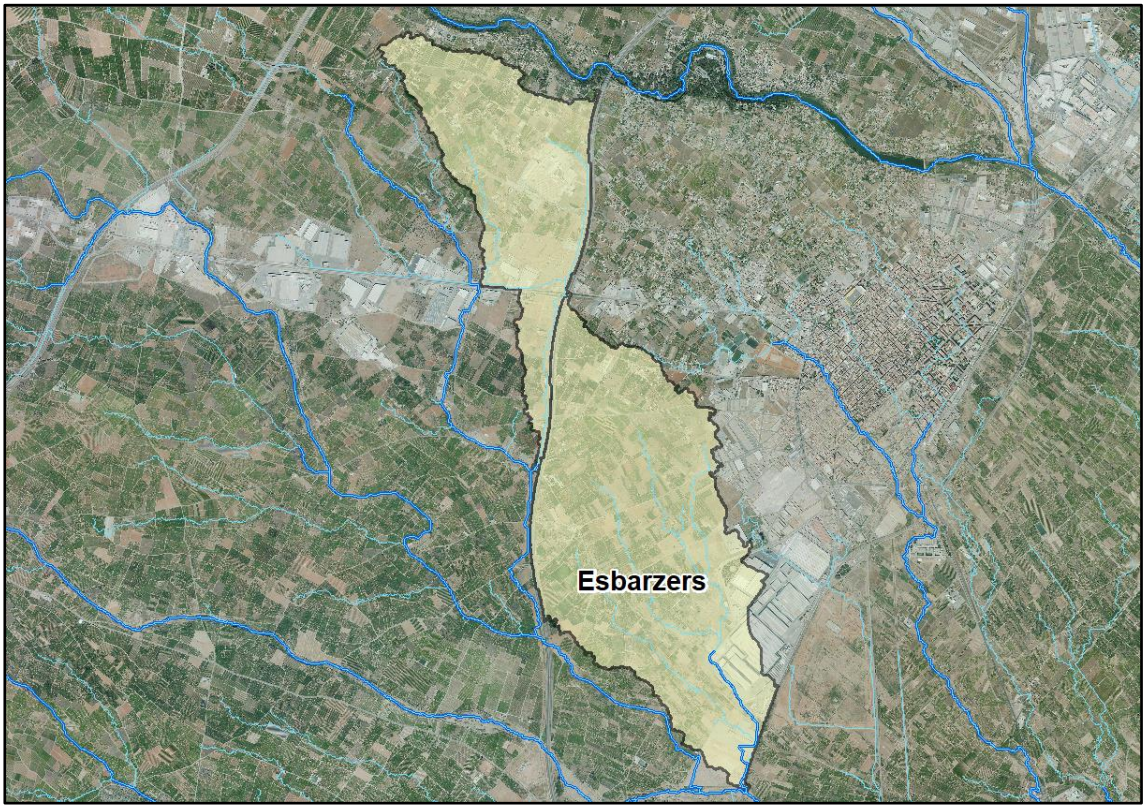


Figura 29. Identificación de cuenca hidrológicas. Barranco Esbarzers.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

7.3. PERÍODO DE RETORNO

El período de retorno es el período de tiempo expresado en años que representa el período medio entre ocurrencias de eventos de magnitud superior al cuantil correspondiente. La probabilidad de que en un año se produzca un caudal máximo superior al de período de retorno T viene dada por la siguiente expresión:

$$P(Q > Q_T) = \frac{1}{T}$$

Los períodos de retorno de estudio para los escenarios de simulación hidrológica e hidráulica se han seleccionado a partir de las normativas de aplicación en los estudios de inundabilidad de una parcela: Reglamento del Dominio Público Hidráulico en el caso de afección a cauces (ámbito estatal) y Plan de Acción Territorial sobre Prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana (PATRICOVA) (ámbito autonómico).

Atendiendo a las citadas normativas, y según las restricciones que se tienen que cumplir en cuanto al análisis de inundabilidad: peligrosidad de inundación, zona de flujo preferente, afección al régimen de corrientes y afección a terceros se plantean los períodos de retorno de estudio.

En el marco de la comunidad autónoma, la normativa del Plan de Acción Territorial sobre Prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana (PATRICOVA), en el *Título II. De la peligrosidad y del riesgo de inundación* en el *artículo 8. Niveles de peligrosidad de inundación*, establece los distintos niveles de peligrosidad y sus períodos de retorno asociados.

En el ámbito normativo estatal, las actuaciones que se encuentren en Zona de Flujo Preferente están reguladas por lo establecido en el artículo 9 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico, destacando el siguiente epígrafe:

Artículo 9. Epígrafe 4. La ejecución de cualquier obra o trabajo en la zona de policía de cauces precisará autorización administrativa previa del organismo de cuenca, sin perjuicio de los supuestos especiales regulados en este Reglamento. Dicha autorización será independiente de cualquier otra que haya de ser otorgada por los distintos órganos de las Administraciones públicas.

En definitiva, para cumplir con lo expuesto en las normativas de aplicación sobre el presente estudio, los períodos de retorno que se emplean para plantear los distintos escenarios son 25, 100 y 500 años.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

7.4. UMBRAL DE ESCORRENTÍA Y NÚMERO DE CURVA

El cálculo de la precipitación neta o del volumen de agua que genera escorrentía superficial es el resultado de descontar al volumen total de la precipitación aquella agua que es interceptada por la vegetación, almacenada en superficie e infiltrada en el suelo, siendo despreciables en la modelación de avenidas las pérdidas por evaporación y evapotranspiración.

La normativa española 5.2 – IC de drenaje en carreteras basa la determinación del porcentaje de agua susceptible de generar escorrentía superficial en el cálculo del coeficiente de escorrentía del modelo empírico de infiltración del Soil Conservation Service (SCS). Este modelo está implementado en el programa HEC-HMS y depende de un solo parámetro, el umbral de escorrentía (P_0), que tiene en consideración aspectos como el uso del suelo, el grupo hidrológico del suelo y la pendiente media del terreno. Cabe destacar que la formulación original del SCS fue desarrollada a partir de un parámetro distinto, el número de curva (CN), que está relacionado biunívocamente con el umbral de escorrentía mediante la siguiente expresión:

$$CN = \frac{5080}{P_0 + 50{,}8}$$

El modelo hidrológico planteado, que se resuelve mediante el programa HEC-HMS, emplea el modelo de infiltración del SCS y el parámetro a introducir es el número de curva (CN). En consecuencia, en primer lugar se determina el umbral de escorrentía según la normativa española 5.2 – IC de drenaje en carreteras y posteriormente se calculan los números de curva correspondientes.

El umbral de escorrentía P_0 representa la precipitación mínima que debe caer sobre la cuenca para que se inicie la generación de escorrentía, se determina mediante la siguiente expresión:

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

Donde:

P_0 (mm) es el umbral de escorrentía

P_0^i (mm) es el valor inicial del umbral de escorrentía

β (adimensional) es el coeficiente corrector del umbral de escorrentía

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

El valor inicial del umbral de escorrentía se ha obtenido como un valor medio ponderado (según área, uso del suelo y pendiente) para cada una de las subcuencas discretizadas en los tres cauces de estudio.

La asignación de P_0^i a cada subcuenca requiere definir el grupo hidrológico y la distribución de usos del suelo de cada una de ellas. Los grupos hidrológicos de suelo de las cuencas se han determinado según el siguiente mapa de la norma 5.2-IC de drenaje de carreteras.

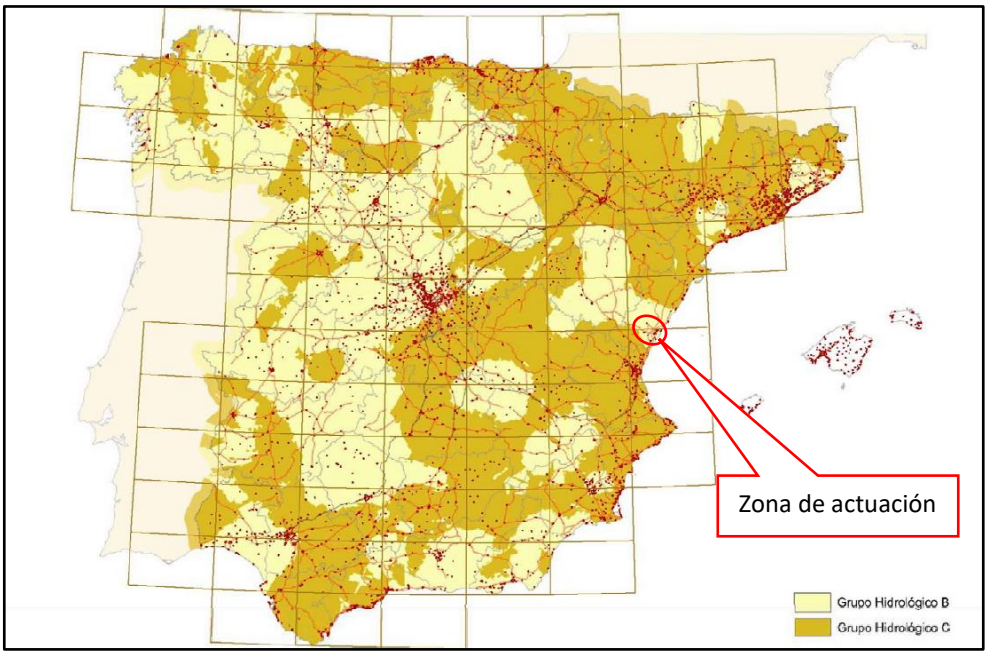


Figura 30.Mapas de grupos hidrológicos del suelo. Figura 2.7 de la Norma 5.2-IC.

En las cuencas afectadas el grupo hidrológico de suelo es grupo B en toda la superficie.

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

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

Tabla 8. Grupos hidrológicos de suelo a efectos de la determinación del valor inicial del umbral de escorrentía.

Por su parte, los usos del suelo se definen a partir del nivel 3 de la cartografía del proyecto CORINE Land Cover del año 2012 de usos del suelo en España disponible en el Instituto Geográfico Nacional. Esta cartografía se ha supervisado y contrastado con la ortofoto actual.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

A modo ilustrativo, se muestra en la siguiente figura los usos del suelo presentes en la cuenca hidrológica 4 del Río Veo.

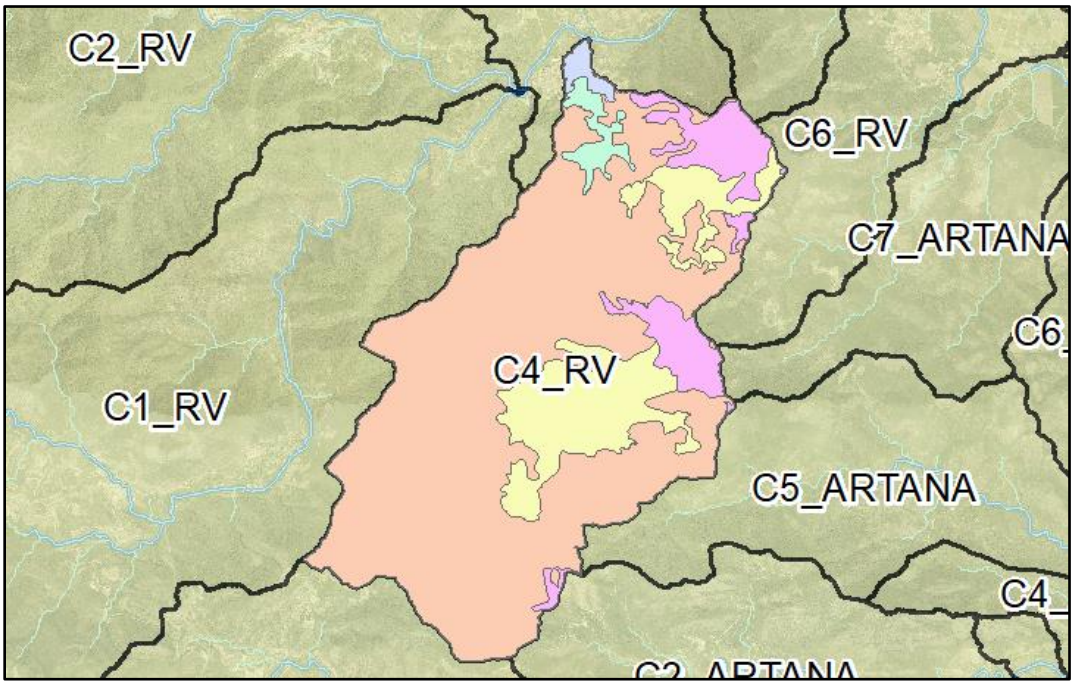


Figura 31.Usos del suelo Nivel 3 cartografía CORINE Land Cover en Cuenca 4 del Río Veo. Año 2012.

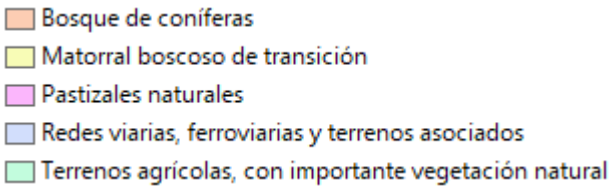


Figura 32.Leyenda de usos del suelo Nivel 3 cartografía CORINE Land Cover en Cuenca 4 del Río Veo. Año 2012.

Una vez identificados los usos del suelo, se ha calculado el área correspondiente a cada uno de ellos y las pendientes medias por subcuenca, presentando la mayoría de ellas pendientes menores del 3%. Posteriormente, se ha asignado para cada uso del suelo el correspondiente valor inicial del umbral de escorrentía P_0^i (mm) según la tabla 2.3 de la norma 5.2-IC de drenaje superficial y se ha calculado el valor medio ponderado para cada subcuenca de estudio.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

Río Veo. Valores iniciales del umbral de escorrentía para cada subcuenca hidrológica.

C1_RV		
NIVEL 3 CORINE Land Cover	**Area (m^2)**	**P_0^i (mm)**
Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados	1.156,88	1
Frutales	267.050,18	42
Olivares	628.547,25	34
Mosaico de cultivos	349.370,31	29
Terrenos principalmente agrícolas, pero con importantes espacios de vegetación natural	772.131,37	19
Bosques de frondosas	5.279.852,92	47
Bosques de coníferas	10.716.803,47	47
Pastizales naturales	14.678,89	35
Vegetación esclerófila	3.469.470,02	24
Matorral boscoso de transición	951.013,69	34
Área total (m^2)	22.450.075,00	
	P_0^i ponderado	**41,22**

Tabla 9. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 1 del Río Veo.

C2_RV		
NIVEL 3 CORINE Land Cover	**Area (m^2)**	**P_0^i (mm)**
Terrenos regados permanentemente	275.198,19	25
Mosaico de cultivos	464.073,89	29
Terrenos principalmente agrícolas, pero con importantes espacios de vegetación natural	865.257,23	19
Bosques de frondosas	303.400,63	47
Bosques de coníferas	17.466.947,22	47
Pastizales naturales	364.067,33	35
Vegetación esclerófila	6.150,28	24
Matorral boscoso de transición	105.042,73	34
Área total (m^2)	19.850.137,50	
	P_0^i ponderado	**44,76**

Tabla 10. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 2 del Río Veo.

C3_RV		
NIVEL 3 CORINE Land Cover	**Area (m^2)**	**P_0^i (mm)**
Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados	161.298,37	1
Terrenos regados permanentemente	6.944,42	25
Frutales	562.682,80	42
Mosaico de cultivos	14.953,61	29
Terrenos principalmente agrícolas, pero con importantes espacios de vegetación natural	1.212.065,66	19
Bosques de coníferas	3.628.922,87	47
Pastizales naturales	425.998,90	35
Matorral boscoso de transición	1.401.877,11	34
Área total (m^2)	7.414.743,75	
	P_0^i ponderado	**37,84**

Tabla 11. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 3 del Río Veo.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

C4_RV		
NIVEL 3 CORINE Land Cover	**Area (m^2)**	**P_0^i(mm)**
Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados	113.620,35	1
Terrenos principalmente agrícolas, pero con importantes espacios de vegetación natural	233.147,77	19
Bosques de coníferas	8.838.525,16	47
Pastizales naturales	1.052.916,61	35
Matorral boscoso de transición	1.848.449,48	34
Área total (m^2)	12.086.659,37	
	P_0^i ponderado	**42,99**

Tabla 12. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 4 del Río Veo.

C5_RV		
NIVEL 3 CORINE Land Cover	**Area (m^2)**	**P_0^i(mm)**
Tejido urbano continuo	578.685,84	1
Tejido urbano discontinuo	234.715,12	14
Zonas industriales o comerciales	2.054,89	4
Frutales	442.640,68	42
Praderas	12.810,42	55
Mosaico de cultivos	178.046,98	29
Terrenos principalmente agrícolas, pero con importantes espacios de vegetación natural	397.042,87	19
Bosques de coníferas	1.407.268,66	47
Pastizales naturales	100.777,34	35
Matorral boscoso de transición	246.660,33	34
Área total (m^2)	3.600.703,13	
	P_0^i ponderado	**31,64**

Tabla 13. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 5 del Río Veo.

C6_RV		
NIVEL 3 CORINE Land Cover	**Area (m^2)**	**P_0^i(mm)**
Frutales	1.003.235,59	42
Praderas	108.314,79	55
Mosaico de cultivos	483.578,91	29
Bosques de coníferas	1.675.157,82	47
Pastizales naturales	936.020,69	35
Vegetación esclerófila	260.916,75	24
Matorral boscoso de transición	286.428,57	34
Área total (m^2)	4.753.653,12	
	P_0^i ponderado	**39,89**

Tabla 14. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 6 del Río Veo.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

C7_RV		
NIVEL 3 CORINE Land Cover	**Area (m^2)**	**P_0^i (mm)**
Tejido urbano continuo	218.108,03	1
Zonas industriales o comerciales	553.567,83	4
Frutales	918.047,76	42
Praderas	851.874,48	55
Mosaico de cultivos	441.983,75	29
Terrenos principalmente agrícolas, pero con importantes espacios de vegetación natural	8.715,03	19
Área total (m^2)	2.992.296,88	
	P_0^i ponderado	**33,70**

Tabla 15. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 7 del Río Veo.

C8_RV		
NIVEL 3 CORINE Land Cover	**Area (m^2)**	**P_0^i (mm)**
Tejido urbano discontinuo	638.814,14	14
Zonas industriales o comerciales	701.700,43	4
Frutales	7.011.440,42	42
Terrenos principalmente agrícolas, pero con importantes espacios de vegetación natural	418.464,18	19
Bosques de frondosas	926.871,23	47
Bosques de coníferas	894.697,06	47
Pastizales naturales	7.599,90	35
Vegetación esclerófila	978.571,79	24
Matorral boscoso de transición	745.400,23	34
Área total (m^2)	12.323.559,38	
	P_0^i ponderado	**36,43**

Tabla 16. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 8 del Río Veo.

C9_RV		
NIVEL 3 CORINE Land Cover	**Area (m^2)**	**P_0^i (mm)**
Zonas en construcción	50.545,33	14
Pastizales naturales	11.701,49	35
Frutales	1.046.228,18	42
Área total (m^2)	1.108.475,00	
	P_0^i ponderado	**40,65**

Tabla 17. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 9 del Río Veo.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

C1_ARTANA		
NIVEL 3 CORINE Land Cover	**Area (m^2)**	**P_0^i (mm)**
Tejido urbano discontinuo	434.450,14	14
Frutales	730.232,02	42
Olivares	371.621,98	34
Mosaico de cultivos	867.660,04	29
Terrenos principalmente agrícolas, pero con importantes espacios de vegetación natural	420.868,67	19
Bosques de frondosas	5.553.023,51	47
Bosques de coníferas	9.232.980,68	47
Bosque mixto	1.495.715,93	47
Pastizales naturales	3.940.807,25	35
Vegetación esclerófila	2.650.814,61	24
Matorral boscoso de transición	760.000,18	34
Área total (m^2)	26.458.175,00	
	P_0^i ponderado	**40,64**

Tabla 18. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 1 del cauce Artana. Afluente del Río Veo.

C2_ARTANA		
NIVEL 3 CORINE Land Cover	**Area (m^2)**	**P_0^i (mm)**
Frutales	273,16	42
Olivares	29.149,30	34
Mosaico de cultivos	31.900,96	29
Terrenos principalmente agrícolas, pero con importantes espacios de vegetación natural	899.044,03	19
Bosques de coníferas	3.898.227,99	47
Pastizales naturales	620.262,84	35
Matorral boscoso de transición	1.418.372,99	34
Área total (m^2)	6.897.231,25	
	P_0^i ponderado	**39,46**

Tabla 19. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 2 del cauce Artana. Afluente del Río Veo.

C3_ARTANA		
NIVEL 3 CORINE Land Cover	**Area (m^2)**	**P_0^i (mm)**
Tejido urbano discontinuo	336.445,63	14
Frutales	705.355,70	42
Mosaico de cultivos	86.716,15	29
Terrenos principalmente agrícolas, pero con importantes espacios de vegetación natural	732.031,39	19
Bosques de frondosas	24.459,74	47
Bosques de coníferas	2.775.705,83	47
Pastizales naturales	289.526,05	35
Vegetación esclerófila	672.430,66	24
Matorral boscoso de transición	350.081,99	34
Área total (m^2)	5.972.753,13	
	P_0^i ponderado	**36,92**

Tabla 20. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 3 del cauce Artana. Afluente del Río Veo.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

C4_ARTANA		
NIVEL 3 CORINE Land Cover	**Area (m^2)**	**P_0^i (mm)**
Frutales	784.593,42	42
Mosaico de cultivos	25.503,54	29
Bosques de frondosas	200.218,27	47
Bosques de coníferas	1.333.728,49	47
Vegetación esclerófila	866.834,87	24
Matorral boscoso de transición	39.077,66	34
Área total (m^2)	3.249.956,25	
	P_0^i ponderado	**39,36**

Tabla 21. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 4 del cauce Artana. Afluente del Río Veo.

C5_ARTANA		
NIVEL 3 CORINE Land Cover	**Area (m^2)**	**P_0^i (mm)**
Bosques de coníferas	4.932.457,17	47
Pastizales naturales	41.970,63	35
Vegetación esclerófila	1.101.459,46	24
Matorral boscoso de transición	8.362,73	34
Área total (m^2)	6.084.250,00	
	P_0^i ponderado	**42,74**

Tabla 22. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 5 del cauce Artana. Afluente del Río Veo.

C6_ARTANA		
NIVEL 3 CORINE Land Cover	**Area (m^2)**	**P_0^i (mm)**
Frutales	126.234,04	42
Praderas	179,95	55
Bosques de frondosas	252.523,88	47
Bosques de coníferas	848.001,88	47
Vegetación esclerófila	2.934.104,94	24
Matorral boscoso de transición	372.592,81	34
Área total (m^2)	4.533.637,50	
	P_0^i ponderado	**30,91**

Tabla 23. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 6 del cauce Artana. Afluente del Río Veo.

C7_ARTANA		
NIVEL 3 CORINE Land Cover	**Area (m^2)**	**P_0^i (mm)**
Frutales	783.285,34	42
Praderas	25.363,02	55
Bosques de coníferas	3.381.303,94	47
Pastizales naturales	205.358,24	35
Vegetación esclerófila	745.286,33	24
Área total (m^2)	5.140.596,88	
	P_0^i ponderado	**42,46**

Tabla 24. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 7 del cauce Artana. Afluente del Río Veo.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

C8_ARTANA		
NIVEL 3 CORINE Land Cover	**Area (m^2)**	**P_0^i (mm)**
Frutales	2.736.940,55	42
Praderas	300.573,72	55
Mosaico de cultivos	14.770,00	29
Terrenos principalmente agrícolas, pero con importantes espacios de vegetación natural	410.705,61	19
Bosques de coníferas	195.075,89	47
Matorral boscoso de transición	64.593,60	34
Área total (m^2)	3.722.659,38	
	P_0^i ponderado	**40,58**

Tabla 25. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 8 del cauce Artana. Afluente del Río Veo.

Barranco Ràtils. Valores iniciales del umbral de escorrentía para cada subcuenca hidrológica.

C1_Ratils		
NIVEL 3 CORINE Land Cover	**Area (m^2)**	**P_0^i (mm)**
Tejido urbano discontinuo	338.315,15	14
Zonas industriales o comerciales	22.905,05	4
Frutales	2.263.701,45	42
Terrenos principalmente agrícolas, pero con importantes espacios de vegetación natural	630.435,08	19
Bosques de coníferas	4.620.607,45	47
Pastizales naturales	665.754,67	35
Vegetación esclerófila	1.463.750,76	24
Matorral boscoso de transición	538.339,77	34
Área total (m^2)	10.543.809,38	
	P_0^i ponderado	**38,49**

Tabla 26. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 1 del Barranco Ràtils.

C2_Ratils		
NIVEL 3 CORINE Land Cover	**Area (m^2)**	**P_0^i (mm)**
Tejido urbano discontinuo	790.225,82	14
Frutales	3.264.422,42	42
Terrenos principalmente agrícolas, pero con importantes espacios de vegetación natural	343.763,16	19
Bosques de coníferas	1.349.842,87	47
Pastizales naturales	355.659,96	35
Vegetación esclerófila	302.931,69	24
Matorral boscoso de transición	1.078.541,59	34
Área total (m^2)	7.485.387,50	
	P_0^i ponderado	**36,68**

Tabla 27. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 2 del Barranco Ràtils.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

C3_Ratils		
NIVEL 3 CORINE Land Cover	**Area (m^2)**	**P_0^i (mm)**
Tejido urbano continuo	528.165,96	1
Tejido urbano discontinuo	316.551,92	14
Zonas industriales o comerciales	2.915.981,53	4
Frutales	3.073.382,17	42
Terrenos principalmente agrícolas, pero con importantes espacios de vegetación natural	141.722,35	19
Bosques de coníferas	71.358,96	47
Pastizales naturales	767.280,42	35
Vegetación esclerófila	847.276,25	24
Matorral boscoso de transición	151.199,19	34
Área total (m^2)	8.812.918,75	
	P_0^i ponderado	**23,16**

Tabla 28. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 3 del Barranco Ràtils.

C4_Ratils		
NIVEL 3 CORINE Land Cover	**Area (m^2)**	**P_0^i (mm)**
Zonas industriales o comerciales	1.639.297,17	4
Frutales	2.532.946,97	42
Praderas	5.383,68	55
Vegetación esclerófila	85.912,80	24
Área total (m^2)	4.263.540,63	
	P_0^i ponderado	**27,04**

Tabla 29. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 4 del Barranco Ràtils.

C5_Ratils		
NIVEL 3 CORINE Land Cover	**Area (m^2)**	**P_0^i (mm)**
Zonas de extracción minera	3.518,56	9
Frutales	2.557.145,34	42
Pastizales naturales	233.858,50	35
Vegetación esclerófila	10.052,61	24
Área total (m^2)	2.804.575,00	
	P_0^i ponderado	**41,31**

Tabla 30. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 5 del Barranco Ràtils.

C6_Ratils		
NIVEL 3 CORINE Land Cover	**Area (m^2)**	**P_0^i (mm)**
Zonas industriales o comerciales	1.003.235,59	4
Frutales	108.314,79	42
Praderas	483.578,91	55
Mosaico de cultivos	1.675.157,82	29
Área total (m^2)	3.270.287,12	
	P_0^i ponderado	**25,61**

Tabla 31. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 6 del Barranco Ràtils.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

C7_Ratils		
NIVEL 3 CORINE Land Cover	**Area (m^2)**	**P_0^i (mm)**
Zonas industriales o comerciales	1.091.659,30	4
Frutales	6.877.966,94	42
Vegetación esclerófila	86,26	24
Área total (m^2)	7.969.712,50	
	P_0^i ponderado	**36,79**

Tabla 32. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 7 del Barranco Ràtils.

C8_Ratils		
NIVEL 3 CORINE Land Cover	**Area (m^2)**	**P_0^i (mm)**
Tejido urbano discontinuo	4.718,70	14
Zonas industriales o comerciales	1.170.864,66	4
Frutales	7.721.741,27	42
Pastizales naturales	192.066,00	35
Vegetación esclerófila	1.103,12	24
Área total (m^2)	9.090.493,75	
	P_0^i ponderado	**36,94**

Tabla 33. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 8 del Barranco Ràtils.

C9_Ratils		
NIVEL 3 CORINE Land Cover	**Area (m^2)**	**P_0^i (mm)**
Frutales	5.339.378,13	42
Área total (m^2)	5.339.378,13	
	P_0^i ponderado	**42,00**

Tabla 34. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 9 del Barranco Ràtils.

C10_Ratils		
NIVEL 3 CORINE Land Cover	**Area (m^2)**	**P_0^i (mm)**
Frutales	1.043.560,83	42
Pastizales naturales	37.017,29	35
Área total (m^2)	1.080.578,13	
	P_0^i ponderado	**41,76**

Tabla 35. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca 10 del Barranco Ràtils.

Bco. Esbarzers. Valores iniciales del umbral de escorrentía para cada subcuenca hidrológica.

Cuenca Esbarzers		
NIVEL 3 CORINE Land Cover	**Area (m^2)**	**P_0^i (mm)**
Tejido urbano discontinuo	486,721.51	14
Zonas industriales o comerciales	850,898.31	4
Frutales	5,277,981.01	42
Pastizales naturales	399,647.19	35
Praderas	427,683.24	55
Área total (m^2)	7,442,931.25	
	P_0^i ponderado	**36.20**

Tabla 36. Valor inicial del umbral de escorrentía ponderado de la Cuenca del Barranco Esbarzers.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

El umbral de escorrentía P_o se obtiene multiplicando el valor inicial del umbral de escorrentía ponderado (P_0^i ponderado) por el coeficiente corrector β de la norma 5.2-IC de drenaje superficial de carreteras. Puesto que la actuación está localizada en la región del Levante identificada como región 821 de la propia normativa, para los períodos de retorno de 100 y 500 años se adopta, según el epígrafe 2.3, el valor medio de β recogido en la tabla 2.5 de la norma.

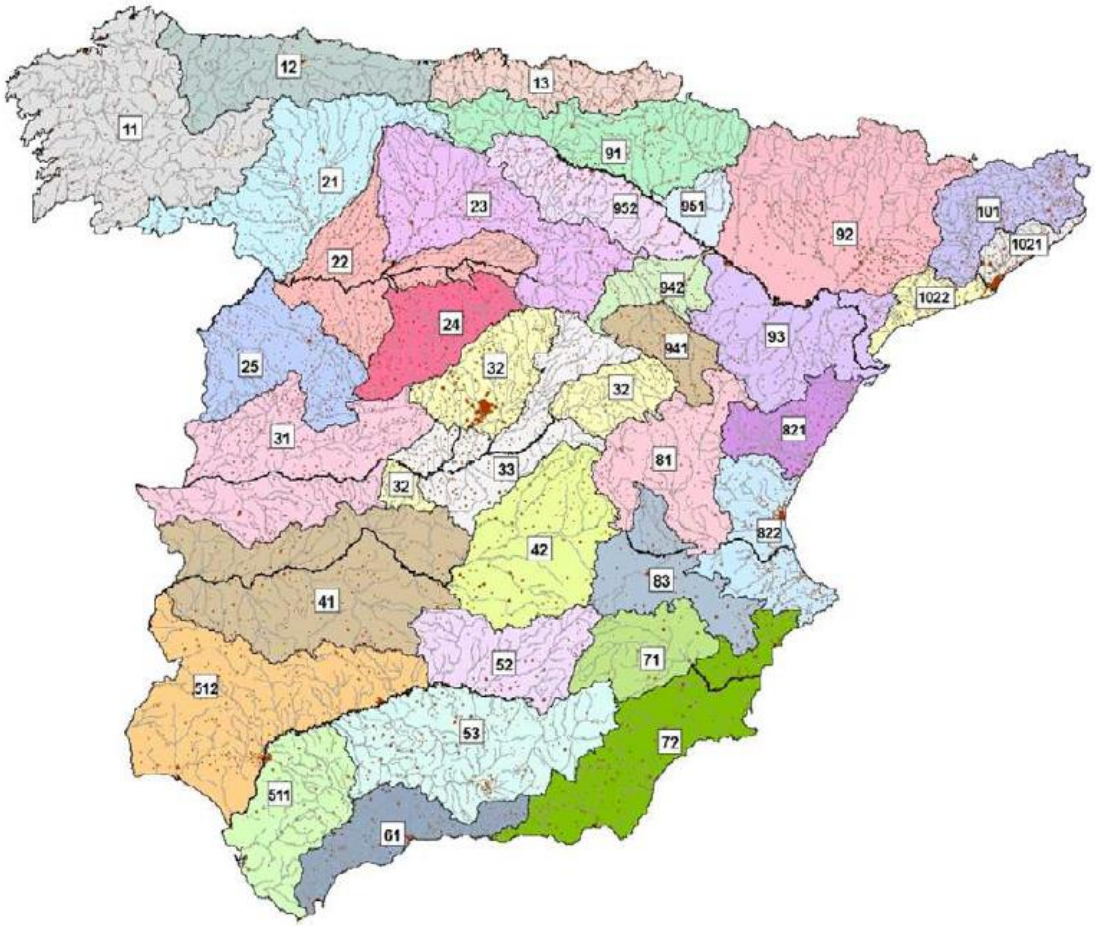


Figura 33.Regiones consideradas para la caracterización del coeficiente corrector del umbral de escorrentía. Norma 5.1-IC.

Sin embargo, para el período de retorno de 25 años, según el epígrafe 2.2.3.4, el coeficiente corrector del umbral de escorrentía se calcula según la siguiente expresión.

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

Donde:

β^{DT} es el coeficiente corrector del umbral de escorrentía para drenaje transversal de la carretera (adimensional)

β_m es el valor medio en la región, del coeficiente corrector del umbral de escorrentía (adimensional). Tabla 2.5.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

Δ_{50} es la desviación respecto al valor medio: intervalo de confianza correspondiente al cincuenta por ciento (adimensional)

F_T es el factor función del período de retorno T (adimensional). Tabla 2.5.

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

Tabla 37. Coeficiente corrector del umbral de escorrentía. Valores correspondientes a calibraciones regionales. Norma 5.2-IC

Los valores del coeficiente corrector del umbral de escorrentía que se han adoptado se resumen en la siguiente tabla:

Coeficiente corrector del umbral escorrentía	T = 25 años	T = 100 años	T = 500 años
β	1,02	1,30	1,300

Tabla 38. Valores adoptados del coeficiente corrector del umbral de escorrentía para cada período de retorno considerado.

En la Tabla 45, Tabla 46, Tabla 47 y Tabla 48 se recogen los valores del umbral de escorrentía calculados y los correspondientes números de curva (NC) que se introducen en el programa de HEC-HMS para cada subcuenca y que permiten el cálculo de la precipitación neta.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

7.5. COEFICIENTE DE REDUCCIÓN AREAL DE PRECIPITACIÓN

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 en caso de que el área de la cuenca analizada sea superior a 1 km^2. Se obtiene a partir de la siguiente expresión:

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

Donde:

K_A (adimensional) es el factor reductor de la precipitación por área de la cuenca

A (km^2) es el área de la cuenca analizada

Los resultados obtenidos son:

Cuenca	Área (km^2)	K_A
C1_RV	22,45	0,91
C2_RV	19,85	0,91
C3_RV	7,41	0,94
C4_RV	12,09	0,93
C5_RV	3,60	0,96
C6_RV	4,75	0,95
C7_RV	2,99	0,97
C8_RV	12,32	0,93
C9_RV	1,11	1,00
C1_ARTANA	26,46	0,91
C2_ARTANA	6,90	0,94
C3_ARTANA	5,97	0,95
C4_ARTANA	3,25	0,97
C5_ARTANA	6,08	0,95
C6_ARTANA	4,53	0,96
C7_ARTANA	5,14	0,95
C8_ARTANA	3,72	0,96

Tabla 39. Coeficientes de reducción areal de precipitación para las subcuencas del Río Veo.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

Cuenca	Área (km^2)	K_A
C1_Ratils	10.54	0.93
C2_Ratils	7.49	0.94
C3_Ratils	8.81	0.94
C4_Ratils	4.26	0.96
C5_Ratils	2.80	0.97
C6_Ratils	6.99	0.94
C7_Ratils	7.97	0.94
C8_Ratils	9.09	0.94
C9_Ratils	5.34	0.95
C10_Ratils	1.08	1.00

Tabla 40. Coeficientes de reducción areal de precipitación para las subcuencas del barranco Ràtils.

Cuenca	Área (km^2)	K_A
Esbarzers	7.44	0.94

Tabla 41. Coeficiente de reducción areal de precipitación para la cuenca del barranco Esbarzers.

7.6. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

El 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, o en otras palabras, es el tiempo transcurrido desde el final de la lluvia neta hasta el final del hidrograma superficial generado por ella. Se obtiene calculando el tiempo de recorrido más largo desde cualquier punto de la cuenca hasta el punto de desagüe. La fórmula propuesta por la normativa 5.2 IC de drenaje superficial es:

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

Donde:

t_c es el tiempo de concentración de la cuenca (horas)

L es la longitud del cauce principal (kilómetros)

J es la pendiente media del cauce (tanto por uno)

El cauce o recorrido que debe escogerse es aquel que da lugar a un valor mayor del tiempo de concentración (mayor longitud y menor pendiente). El tiempo de retardo de la punta del hidrograma se corresponde con el valor a introducir en HEC-HMS (lag time) para considerar la propagación de la escorrentía superficial en la cuenca hidrográfica. En este estudio se adopta el valor propuesto en la formulación del SCS de $0{,}6 \cdot t_c$.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

Aplicando la formulación expuesta a las distintas cuencas analizadas, los tiempos de concentración que se han obtenido son:

Cuenca	L (m)	Z (m)	z (m)	J (m/m)	t_c (h)	t_c (min)	t_{lag} (min)
C1_RV	14096	752,31	229,35	0,037	4,19	251	151
C2_RV	8931	578,85	229,35	0,039	2,93	176	106
C3_RV	4740	229,35	199,63	0,006	2,57	154	92
C4_RV	6736	475,63	214,38	0,039	2,37	142	85
C5_RV	3957	199,63	153,14	0,012	1,99	119	71
C6_RV	5695	579,22	153,26	0,075	1,84	111	66
C7_RV	5323	189,61	109,64	0,015	2,37	142	85
C8_RV	9914	248,93	39,39	0,021	3,57	214	128
C9_RV	2249	39,39	27,28	0,005	1,50	90	54
C1_ARTANA	13150	641,00	231,17	0,031	4,11	247	148
C2_ARTANA	5755	473,86	231,17	0,042	2,07	124	75
C3_ARTANA	3720	396,04	219,71	0,047	1,45	87	52
C4_ARTANA	1809	219,71	197,07	0,013	1,08	65	39
C5_ARTANA	5770	457,31	197,07	0,045	2,05	123	74
C6_ARTANA	4794	197,07	134,85	0,013	2,25	135	81
C7_ARTANA	6137	411,45	134,85	0,045	2,15	129	77
C8_ARTANA	3334	134,85	109,60	0,008	1,89	114	68

Tabla 42. Tiempos de concentración de las cuencas hidrológicas del Río Veo.

Cuenca	L (m)	Z (m)	z (m)	J (m/m)	t_c (h)	t_c (min)	t_{lag} (min)
C1_Ratils	10308	545.17	161.25	0.037	3.30	198	119
C2_Ratils	4841	283.65	161.25	0.025	2.00	120	72
C3_Ratils	6551	276.22	133.09	0.022	2.59	155	93
C4_Ratils	4171	133.09	98.24	0.008	2.20	132	79
C5_Ratils	4841	145.09	98.24	0.010	2.40	144	86
C6_Ratils	5478	161.08	82.19	0.014	2.45	147	88
C7_Ratils	7515	127.10	56.84	0.009	3.38	203	122
C8_Ratils	9968	118.00	41.00	0.008	4.34	260	156
C9_Ratils	5520	88.08	41.00	0.009	2.72	163	98
C10_Ratils	2439	41.00	27.29	0.006	1.58	95	57

Tabla 43. Tiempos de concentración de las cuencas hidrológicas del Barranco Ràtils.

Cuenca	L (m)	Z (m)	z (m)	J (m/m)	t_c (h)	t_c (min)
Esbarzers	8696	89.17	30.96	0.007	4.02	241

Tabla 44. Tiempo de concentración de la cuenca hidrológica del Barranco Esbarzers.

7.7. CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DURACIÓN-INTENSIDAD-FRECUENCIA

La conversión de precipitación máxima diaria a distribución temporal de precipitación mediante hietogramas requiere el empleo de una curva de intensidad-duración-frecuencia.

La Norma 5.2-I.C. de *Drenaje Superficial de Carreteras* propone la utilización de la curva de intensidad-duración-frecuencia (IDF) recogida en la publicación "Cálculo hidrometeorológico"

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

del profesor D. José Ramón Témez (1978), que tiene formulación básica aplicada al caso de España. Este método permite considerar explícitamente la situación geográfica de la cuenca objeto del estudio mediante el parámetro del índice de torrencialidad (I_1/I_d), cociente entre la intensidad horaria y la diaria, que ha sido regionalizado a nivel nacional. La expresión analítica propuesta por Témez para la obtención de las curvas IDF responde a la siguiente formulación:

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d}\right)^{\frac{28^{0,1} - t^{0,1}}{28^{0,1} - 1}}$$

Donde:

I_t (mm/h) es la intensidad media correspondiente al intervalo de duración t deseado

I_d (mm/h) es la intensidad media diaria de precipitación, correspondiente al periodo de retorno considerado. Es igual a $P_d/24$.

P_d (mm) es la precipitación total diaria correspondiente al período de retorno considerado (calculada en el apartado 7.1 PLUVIOMETRÍA)

t (h) es la duración del intervalo al que se refiere I_t.

I_1/I_d (adimensional) es el índice de torrencialidad y se define como el cociente entre la intensidad horaria y la diaria. Este parámetro es independiente del periodo de retorno y puede obtenerse para el territorio nacional a partir de mapa publicado en la propia instrucción. Se adopta un valor de 11 para la zona de estudio.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

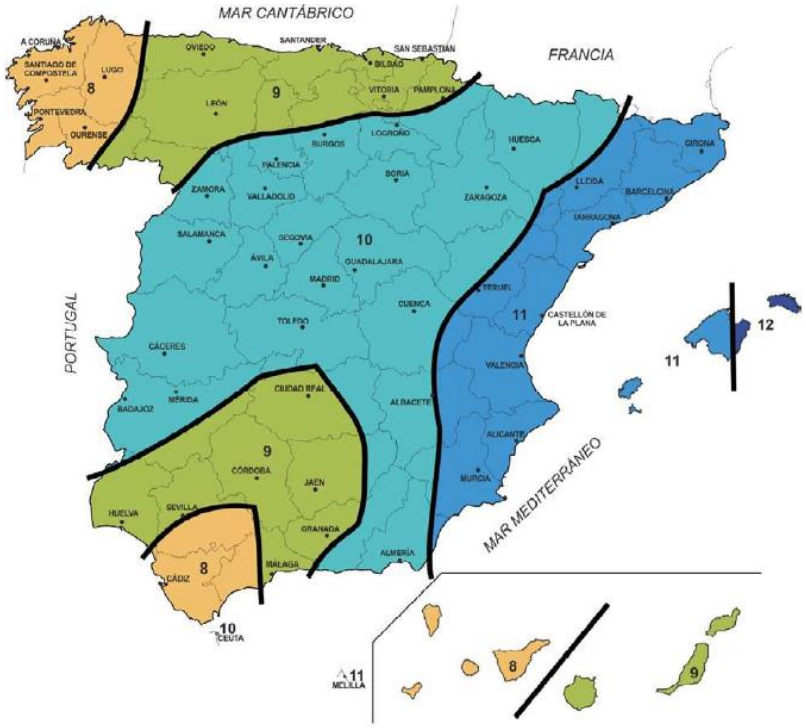


Figura 34.Mapa del índice de torrencialidad (I_1/I_d).

En consecuencia, aplicando la formulación de Témez, las curvas IDF resultantes para los diversos períodos de retorno considerados son:

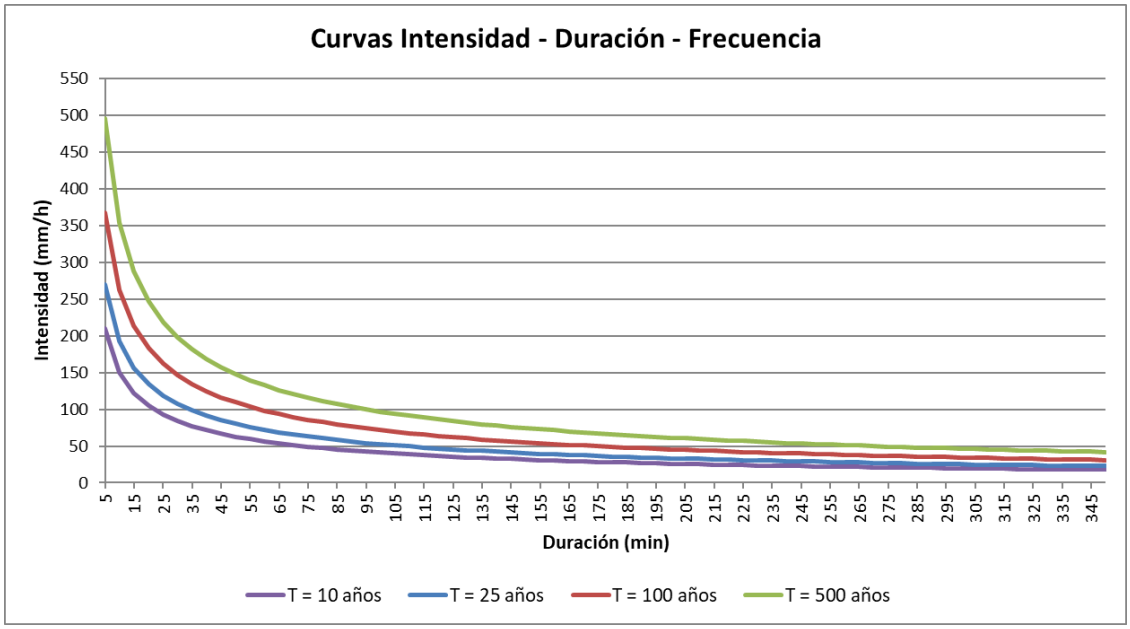


Figura 35. Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) para los períodos de retorno considerados.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

7.8. HIETOGRAMAS SINTÉTICOS. TORMENTA DE DISEÑO

La distribución temporal de la precipitación se representa mediante los hietogramas de diseño que se obtienen a partir de las curvas IDF de Témez propuestas en la Norma 5.2-IC de drenaje superficial.

De los distintos tipos de hietogramas de diseño existentes, se selecciona el hietograma de bloques alternos por ajustarse mejor a las tormentas de la zona mediterránea de la Península Ibérica. Este hietograma asume como hipótesis fundamental que para cualquier intervalo de tiempo la intensidad media de precipitación será la más desfavorable, por lo que para cualquier duración de tormenta se debe cumplir la curva IDF.

El hietograma se representa en un gráfico donde el eje de abscisas muestra la duración de la tormenta y el eje de ordenadas la intensidad de la precipitación. La intensidad de cada bloque se calcula mediante la siguiente expresión:

$$b_k = k \cdot i_T(k \cdot \Delta t) - \sum_{j=1}^{k-1} b_j$$

Donde:

b_k (mm) es el volumen de precipitación en el intervalo de tiempo considerado y se corresponde con la altura de bloque.

k es el paso de cálculo.

Δt (s) es el intervalo de tiempo de discretización de la tormenta y se corresponde con el ancho de los bloques representados.

i_T (mm) es la intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno y duración considerados. Se obtiene de la curva IDF de Témez.

b_j (mm) es el volumen de precipitación para cada instante anterior (j) al paso de cálculo (k).

Para un período de retorno determinado, la altura del bloque pico depende sólo del intervalo de tiempo Δt.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

Los hietogramas de bloques alternos para los distintos períodos de retorno se muestran en las siguientes figuras:

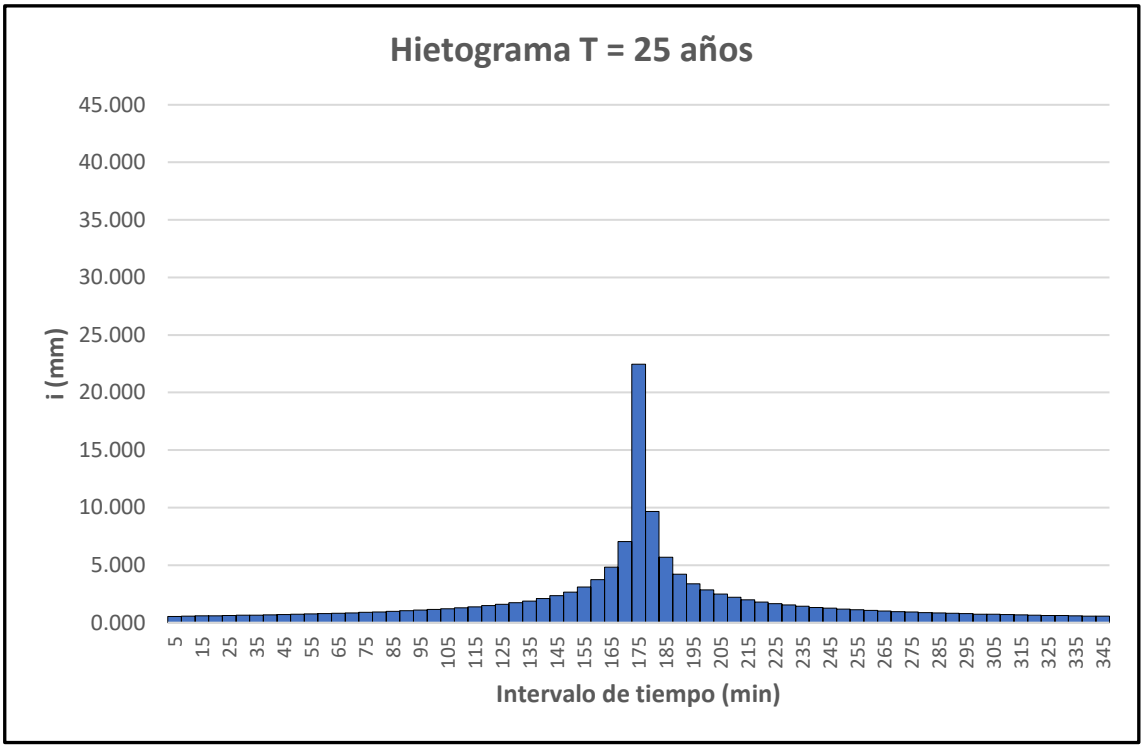


Figura 36. Hietograma de bloques alternos para 25 años de período de retorno.

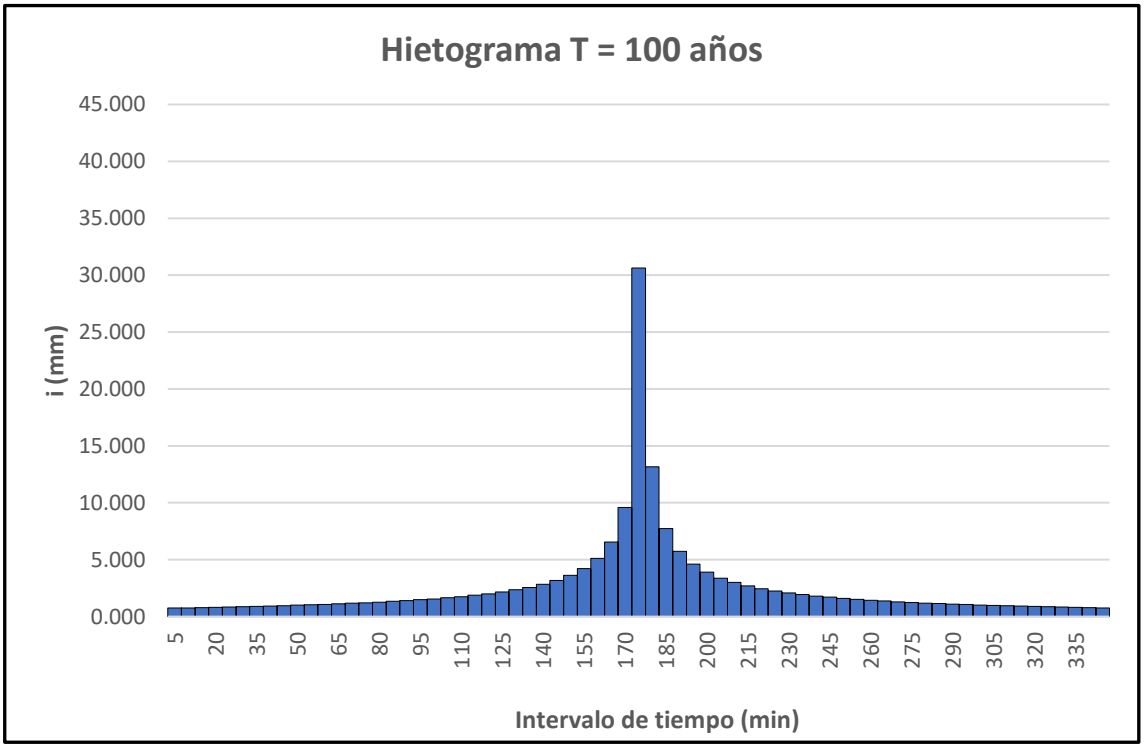


Figura 37. Hietograma de bloques alternos para 100 años de período de retorno.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

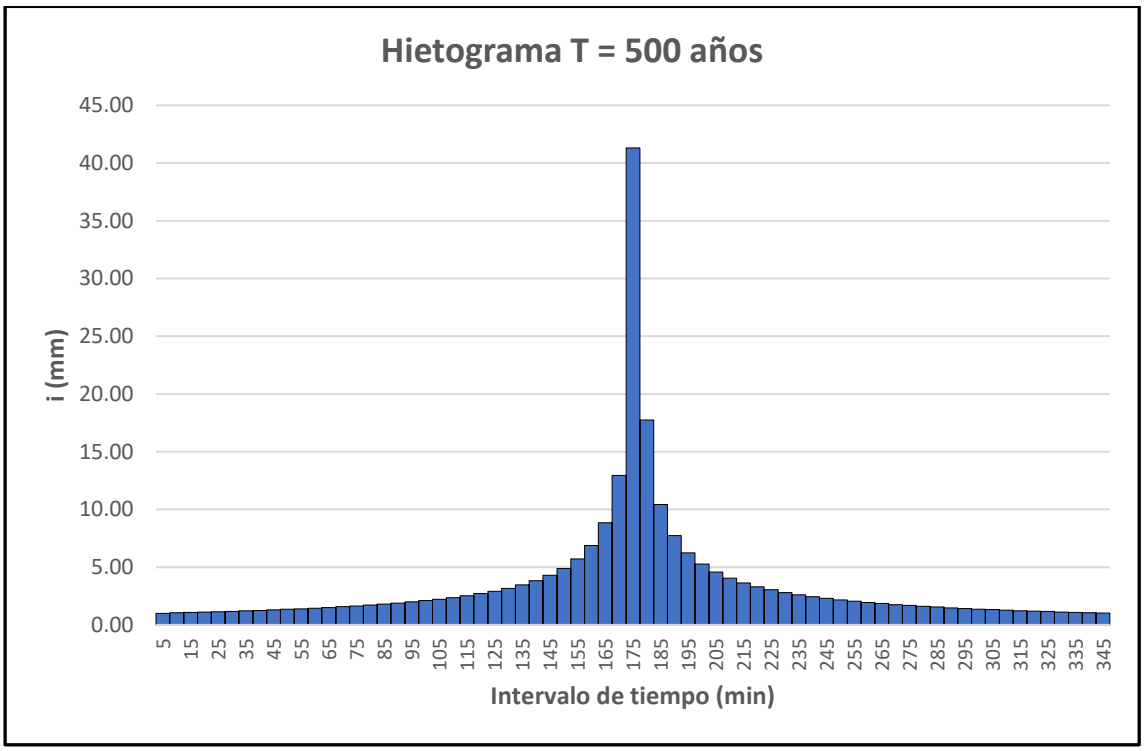


Figura 38. Hietograma de bloques alternos para 500 años de período de retorno.

7.9. MODELIZACIÓN HIDROLÓGICA PSEUDO-DISTRIBUIDA. HEC-HMS

El objetivo del modelo hidrológico es analizar la conversión de la precipitación de diseño en escorrentía superficial y obtener los hidrogramas de crecida para estudiar a posteriori la inundabilidad del territorio y la eficiencia de los drenajes existentes mediante un modelo hidráulico bidimensional.

En este caso, se plantea un problema hidrológico de modelo de evento en el que se consideran los escenarios de 25, 100 y 500 años de período de retorno. Se evalúan los procesos de producción y propagación de escorrentía superficial con una duración de tormenta de seis (6) horas y una duración de simulación de veinticuatro (24) horas con una discretización temporal de los resultados cinco (5) minutal.

El modelo hidrológico planteado es un modelo pseudo-distribuido en el que se representa la realidad esquematizándola en nodos, subcuencas (cabecera e intermedias) y cauces. El programa empleado para la resolución del problema hidrológico es *Hydrologic Modeling System* (HEC-HMS) desarrollado por el centro de Ingeniería hidrológica de la *US Army Corps of Engineers.*

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

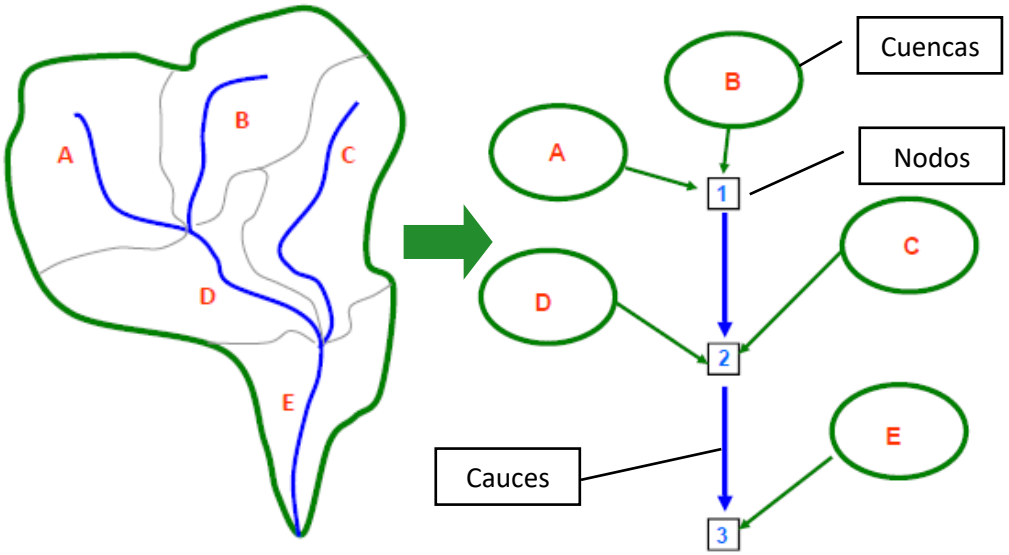


Figura 39. Esquema de modelización hidrológica pseudo-distribuida.

Los resultados que se obtienen de la modelización hidrológica son los hidrogramas de crecida para diferentes cuantiles probabilísticos, los cuales constituyen la condición de contorno aguas arriba en los modelos hidráulicos.

7.9.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROGRAMA

HEC-HMS es un programa complejo de modelización hidrológica pseudo-distribuida que calcula el hidrograma producido por una cuenca si se introducen los datos morfométricos de la misma, datos de precipitaciones, etc. Las diversas fases del trabajo del programa pueden esquematizarse como se muestra a continuación.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

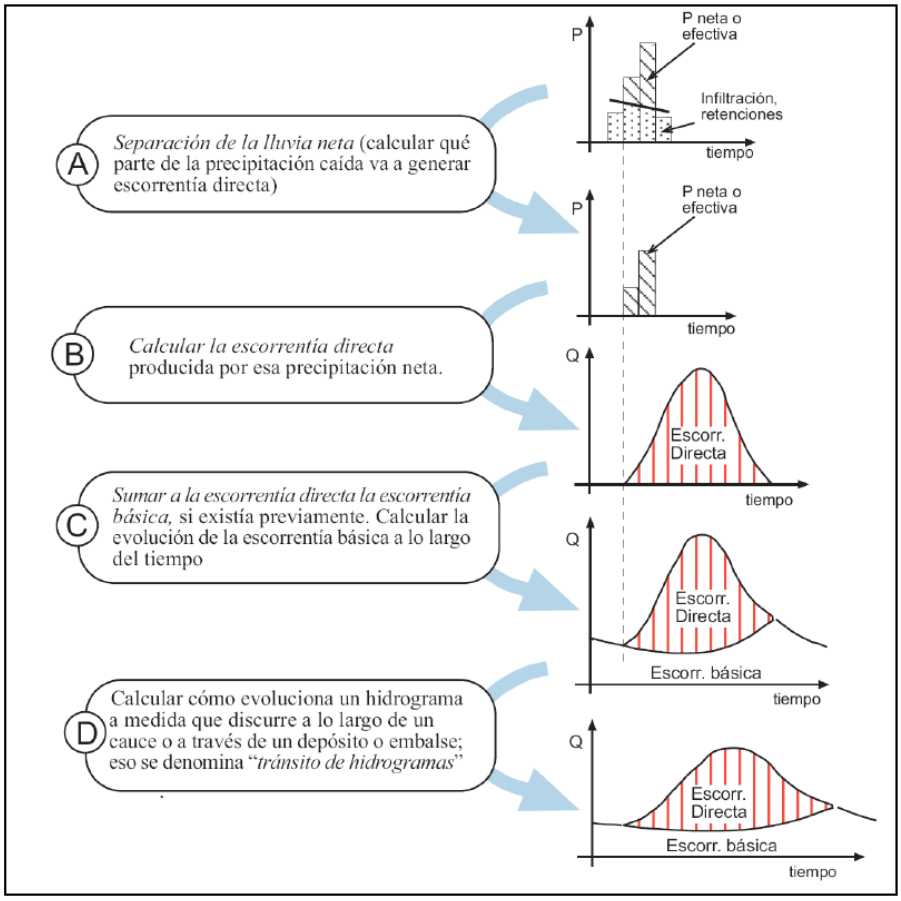


Figura 40. Esquema de trabajo de HEC-HMS.

Según la descripción esquemática del proceso, resulta obvia la necesidad de llevar a cabo tres procesos de modelación matemática:

Modelación de la precipitación: a partir de los datos obtenidos en el estudio pluviométrico realizado, será necesario obtener una precipitación de diseño y su distribución en el tiempo. La precipitación será el factor inicial que desencadena los siguientes procesos de cálculo.

Modelación de la infiltración: este segundo proceso se basa en la morfología y las características físicas de la cuenca y tendrá como resultado el cálculo de la infiltración. A partir de la infiltración, podemos obtener la lluvia neta, que es aquella que no se infiltra en el terreno y por tanto se convierte en escorrentía superficial.

Modelación de la escorrentía: el tercer paso es la obtención de la escorrentía superficial, a partir de los datos resultantes de los modelos anteriores. Esta modelación se basa en los procesos hidrológicos que tienen lugar en el seno de la cuenca con la propagación desde el punto en el que cae hasta el punto de desagüe de la cuenca.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

El programa elegido permite la elección de numerosos modelos para cada uno de los tres procesos en los que se divide la modelación hidrológica. A continuación, se procede a la descripción detallada del modelo elegido para cada uno de ellos.

7.9.2. MODELACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN

La precipitación es el dato de entrada principal en el proceso hidrológico, por lo tanto, es necesario obtener la evolución de la precipitación a lo largo del tiempo de forma que después pueda evaluarse el caudal de avenida generado por dicha precipitación. Las máximas precipitaciones diarias de diseño para diferentes períodos de retorno fueron calculadas anteriormente y se recogen en la Tabla 2.

El método elegido para introducir la evolución de la precipitación a lo largo del tiempo en HEC-HMS ha sido hietograma especificado (*specified hyetograph*). Entre los diversos tipos de hietogramas de diseño se ha seleccionado el hietograma de bloques alternos porque se ajusta mejor a las tormentas en la región mediterránea. Los hietogramas de precipitación para los distintos períodos de retorno se obtienen a partir de las curvas de intensidad-duración-frecuencia (curva IDF) de Témez según se muestra en los apartados 7.7 y 7.8 del presente documento, ver Figura 36, Figura 37 y Figura 38.

7.9.3. MODELACIÓN DE LA INFILTRACIÓN

El modelo de infiltración que se ha seleccionado es el del Soil Conservation Service (SCS), que permite cuantificar la pérdida de agua que genera escorrentía superficial a partir de un único parámetro adimensional, el número de curva (NC).

El número de curva se obtiene de forma biunívoca a partir del umbral de escorrentía corregido, el cual se ha determinado según la instrucción de carreteras 5.2-IC de drenaje superficial, ver apartado 7.4 de este documento. Los números de curva promediados según áreas, grupos hidrológicos y usos del suelo que se han considerado para las distintas subcuencas hidrográficas en HEC-HMS se muestran a continuación.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

Cuenca	P_0^i ponderado (mm)	β	P_{0C} (mm)	CN
C1_RV	41,22	1,0165	41,90	54,80
C2_RV	44,76	1,0165	45,50	52,75
C3_RV	37,84	1,0165	38,46	56,91
C4_RV	42,99	1,0165	43,70	53,75
C5_RV	31,64	1,0165	32,16	61,23
C6_RV	39,89	1,0165	40,55	55,61
C7_RV	33,70	1,0165	34,25	59,73
C8_RV	36,43	1,0165	37,03	57,84
C9_RV	40,65	1,0165	41,32	55,15
C1_ARTANA	40,64	1,0165	41,31	55,15
C2_ARTANA	39,46	1,0165	40,11	55,88
C3_ARTANA	36,92	1,0165	37,53	57,51
C4_ARTANA	39,36	1,0165	40,01	55,94
C5_ARTANA	42,74	1,0165	43,44	53,90
C6_ARTANA	30,91	1,0165	31,42	61,79
C7_ARTANA	42,46	1,0165	43,16	54,06
C8_ARTANA	40,58	1,0165	41,25	55,19

Tabla 45. Números de curva para las distintas subcuencas del Río Seco. T = 25 años.

Cuenca	P_0^i ponderado (mm)	β	P_{0C} (mm)	CN
C1_RV	41,22	1,3	53,58	48,67
C2_RV	44,76	1,3	58,18	46,61
C3_RV	37,84	1,3	49,19	50,80
C4_RV	42,99	1,3	55,89	47,61
C5_RV	31,64	1,3	41,13	55,26
C6_RV	39,89	1,3	51,85	49,49
C7_RV	33,70	1,3	43,80	53,70
C8_RV	36,43	1,3	47,35	51,76
C9_RV	40,65	1,3	52,84	49,01
C1_ARTANA	40,64	1,3	52,83	49,02
C2_ARTANA	39,46	1,3	51,30	49,76
C3_ARTANA	36,92	1,3	48,00	51,42
C4_ARTANA	39,36	1,3	51,17	49,82
C5_ARTANA	42,74	1,3	55,56	47,76
C6_ARTANA	30,91	1,3	40,18	55,84
C7_ARTANA	42,46	1,3	55,20	47,92
C8_ARTANA	40,58	1,3	52,76	49,05

Tabla 46. Números de curva para las distintas subcuencas del Río Seco. T = 100 y 500 años.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

Cuenca	P_0^i ponderado (mm)	β	P_{0C} (mm)	CN
C1_Ratils	38.49	1.0165	39.12	56.49
C2_Ratils	36.68	1.0165	37.28	57.67
C3_Ratils	23.16	1.0165	23.54	68.34
C4_Ratils	27.04	1.0165	27.49	64.89
C5_Ratils	41.31	1.0165	41.99	54.75
C6_Ratils	25.61	1.0165	26.03	66.12
C7_Ratils	36.79	1.0165	37.40	57.60
C8_Ratils	36.94	1.0165	37.55	57.50
C9_Ratils	42.00	1.0165	42.69	54.34
C10_Ratils	41.76	1.0165	42.45	54.48

Tabla 47. Números de curva para las distintas subcuencas del Barranco Ràtils. T = 25 años.

Cuenca	P_0^i ponderado (mm)	β	P_{0C} (mm)	CN
C1_Ratils	38.49	1.3	50.03	50.38
C2_Ratils	36.68	1.3	47.68	51.58
C3_Ratils	23.16	1.3	30.10	62.79
C4_Ratils	27.04	1.3	35.16	59.10
C5_Ratils	41.31	1.3	53.70	48.61
C6_Ratils	25.61	1.3	33.29	60.41
C7_Ratils	36.79	1.3	47.83	51.50
C8_Ratils	36.94	1.3	48.02	51.40
C9_Ratils	42.00	1.3	54.60	48.20
C10_Ratils	41.76	1.3	54.29	48.34

Tabla 48. Números de curva para las distintas subcuencas del Barranco Ràtils. T = 100 y 500 años.

7.9.4. MODELACIÓN DE LA PROPAGACIÓN

La propagación de la escorrentía superficial se produce tanto en las cuencas como en los cauces del modelo hidrológico. Ambas metodologías de cálculo de la propagación están basadas en modelos de tipo empírico o conceptual.

En el caso de las cuencas hidrológicas, para determinar la transformación de lluvia a escorrentía superficial se ha seleccionado el modelo del hidrograma unitario (HU) sintético del Soil Conservation Service que es el más empleado tanto a nivel nacional como mundial para calcular los hidrogramas de avenidas, siendo recomendada su aplicación en cuencas de tamaño pequeño-medio.

Tras analizar numerosos hidrogramas unitarios de cuencas rurales de reducido tamaño y obtener valores medios, el SCS en 1972 obtuvo un Hidrograma Unitario con forma predefinida y escala adimensional basado en dos parámetros, el tiempo al pico y el caudal pico. En el hidrograma unitario adimensional, tanto el caudal como el tiempo se expresan como cociente

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

de dichos parámetros. Esto permite obtener la evolución del caudal generado por una lluvia de cualquier duración e intensidad una vez determinados los dos parámetros que lo caracterizan.

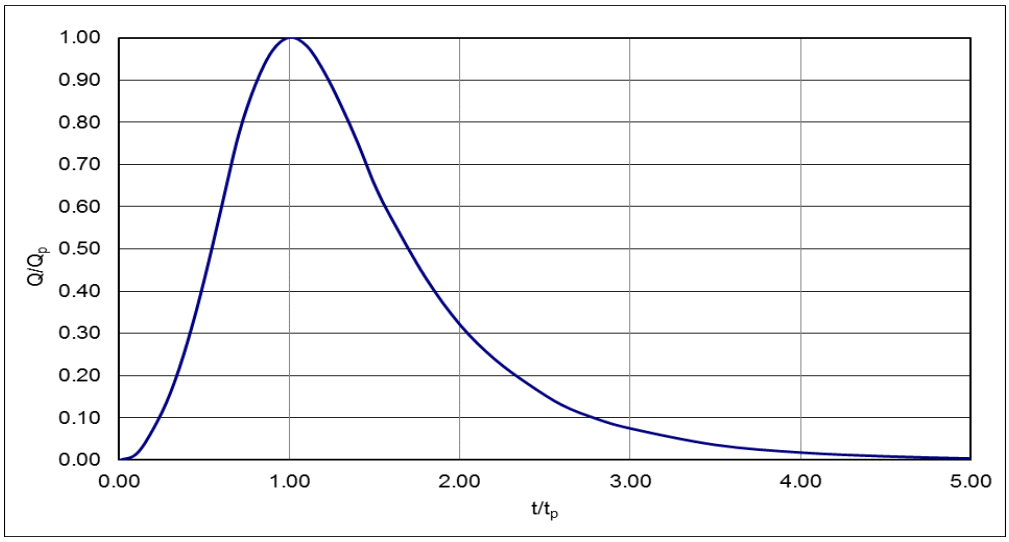


Figura 41. Hidrograma unitario adimensional del Soil Conservation Service.

Según la recomendación del SCS, el tiempo al pico se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$t_p = \frac{\Delta t}{2} + T_{dp} = \frac{\Delta t}{2} + \frac{1}{31{,}4} L^{0{,}8} \frac{\left(\frac{1000}{CN} - 9\right)^{0{,}7}}{J^{\frac{1}{4}}}$$

Donde:

Δt (s) es el intervalo de discretización

T_{dp} (s) es el tiempo de desfase de la punta (tiempo transcurrido entre el centro de gravedad de la precipitación neta y la punta del hidrograma) y se corresponde con el resultado de $t_c \cdot 0{,}6$. Este tiempo es el que se introduce en HEC-HMS como t_{lag} (ver Tabla 42 y Tabla 43).

L (m) es la longitud del recorrido principal de la cuenca (recorrido más largo y con menor pendiente)

J (tanto por uno) es la pendiente media del recorrido principal

CN (adimensional) es el número de curva

Por su parte, el caudal pico se calcula según la recomendación del SCS mediante la siguiente expresión:

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

$$Q_p = C\frac{A}{T_p}$$

Donde:

C es la constante de conversión de unidades (C=2,08)

A es la superficie de la cuenca (km^2)

T_P es el tiempo al pico (s)

En cuanto a la definición del modelo de propagación en cauces se ha empleado el método de Muskingum desarrollado por la *U.S. Army Corps of Engineers* que asume una relación lineal entre el volumen almacenado en el tramo (S) y los caudales entrantes (I) y salientes (O), es decir, la diferencia entre el caudal que entra en un determinado tramo de un río y el que sale, es igual al almacenamiento que se produce en el tramo por unidad de tiempo. Todo esto se resume en la siguiente expresión:

$$S = K \cdot [X \cdot I + (1 - X) \cdot O]$$

Donde:

S es el volumen almacenado en el tramo de estudio durante Δt (m^3)

I es el caudal medio de entrada en el tramo en el intervalo Δt (m^3/s)

O es el caudal medio de salida del tramo en el intervalo Δt (m^3/s)

K es el tiempo de recorrido de la onda cinemática de un extremo al otro del tramo estudiado (horas). El valor de este parámetro equivale al tiempo de desfase de la punta del hidrograma (T_{dp}) y se ha calculado según la formulación del SCS.

X es una constante cuyo valor puede estar comprendido entre 0 y 0,5

Los coeficientes K y X adoptados para los distintos cauces del modelo hidrológico son:

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

Río Veo. Período de retorno de 25 años.

Cauce	L_{flujo} (km)	J (mm/m)	K (h)	X
R1_Veo	0,95	0,0165	0,383	0,2
R2_Veo	1,37	0,0107	0,574	0,2
R3_Veo	3,98	0,0117	1,178	0,2
R4_Veo	4,37	0,0099	1,376	0,2
R5_Veo	8,64	0,0081	2,616	0,2
R6_Veo	2,27	0,0053	1,069	0,2
R1_ART	0,94	0,0122	0,403	0,2
R2_ART	1,81	0,0124	0,707	0,2
R3_ART	4,80	0,0130	1,317	0,2
R4_ART	2,33	0,0108	0,913	0,2

Tabla 49. Valores de los coeficientes del modelo de Muskingum de propagación en cauces. Río Veo. T = 25 años.

Río Veo. Períodos de retorno de 100 y 500 años.

Cauce	L_{flujo} (km)	J (mm/m)	K (h)	X
R1_Veo	0,95	0,0165	0,446	0,2
R2_Veo	1,37	0,0107	0,669	0,2
R3_Veo	3,98	0,0117	1,370	0,2
R4_Veo	4,37	0,0099	1,602	0,2
R5_Veo	8,64	0,0081	3,050	0,2
R6_Veo	2,27	0,0053	1,249	0,2
R1_ART	0,94	0,0122	0,470	0,2
R2_ART	1,81	0,0124	0,825	0,2
R3_ART	4,80	0,0130	1,531	0,2
R4_ART	2,33	0,0108	1,066	0,2

Tabla 50. Valores de los coeficientes del modelo de Muskingum de propagación en cauces. Río Veo. T = 100 y 500 años.

Barranco Ràtils. Período de retorno de 25 años.

Cauce	L_{flujo} (km)	J (mm/m)	K (h)	X
R1_Ratils	2,90	0,0097	0,799	0,2
R2_Ratils	4,18	0,0083	1,215	0,2
R3_Ratils	2,99	0,0054	1,004	0,2
R4_Ratils	3,55	0,0072	1,333	0,2
R5_Ratils	2,94	0,0054	1,337	0,2
R6_Ratils	2,44	0,0056	1,135	0,2

Tabla 51. Valores de los coeficientes del modelo de Muskingum de propagación en cauces. Barranco Ràtils. T = 25 años.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

Barranco Ràtils. Período de retorno de 100 y 500 años.

Cauce	L_{flujo} (km)	J (mm/m)	K (h)	X
R1_Ratils	2,90	0,0097	0,923	0,2
R2_Ratils	4,18	0,0083	1,409	0,2
R3_Ratils	2,99	0,0054	1,163	0,2
R4_Ratils	3,55	0,0072	1,554	0,2
R5_Ratils	2,94	0,0054	1,563	0,2
R6_Ratils	2,44	0,0056	1,326	0,2

Tabla 52. Valores de los coeficientes del modelo de Muskingum de propagación en cauces. Barranco Ràtils. T = 100 y 500 años.

En las siguientes imágenes se muestran los esquemas de subcuencas, nodos y cauces que se han planteado para resolver el problema hidrológico mediante sendos modelos pseudo-distribuidos en HEC-HMS para los cauces del Río Veo y del barranco Ràtils.

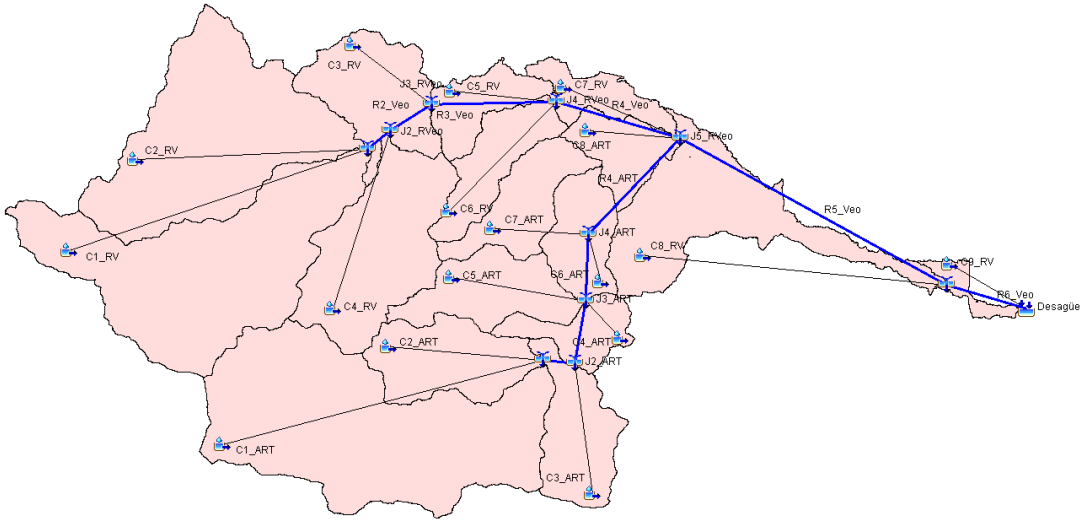


Figura 42. Esquema de la modelización hidrológica del Río Veo en HEC-HMS.

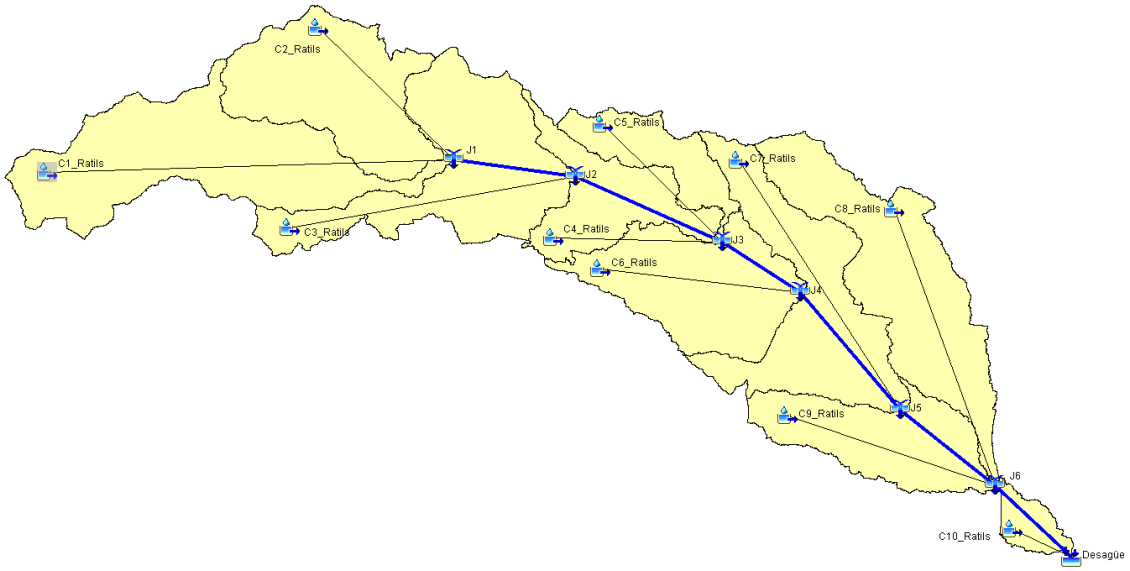


Figura 43. Esquema de la modelización hidrológica del barranco Ràtils en HEC-HMS.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

7.10. MODELIZACIÓN HIDROLÓGICA AGREGADA. MÉTODO RACIONAL

El problema hidrológico del barranco de Esbarzers se ha resuelto mediante una modelización agregada según el método racional, el cual se recoge en la Normativa 5.2-IC de *Drenaje Superficial de Carreteras (2016)* del Ministerio de Fomento español. Este método es el racional modificado del "Soil Conservation Service", recogido en la publicación "Cálculo hidrometeorológico" del profesor D. José Ramón Témez (1978) que tiene formulación básica aplicada al caso de España.

Se aplica la normativa 5.2-IC vigente para los diferentes períodos de retorno de estudio (25, 100 y 500 años), y se comprueba que debido a que la cuenca del barranco Esbarzers se encuentra en la región 821 (Levante y Sureste peninsular) el caudal calculado para 25 años de período de retorno es válido, sin embargo, los caudales calculados para 100 y 500 años dan valores anormales. En consecuencia, se aplica la normativa 5.2-IC antigua para 100 y 500 años de período de retorno.

En ambas versiones de la Norma 5.2-I.C. *Drenaje Superficial de Carreteras* se emplea el método racional, puesto que resulta adecuado y debido a su sencillez es mayoritariamente empleado.

7.10.1. CAUDAL PUNTA. NORMATIVA 5.2-IC. BARRANCO ESBARZERS

En la versión vigente de la Instrucción de drenaje de carreteras 5.2-IC (año 2016), el valor del caudal punta (m^3/s) viene dado por la siguiente expresión:

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

Donde:

Q_T	(m^3/s)	Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno T, en el punto de desagüe de la cuenca.
I (T,t_c)	(mm/h)	Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno considerado T, para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración t_c, de la cuenca.
C		Coeficiente medio de escorrentía de la cuenca o superficie considerada.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

A	(km^2)	Área de la cuenca o superficie considerada.
K_T		Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.

La normativa vigente, y aquí es donde presenta mayor variación respecto a la normativa anterior, plantea un cálculo diferente para cuencas situadas en el Levante y Sureste peninsular (regiones 72, 821 y 822, ver Figura 33) cuya área se inferior a 50 km^2 y para cálculos con periodos de retorno superiores a 25 años.

La cuenca del barranco Esbarzers cumple con las condiciones anteriores y en consecuencia, conforme a la normativa, para los períodos de retorno de 100 y 500 años se debe de calcular el caudal máximo anual correspondiente al periodo de retorno de diez años y afectarlo por coeficientes regionales en función del periodo de retorno deseado.

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

Donde

Q_T	(m^3/s)	Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno T, en el punto de desagüe de la cuenca.
Q_{10}	(m^3/s)	Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno de diez años en el punto de desagüe de la cuenca, calculado mediante el método racional.
φ		Coeficiente propio de la región y del período de retorno considerado
λ		Exponente propio de la región y del período de retorno considerado

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

Tabla 53. Parámetros para el cálculo en cuencas pequeñas del levante y sureste peninsular (T > 25años).

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

7.10.1.1. INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN

La intensidad de precipitación a emplear en la estimación de caudales de referencia por métodos hidrometeorológicos se podrá obtener por medio de la siguiente fórmula:

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

Donde:

$I(T,t_c)$	(mm/h)	Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno considerado T, para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración t_c de la cuenca.
I_d	(mm/h)	Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno T
F_{int}		Factor de intensidad

La intensidad media diaria de precipitación corregida se obtiene según la siguiente expresión:

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

Donde:

P_d	(mm)	Precipitación diaria máxima correspondiente al período de retorno T. Se ha calculado en el apartado 7.1 PLUVIOMETRÍA (ver Tabla 2).
K_A		Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca. Se ha calculado en el apartado 7.5 Coeficiente de reducción areal de precipitación (ver Tabla 41).

El factor de intensidad introduce la torrencialidad de la lluvia en el área de estudio. Se define como el máximo de dos coeficientes:

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

El factor F_a se obtiene a partir del índice de torrencialidad.

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

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

Donde:

F_a		Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad. Equivale al I_t/I_d de la anterior norma 5.2-IC.
I_1/I_d		Índice de torrencialidad que expresa la relación entre la intensidad de precipitación horaria y la media diaria corregida. Su valor se determina en función de la zona geográfica, ver Figura 34.
t	(horas)	Duración del aguacero. Se debe particularizar la expresión para un tiempo de duración del aguacero igual al tiempo de concentración ($t = t_c$).

Esta formulación es la misma que la expuesta en el apartado 7.7 Caracterización de la curva Duración-Intensidad-Frecuencia, donde F_a es igual a I_t/I_d. En este caso se toma un índice de torrencialidad de 11 para todos los escenarios analizados.

Por su parte, el factor F_b se obtiene de la siguiente expresión:

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

Donde:

F_b		Factor obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviógrafo próximo.
I_{IDF} (T,t_c)	(mm/h)	Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno T y al tiempo de concentración t_c, obtenido a través de las curvas IDF del pluviógrafo (Figura 35).
I_{IDF} (T,24)	(mm/h)	Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno T y a un tiempo de aguacero igual a veinticuatro horas (t = 24 h), obtenido a través de curvas IDF.
k_b		Factor que tiene en cuenta la relación entre la intensidad máxima anual en un período de veinticuatro horas y la intensidad máxima anual diaria. Se puede tomar k_b = 1,13.

Los tiempos de concentración para cada subcuenca se han calculado en el apartado 7.6 Tiempo de concentración (Tabla 44).

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

Los resultados de intensidad de precipitación que se han obtenido son:

Período de retorno	10 años	25 años
P_d (mm)	126.28	161.55
K_A	0.94	0.94
t_c (h)	4.02	4.02
F_a	4.45	4.45
k_b	1.13	1.13
$I_{IDF}(T,t_c)$	26.87	34.15
$I_{IDF}(T,24)$	5.95	7.61
F_b	5.11	5.07
F_{int}	5.11	5.07
I_d (mm/h)	4.96	6.34
I (mm/h)	25.31	32.17

Tabla 54. Cálculo de la intensidad de precipitación. Cuenca barranco Esbarzers.

7.10.1.2. COEFICIENTE MEDIO DE ESCORRENTÍA

La proporción de agua precipitada que escurre se conoce como coeficiente de escorrentía y depende del relieve de la cuenca y de la naturaleza y uso de su superficie. Por lo tanto, el caudal que circula es una cierta proporción de la precipitación total que supera el umbral de escorrentía.

El coeficiente C de escorrentía define la proporción de la componente superficial de la precipitación de intensidad I, y depende de la razón entre la precipitación diaria P_d correspondiente al período de retorno, el umbral de escorrentía P_o a partir del cual se inicia ésta y del coeficiente de reducción por área de la cuenca.

Si $P_d \cdot K_A \leq P_0$ $\quad C = 0$

Si $P_d \cdot K_A > P_0$ $\quad C = \frac{[(P_d \cdot K_A/P_0)-1]\cdot[(P_d \cdot K_A/P_0)+23]}{[(P_d \cdot K_A/P_0)-1]^2}$

Donde:

C		Coeficiente de escorrentía
P_d	(mm)	Precipitación diaria correspondiente al período de retorno T considerado. Obtenido en el apartado 7.1.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

K_A Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca. Obtenido en el apartado 7.5.

P_0 (mm) Valor del umbral de escorrentía o valor de precipitación a partir del cual se inicia la escorrentía. Es el producto del valor del umbral de escorrentía inicial (P_{0i}) y del coeficiente corrector del umbral de escorrentía (β).

Por tanto, con la formulación del coeficiente de escorrentía se obtienen los siguientes resultados para los dos períodos de retorno considerados.

Período de retorno	10 años	25 años
Área (km^2)	7.44	7.44
K_A	0.94	0.94
P_0^i (mm)	36.20	36.20
β	1.30	1.02
P_0 (mm)	47.05	36.79
C	0.21	0.37

Tabla 55. Valores del coeficiente de escorrentía C. Cuenca barranco Esbarzers.

7.10.1.3. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD EN LA DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA PRECIPITACIÓN

El coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación se obtiene a través de la siguiente expresión:

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

Donde:

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

t_c (horas) Tiempo de concentración de la cuenca. Calculado en el apartado 7.6.

Para el caso que nos ocupa y con el tiempo de concentración previamente calculado se obtiene el siguiente resultado:

Cuenca	t_c (h)	K_t
Esbarzers	4.02	1.289

Tabla 56. Cálculo del coeficiente de uniformidad en la distribución temporal.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

7.10.1.4. CAUDAL PUNTA

Con los cálculos presentados en los anteriores apartados y aplicando los coeficientes y exponentes para cuencas pequeñas en el Levante peninsular (Tabla 53) se obtienen los siguientes caudales de referencia para los periodos de retorno de 25, 100 y 500 años de la cuenca del barranco Esbarzers.

Caudal punta. Barranco Esbarzers			
Período de retorno	**25 años**	**100 años**	**500 años**
Área (km^2)	7.44	7.44	7.44
C	0.37	0.21	0.21
I (mm/h)	32.17	25.31	25.31
K_t	1.29	1.29	1.29
φ	-	51.63	131.77
λ	-	0.61	0.60
Q (m^3/s)	31.84	259.99	644.00

Tabla 57. Caudales punta (m^3/s) para 25, 100 y 500 años de período de retorno. Barranco Esbarzers.

Los caudales punta obtenidos mediante los coeficientes de regionalización de la norma 5.2-IC para los períodos de retorno de 100 y 500 años se consideran muy sobredimensionados, por lo que se decide compararlos con los que se obtendrían sin aplicar dichos coeficientes, es decir, con la formulación propuesta por la norma 5.2-IC anterior.

7.10.2. CAUDAL PUNTA. NORMATIVA 5.2-IC ANTIGUA. BARRANCO ESBARZERS

En este apartado se realiza el cálculo de los caudales punta para 100 y 500 años de período de retorno empleando la formulación que recogía la Norma 5.2-I.C antigua (anterior a mayo del 2016). Al igual que en la norma vigente, el cálculo del caudal de referencia se realiza mediante el método racional de Témez.

La ecuación adopta la expresión clásica del método racional:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3}$$

Donde:

Q	(m^3/s)	Caudal punta correspondiente al período de retorno T, en el punto de desagüe de la cuenca.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

I	(mm/h)	Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno considerado T, para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración t_c, de la cuenca.
C		Coeficiente medio de escorrentía de la cuenca o superficie considerada.
A	(km^2)	Área de la cuenca o superficie considerada.

Si suponemos un aguacero de duración indefinida, sería suficiente un tiempo determinado t_c (característico de la cuenca) para alcanzar un máximo igual al de equilibrio.

7.10.2.1. INTENSIDAD MEDIA DE PRECIPITACIÓN

La intensidad media I (mm/h) de precipitación a emplear en la estimación de caudales de referencia por métodos hidrometeorológicos, se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$\frac{I}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d}\right)^{\frac{28^{0,1}-t^{0,1}}{28^{0,1}-1}}$$

Donde:

I_d	(mm/h)	Intensidad media diaria de precipitación. Su valor se calcula como $P_d/24$, siendo P_d la precipitación máxima diaria para el período de retorno considerado (Tabla 2).
I_1/I_d		Índice de torrencialidad que expresa la relación entre la intensidad de precipitación horaria y la media diaria corregida. Su valor se determina en función de la zona geográfica, a partir del mapa de la Figura 34. Se toma un valor de 11 para el caso de estudio que nos ocupa.
t	(horas)	Duración del aguacero. Se debe particularizar la expresión para un tiempo de duración del aguacero igual al tiempo de concentración ($t = t_c$). El tiempo de concentración se calcula en la Tabla 44.

Por lo tanto, los valores de intensidad obtenidos para 100 y 500 años de período de retorno son los siguientes:

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

Período de retorno	100 años	500 años
P_d (mm)	220.30	297.22
t_c (h)	4.02	4.02
I_d (mm/h)	9.18	12.38
I_1/I_d	11.00	11.00
I (mm/h)	40.85	55.11

Tabla 58. Intensidad media diaria de precipitación. Norma 5.2-IC anterior. Barranco Esbarzers.

7.10.2.2. COEFICIENTE MEDIO DE ESCORRENTÍA

El coeficiente de escorrentía (C) define la proporción de la intensidad de lluvia I que genera escorrentía superficial. El coeficiente de escorrentía, en la normativa antigua, viene dado por la siguiente expresión:

$$C = \frac{\left[\left(\frac{P_d}{P_0}\right) - 1\right] \cdot \left[\left(\frac{P_d}{P_0}\right) + 23\right]}{\left[\left(\frac{P_d}{P_0}\right) + 11\right]^2}$$

Donde:

C — Coeficiente de escorrentía

P_d (mm) — Precipitación máxima diaria correspondiente al período de retorno T considerado. Obtenido en el apartado 7.1.

P_0 (mm) — Valor del umbral de escorrentía o valor de precipitación a partir del cual se inicia la escorrentía. Es el producto del valor del umbral de escorrentía inicial (P_{0i}) y del coeficiente corrector del umbral de escorrentía (β). Tanto el umbral de escorrentía inicial como el coeficiente corrector del umbral de escorrentía se han adoptado de la normativa vigente.

Período de retorno	100 años	500 años
P_d (mm)	220.30	297.22
P_0^i (mm)	36.20	36.20
β	1.30	1.30
P_0 (mm)	47.05	47.05
C	0.414	0.520

Tabla 59. Coeficiente de escorrentía. Norma 5.2-IC anterior. Barranco Esbarzers.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

7.10.2.3. CAUDAL PUNTA

Los caudales punta que se obtienen con la normativa antigua de drenaje superficial 5.2—IC para los períodos de retorno de 100 y 500 años son los siguientes:

Caudal punta. Barranco Esbarzers		
Período de retorno	**100 años**	**500 años**
Área (km^2)	7.44	7.44
I (mm/h)	40.85	55.11
C	0.414	0.520
Q (m^3/s)	42.00	71.07

Tabla 60. Caudales punta (m^3/s) para 100 y 500 años de período de retorno. Normativa 5.2-IC anterior. Barranco Esbarzers.

Los caudales obtenidos con la normativa 5.2-IC vigente en la región 821 aplicando los coeficientes de regionalización para 100 y 500 años de período de retorno (259,99 m^3/s y 644 m^3/s) son un 519 % y 806% respectivamente superiores a los calculados con la normativa 5.2-IC anterior. Dado el notorio incremento, se consideran los caudales obtenidos con la normativa antigua como los caudales punta válidos para las modelaciones hidráulicas de 100 y 500 años de período de retorno en el cauce del barranco Esbarzers.

Caudales punta - Método agregado (Témez)			
	25 años	**100 años**	**500 años**
Norma 5.2 IC antigua	22.44	42.00	71.07
Norma 5.2 IC nueva	31.84	259.99	644.00
Incremento (%)	**41.87**	**519.01**	**806.15**

Tabla 61. Resumen de resultados de caudales punta (m^3/s) para 25, 100 y 500 años de período de retorno. Barranco Esbarzers.

7.11. RESULTADOS OBTENIDOS

En base a lo expuesto en los apartados anteriores se realizan las modelaciones hidrológicas con HEC-HMS de las cuencas vertientes al cauce del Río Seco y al barranco Ràtils para los períodos de retorno de 25, 100 y 500 años. Por otra parte, aplicando el hidrograma del SCS se obtiene la distribución de los caudales en el tiempo para la cuenca del barranco Esbarzers en los períodos de retorno de 25, 100 y 500 años.

A continuación, se exponen los hidrogramas de avenida obtenidos en el punto de desagüe de los modelos hidrológicos.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

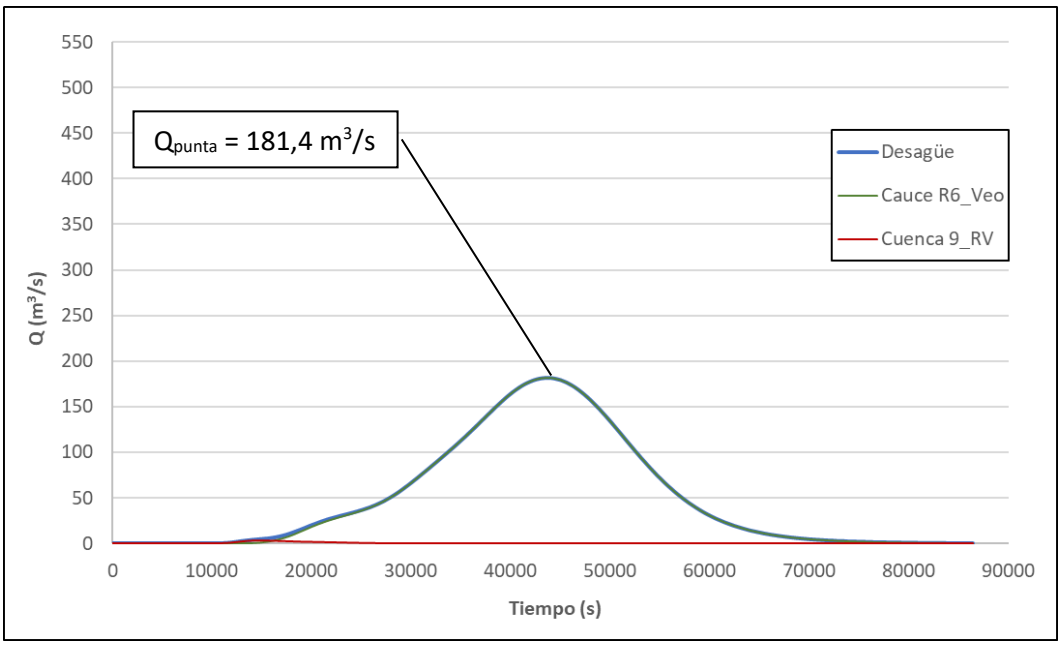


Figura 44. Hidrograma de avenida para T = 25 años. Río Seco. Resultado HEC-HMS.

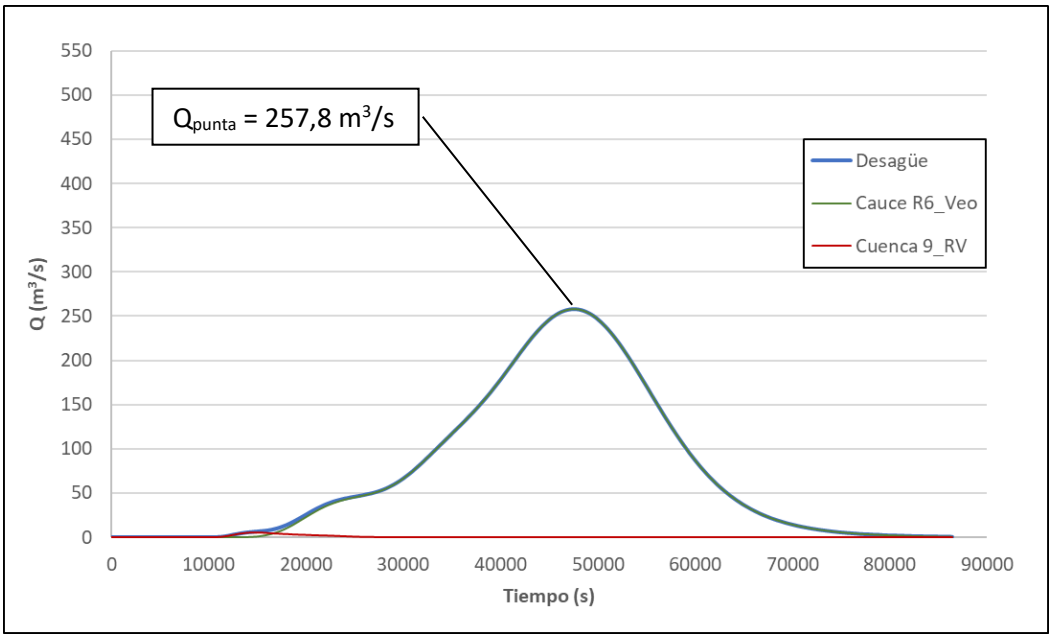


Figura 45. Hidrograma de avenida para T = 100 años. Río Seco. Resultado HEC-HMS.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

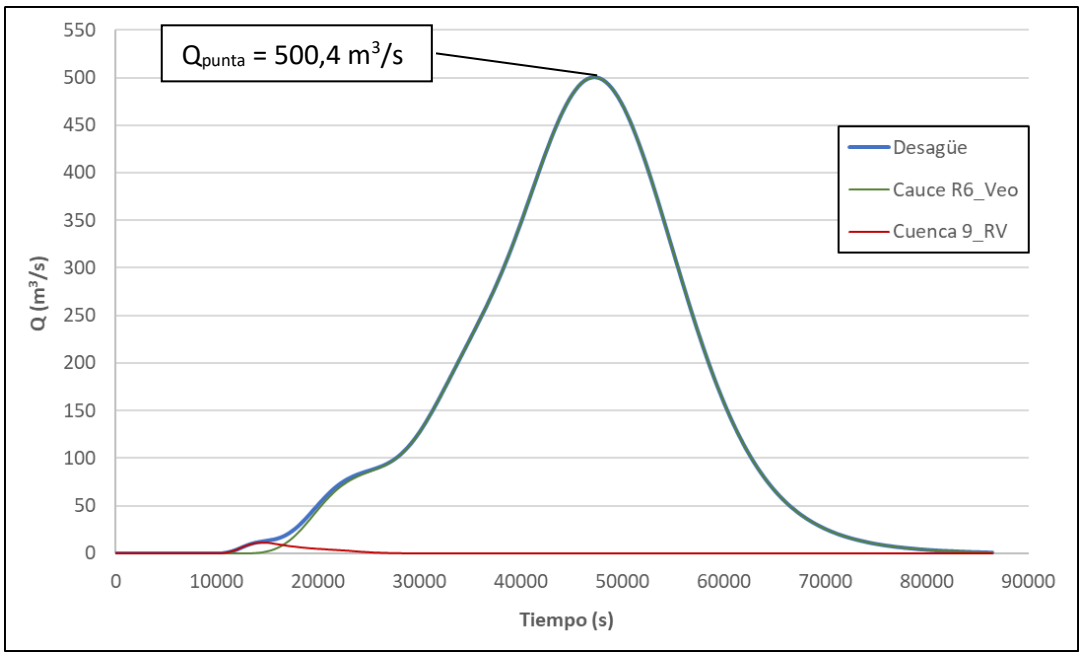


Figura 46. Hidrograma de avenida para T = 500 años. Río Seco. Resultado HEC-HMS.

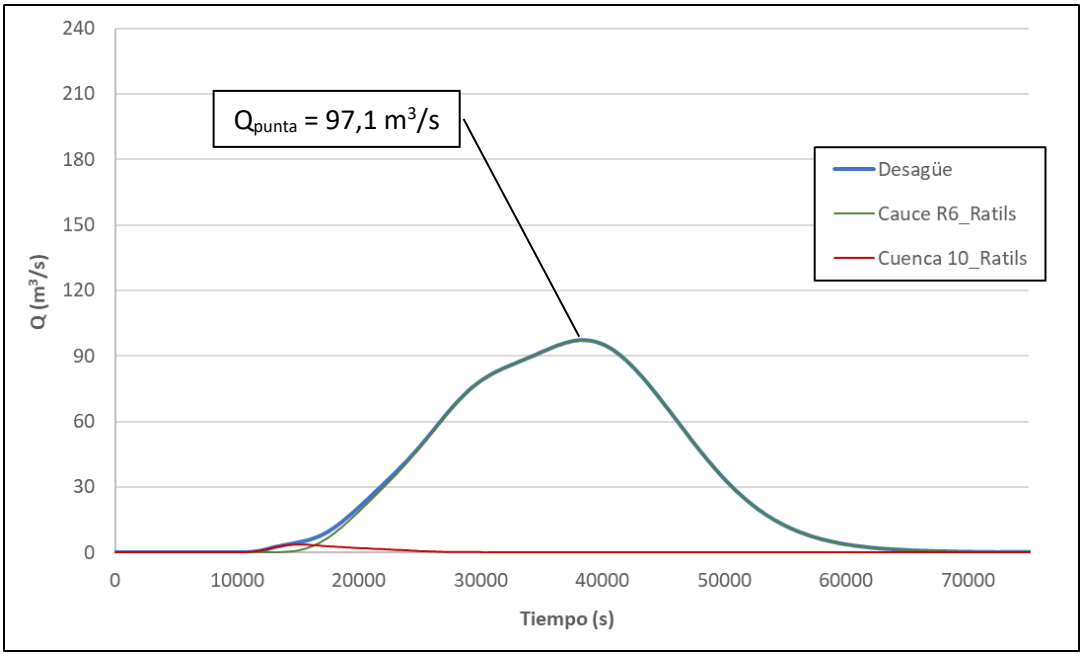


Figura 47. Hidrograma de avenida para T = 25 años. Barranco Ràtils. Resultado HEC-HMS.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

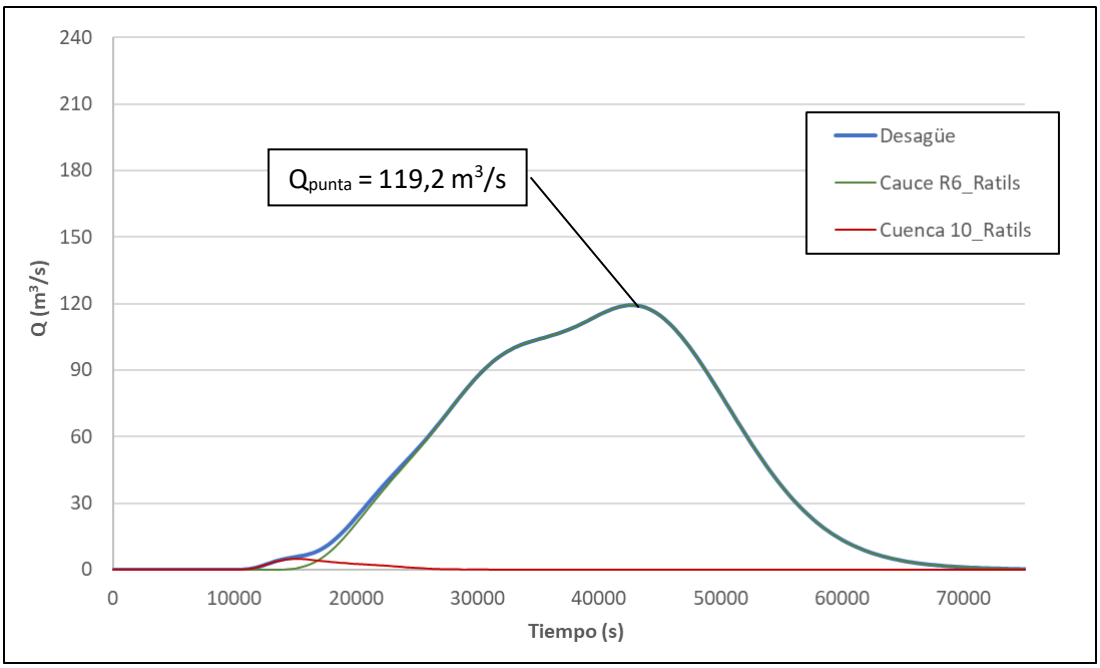


Figura 48. Hidrograma de avenida para T = 100 años. Barranco Ràtils. Resultado HEC-HMS.

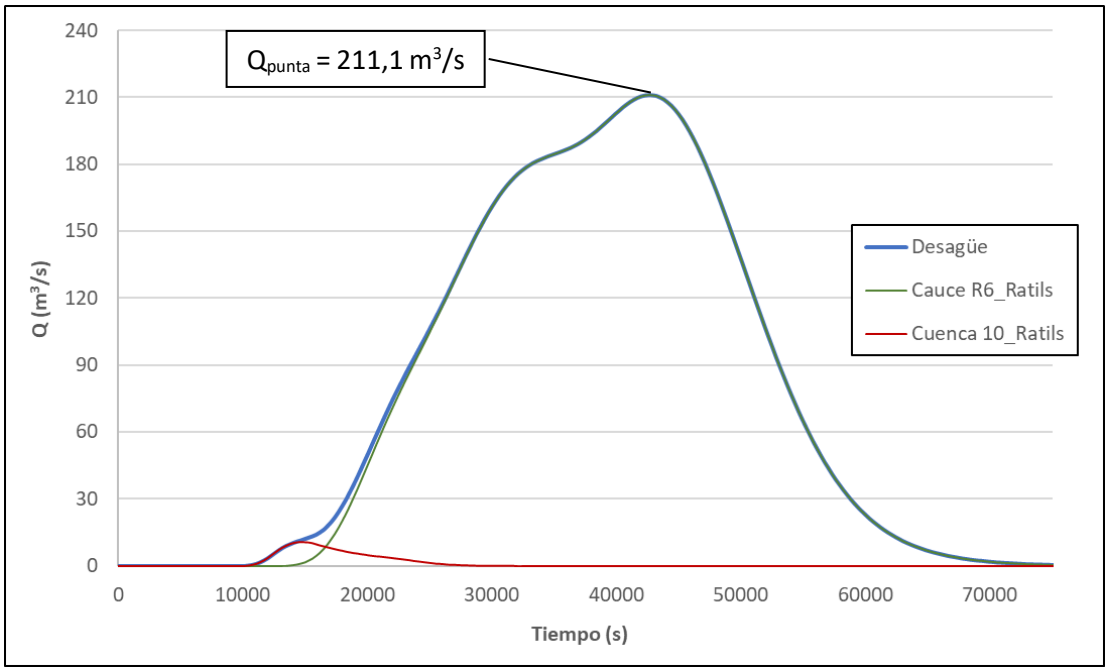


Figura 49. Hidrograma de avenida para T = 500 años. Barranco Ràtils. Resultado HEC-HMS.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

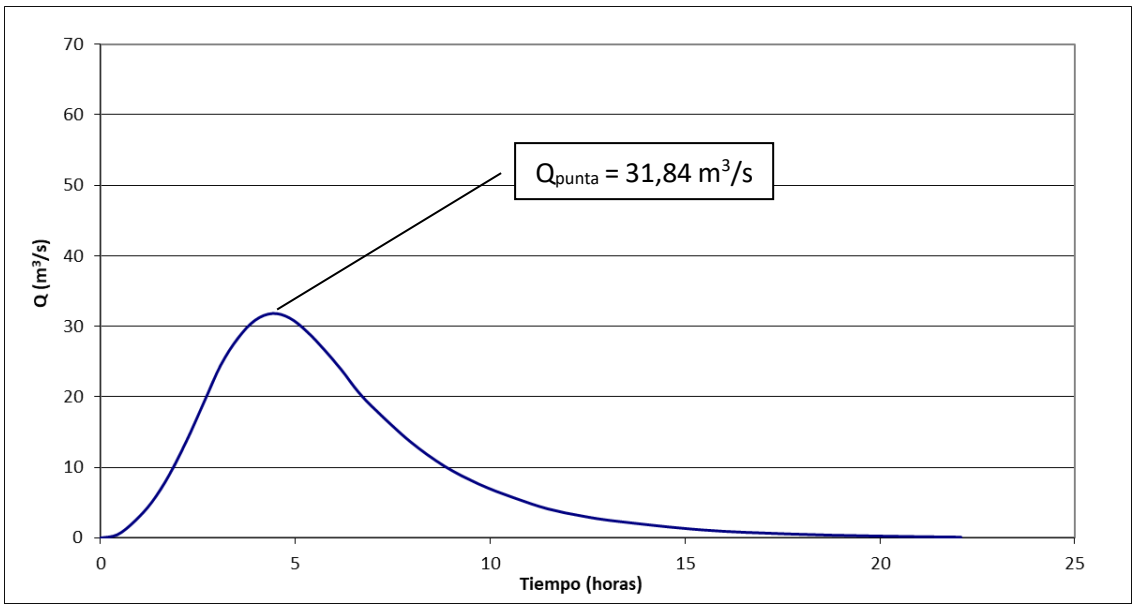


Figura 50. Hidrograma SCS de avenida para T = 25 años. Barranco Esbarzers.

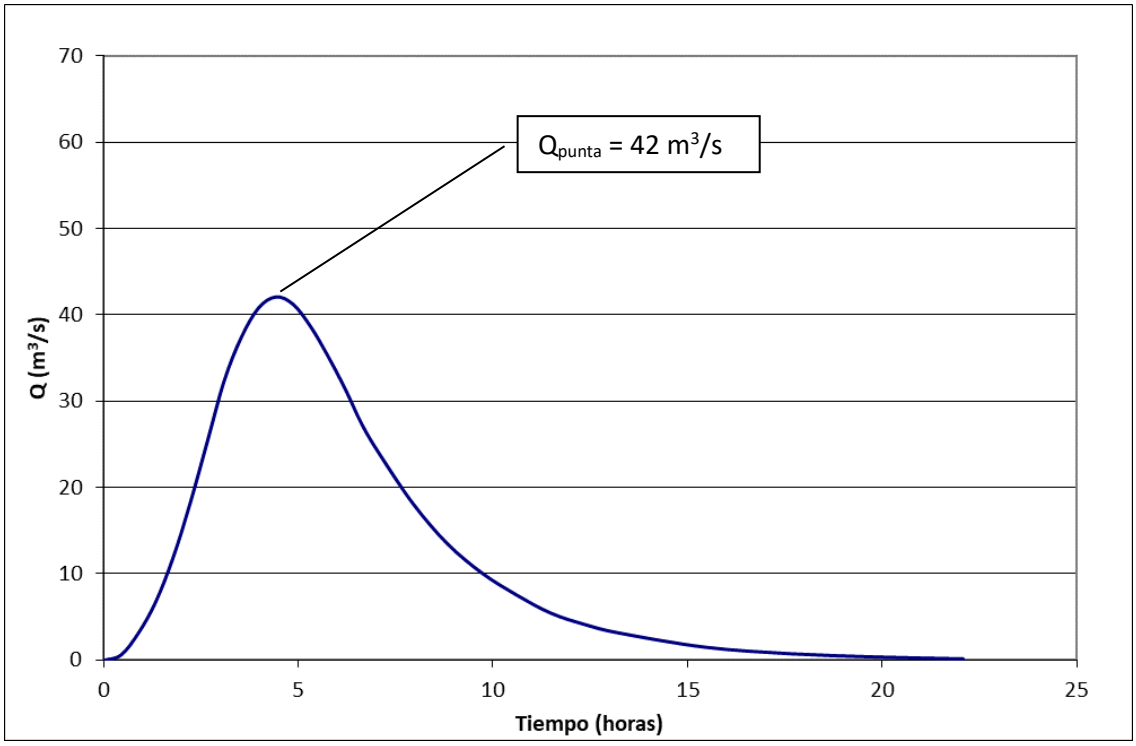


Figura 51. Hidrograma SCS de avenida para T = 100 años. Barranco Esbarzers.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

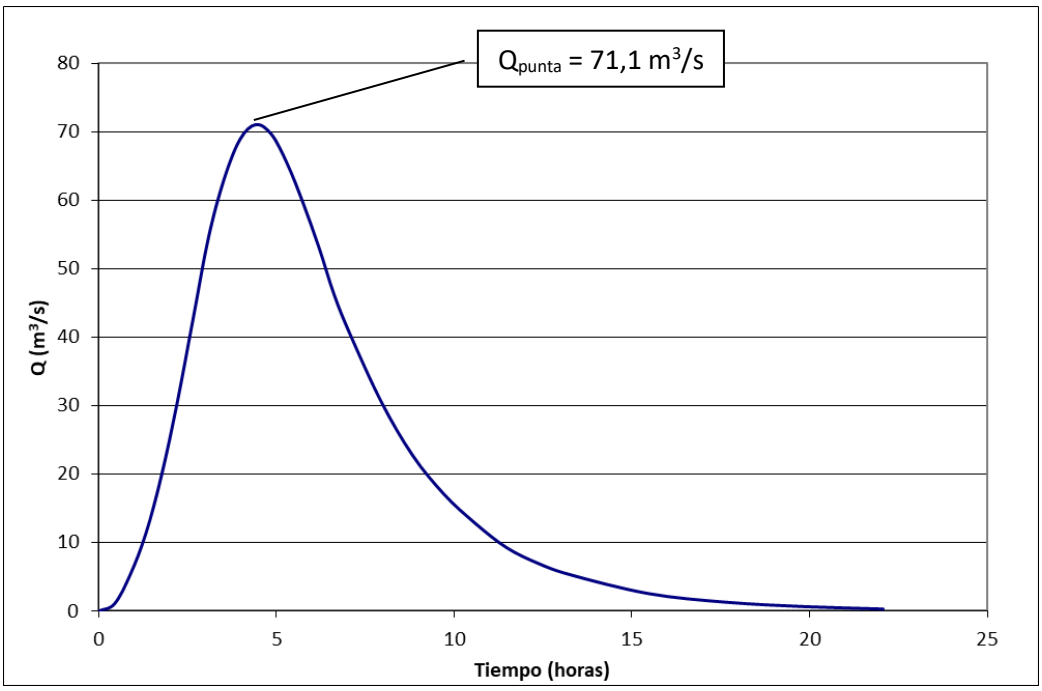


Figura 52. Hidrograma SCS de avenida para T = 500 años. Barranco Esbarzers.

A continuación, se recogen los caudales punta obtenidos para los diferentes cauces en el punto de desagüe, es decir, en la parcela objeto de estudio:

Q (m^3/s) punta			
	T = 25 años	**T = 100 años**	**T = 500 años**
Río Veo/Sonella/Seco	181.4	257.8	500.4
Barranco Ràtils	97.1	119.2	211.1
Barranco Esbarzers	31.84	42	71.1
Suma	310.34	419	782.6

Tabla 62. Cuadro resumen de caudales punta de los cauces de estudio.

8. HIDRÁULICA

La parcela de estudio intercepta los cauces de los barrancos Ràtils y Esbarzers y es limítrofe con el río Seco en su flanco sur. Ambos barrancos discurren por cauces con geomorfología definida a su paso bajo a autopista AP-7, sin embargo, conforme se aproximan a la parcela del sector UHI-8 se desvanecen y en consecuencia el flujo avanza de forma difusa por las parcelas de cultivos. Por su parte, el cauce del río Seco presenta una sección amplia y el flujo es unidireccional. Se ha realizado un estudio hidráulico bidimensional debido al flujo difuso de los barrancos y a los posibles desbordamientos del río Seco.

Los cálculos hidráulicos del flujo bidimensional en lámina libre y aguas poco profundas se realizan mediante el programa IBER desarrollado por el *Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX)* del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España,

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

en colaboración con el *Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente* y el *Grupo Flumen* de las universidades de La Coruña y Barcelona respectivamente, y el *International Center for Numerical Methods in Engineering (CIMNE)*.

Se han realizado **simulaciones hidráulicas** en situación actual para los períodos de retorno de 25, 100 y 500 años con la finalidad de analizar la inundabilidad de la parcela, la Zona de Flujo Preferente y los niveles de peligrosidad de PATRICOVA; y en situación proyectada, modificando la topografía actual por la del escenario posterior a la ejecución del canal de recogida de escorrentía superficial (ver Figura 57), para los períodos de retorno de 25, 100 y 500 años para calcular la Zona de Flujo Preferente, la inundabilidad de la parcela, los niveles de peligrosidad de PATRICOVA y la afección a terceros en las parcelas situadas aguas arriba y aguas abajo de la actuación propuesta.

8.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE IBER

Iber es un software de simulación de flujo turbulento en lámina libre en régimen no permanente mediante métodos numéricos, y de procesos medioambientales en hidráulica fluvial.

El modelo Iber consta de tres módulos de cálculo principales: un módulo hidrodinámico, un módulo de turbulencia y un módulo de transporte de sedimentos. Todos los módulos calculan sobre una malla no estructurada de volúmenes finitos formada por elementos triangulares o cuadriláteros.

El módulo hidrodinámico resuelve las ecuaciones de aguas someras promediadas en profundidad, también conocidas como 2D Shallow Water Equations (2D-SWE) o ecuaciones de St. Venant bidimensionales. Dichas ecuaciones se resuelven sobre una malla estructurada de volúmenes finitos y asumen una distribución de presión hidrostática y una distribución relativamente uniforme de la velocidad en profundidad. En concreto, este módulo tiene la capacidad de considerar los siguientes procesos:

- Flujo no estacionario en régimen rápido y en régimen lento
- Formación de resaltos hidráulicos no estacionarios
- Fricción de fondo según formulación de Manning
- Frentes de inundación no estacionarios
- Condiciones de contorno abierto tipo: hidrograma de entrada/salida, vertedero, calado crítico, curva de gasto, marea…
- Condiciones de contorno tipo pared: deslizamiento libre, fricción de pared.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

- Rozamiento superficial por viento según formulación de Van Dorn
- Cálculo de Vía de Intenso Desagüe (VID) según RDPH

En la actualidad, los modelos numéricos basados en las ecuaciones de aguas someras bidimensionales son los más utilizados en estudios de dinámica fluvial y litoral, evaluación de zonas inundables, y cálculo de transporte de sedimentos y contaminantes.

Ecuaciones hidrodinámicas

En el módulo hidrodinámico se resuelven las ecuaciones de conservación de la masa y de momento en las dos direcciones horizontales:

$$\frac{\partial h}{\partial t}+\frac{\partial\left(h\cdot U_x\right)}{\partial x}+\frac{\partial\left(h\cdot U_y\right)}{\partial y}=M_S$$

$$\frac{\partial\left(h\cdot U_x\right)}{\partial t}+\frac{\partial\left(h\cdot U_x{}^2\right)}{\partial x}+\frac{\partial\left(h\cdot U_x\cdot U_y\right)}{\partial y}=-g\cdot h\cdot\frac{\partial Z_s}{\partial x}+\frac{\tau_{s,x}}{\rho}-\frac{\tau_{b,x}}{\rho}-\frac{g}{\rho}\cdot\frac{h^2}{2}\cdot\frac{\partial\rho}{\partial x}+2\cdot\Omega\cdot\sin\left(\lambda\right)\cdot U_y+$$
$$+\frac{\partial\left(h\cdot\tau^e_{xx}\right)}{\partial x}+\frac{\partial\left(h\cdot\tau^e_{xy}\right)}{\partial y}+M_x$$

$$\frac{\partial\left(h\cdot U_y\right)}{\partial t}+\frac{\partial\left(h\cdot U_x\cdot U_y\right)}{\partial x}+\frac{\partial\left(h\cdot U_y{}^2\right)}{\partial y}=-g\cdot h\cdot\frac{\partial Z_s}{\partial y}+\frac{\tau_{s,y}}{\rho}-\frac{\tau_{b,y}}{\rho}-\frac{g}{\rho}\cdot\frac{h^2}{2}\cdot\frac{\partial\rho}{\partial y}+2\cdot\Omega\cdot\sin\left(\lambda\right)\cdot U_x+$$
$$+\frac{\partial\left(h\cdot\tau^e_{xy}\right)}{\partial x}+\frac{\partial\left(h\cdot\tau^e_{yy}\right)}{\partial y}+M_y$$

en donde h es el calado, U_x, U_y son las velocidades horizontales promediadas en profundidad, g es la aceleración de la gravedad, Z_s es la elevación de la lámina libre, τ_s es la fricción en la superficie libre debida al rozamiento producido por el viento, τ_b es la fricción debido al rozamiento del fondo, ρ es la densidad del agua, Ω es la velocidad angular de rotación de la tierra, λ es la latitud del punto considerado, τ^e_{xx}, τ^e_{xy}, τ^e_{yy} son las tensiones tangenciales efectivas horizontales, y M_s, M_x, M_y son respectivamente los términos fuente/sumidero de masa y de momento, mediante los cuales se realiza la modelización de precipitación, infiltración y sumideros.

Se incluyen los siguientes términos fuente en las ecuaciones hidrodinámicas:

- Presión hidrostática
- Pendiente del fondo
- Tensiones tangenciales viscosas y turbulentas
- Rozamiento del fondo

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

- Rozamiento superficial por viento
- Precipitación
- Infiltración

Al mismo tiempo se modelan los frentes seco-mojado, tanto estacionarios como no estacionarios, que puedan aparecer en el dominio de definición del problema. Dichos frentes son fundamentales en la modelización de zonas inundables en cauces.

8.2. MODELO DIGITAL DEL TERRENO

Las elevaciones que se asignan a la malla bidimensional del modelo de simulación hidráulica para el escenario actual se han obtenido del modelo digital del terreno (MDT) de malla 1 m resultante del proyecto LiDAR (Laser Imaging Detection and Ranging) del año 2009 y que se encuentra disponible en la página web de la Generalitat Valenciana. Este modelo se ha mejorado en el área coincidente con el sector UHI-8 y en sus inmediaciones con las elevaciones medidas mediante levantamiento topográfico realizado a partir de observaciones GNSS en modo RTK, con conexión GPRS a la Red de Estaciones Permanentes del ICV Red Erva; en concreto, se ha establecido una conexión a base simple a la estación Burriana. Además, se han tomado medidas de las obras de paso de los cauces del río Seco y los barrancos Ràtils y Esbarzers en el tramo comprendido desde la AP-7 hasta la vía del ferrocarril, ambas incluidas. El sistema de referencia empleado ha sido el ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) Huso 30.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

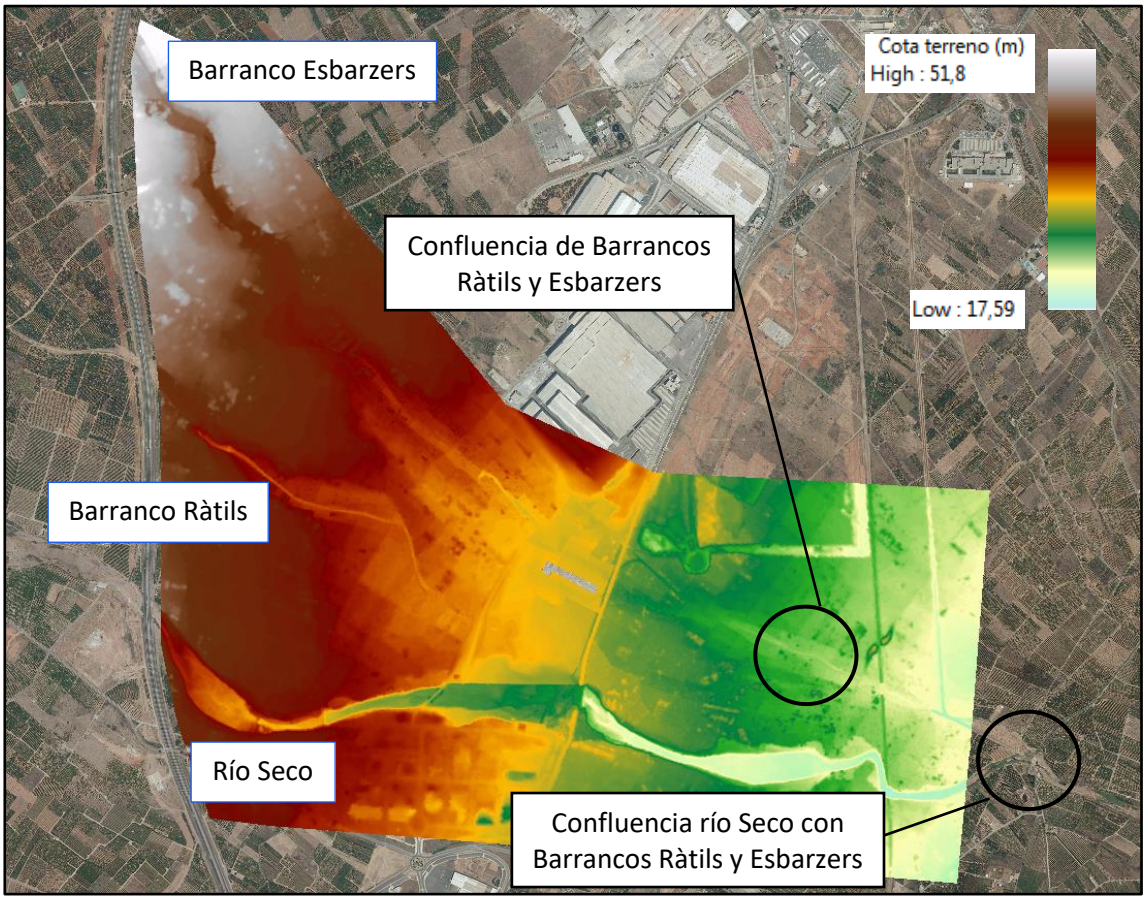


Figura 53. Modelo digital de elevaciones del escenario actual empleado en las simulaciones hidráulicas.

El modelo digital del terreno procedente del proyecto LiDAR se ha corregido y depurado en el ámbito del sector UHI-8 y sus inmediaciones incorporando los elementos que se considera que condicionan el flujo de los cauces del Río Seco y los barrancos Ràtils y Esbarzers. En consecuencia, se ha tenido en cuenta:

- El muro de hormigón, de 3 m de altura aproximadamente, existente en el margen izquierdo del cauce del Río Seco a la altura del sector UHI-8.
- Los canales de hormigón para recogida de aguas pluviales situados en el límite del sector UHI-8 con la carretera nacional N-340. Estos canales captan el agua de escorrentía superficial y la conducen a las diversas obras de paso bajo la nacional N-340.
- Se ha eliminado el tablero de la N-340 sobre el cauce del río Seco y se han impuesto las condiciones de vertido bajo compuerta y sobre vertedero para simular la obra de paso.
- Se han eliminado los tableros de la línea ferroviaria sobre el cauce del río seco y sobre el cauce de la confluencia de los barrancos y se han impuesto las condiciones hidráulicas correspondientes a las obras de drenaje transversal existentes.
- Se ha levantado topográficamente por medios propios las parcelas constituyentes del sector UHI-8 y se han corregido las elevaciones.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

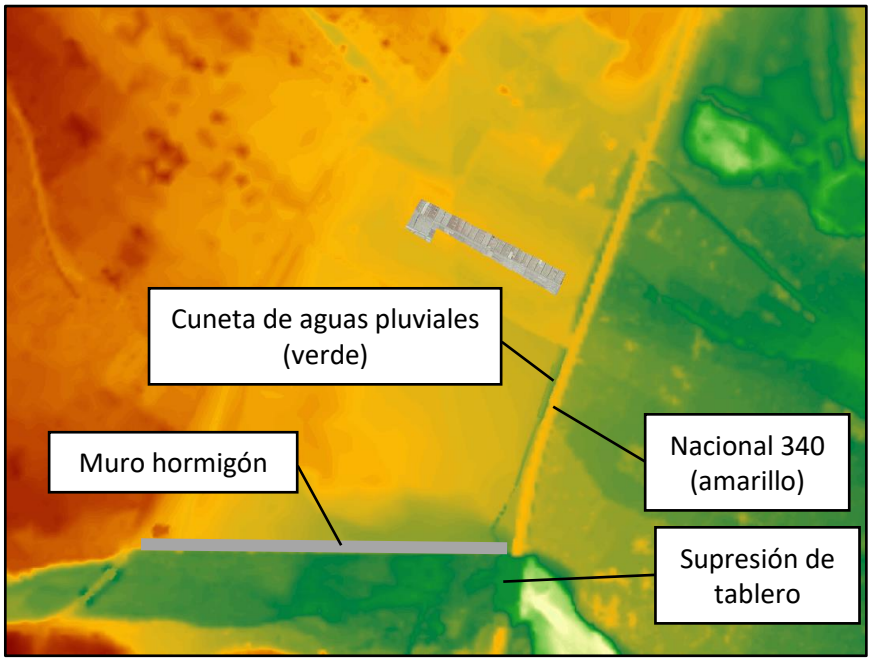


Figura 54 Elementos modificados del modelo digital de elevaciones.

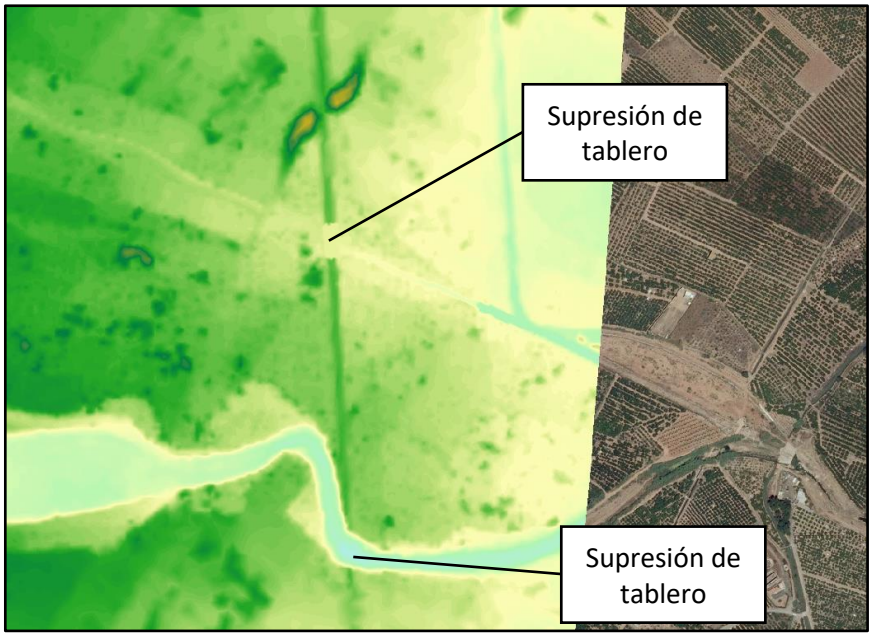


Figura 55. Supresión de tableros bajo la vía ferroviaria.

El modelo digital de elevaciones que se ha empleado en las simulaciones hidráulicas para el escenario de situación futura, es decir, una vez se hubiere ejecutado el canal de intercepción de las aguas procedentes de los barrancos Ràtils y Esbarzers como medida preventiva frente a las inundaciones en el sector UHI-8, se ha obtenido a partir del modelo de elevaciones actual modificando las cotas en el área de ocupación del canal y asignando las cotas correspondientes a la infraestructura proyectada (ver plano nº4 adjunto).

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

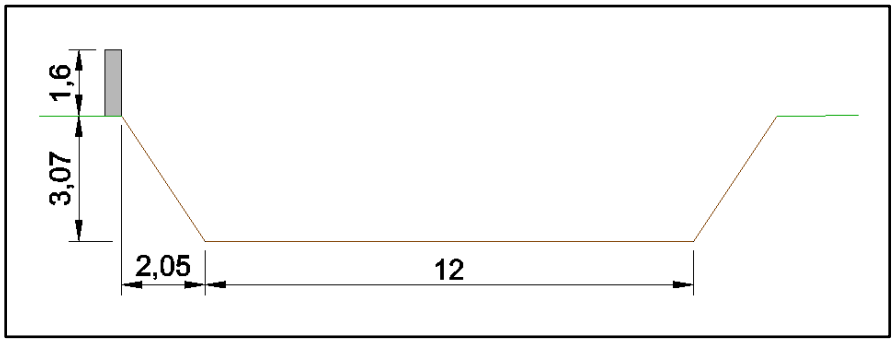


Figura 56. Croquis canal propuesto como medida de protección frente a inundaciones.

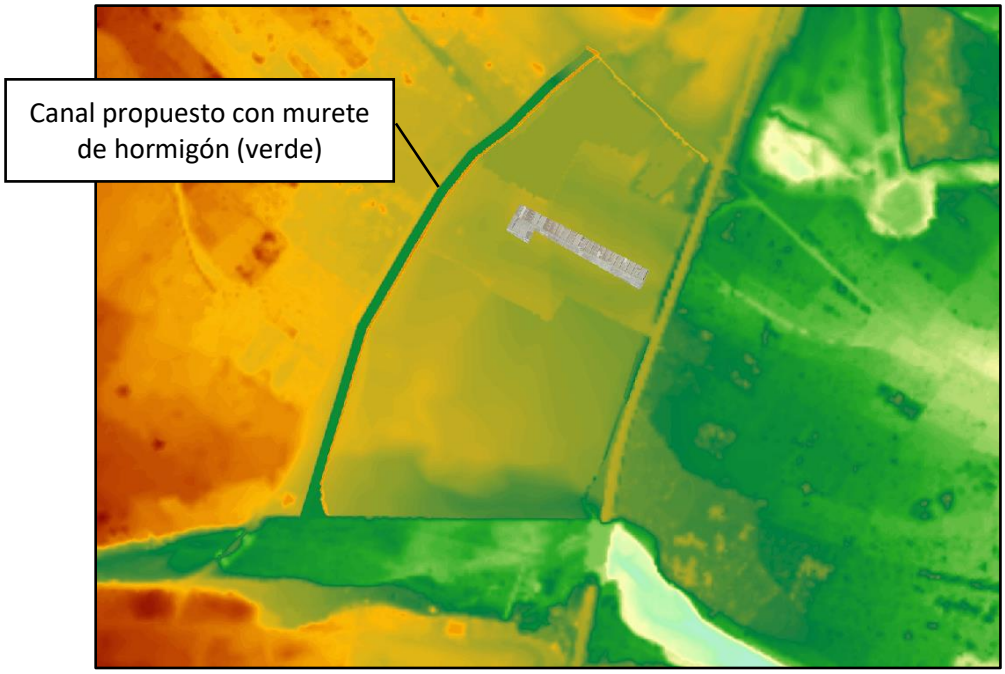


Figura 57. Modelo digital de elevaciones del escenario proyectado empleado en las simulaciones hidráulicas.

8.3. DESCRIPCIÓN DEL MODELO

El ámbito de estudio del modelo hidráulico se ha delimitado de forma que las condiciones de contorno impuestas no afecten a la inundabilidad del sector estudiado; aguas arriba se ha considerado desde la autopista AP-7, que cuenta con obras de drenaje transversal con capacidad incluso para los caudales punta de un período de retorno de 500 años, y aguas abajo se ha modelado hasta que el flujo alcanza la vía del ferrocarril, de esta forma se tiene en cuenta las afecciones (si existieran por falta de capacidad hidráulica) de las obras de drenaje transversal en la inundación producida aguas arriba.

La simulación hidráulica realiza los cálculos sobre la malla bidimensional de elementos triangulares en la que se han discretizado diferentes tamaños según la precisión de los cálculos requerida en cada zona. En consecuencia, en el escenario actual se han empleado: elementos triangulares de 15 m y 10 m de lado en las llanuras de inundación de los tres cauces (río Seco y

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

barrancos Ràtils y Esbarzers) aguas arriba del sector UHI-8 y aguas abajo en las zonas periféricas del modelo donde no se requiere una alta precisión de los resultados de calados y velocidades; en las zonas donde se requiere mayor precisión de cálculo, elementos triangulares de 5 m de lado en el inicio de los cauces, en las parcelas del sector estudiado y en el área comprendida entre los cauces aguas abajo del sector, elementos triangulares de 3 m de lado en las superficies correspondientes a los cauces en las proximidades del sector UHI-8, elementos triangulares de 2 m de lado para representar el muro de hormigón en el margen izquierdo del río Seco a la altura del área de estudio y, elementos triangulares de 1 m de lado para representar los canales de recogida de aguas pluviales y las obras de paso bajo la carretera nacional 340.

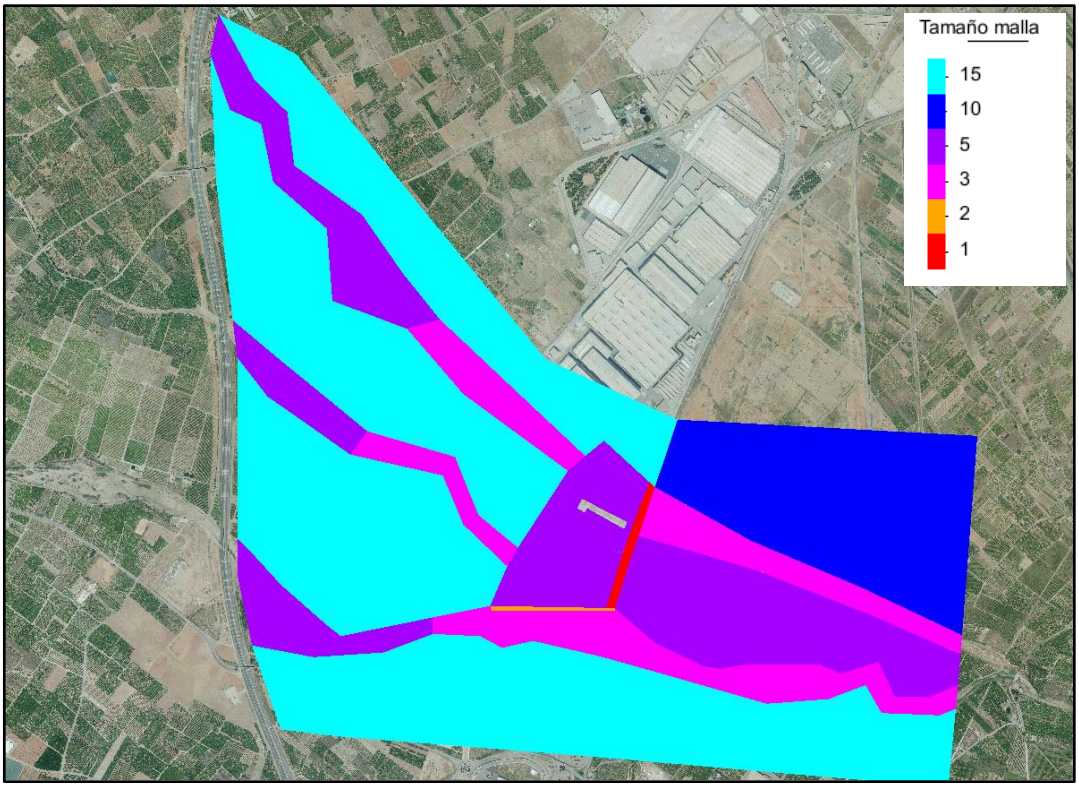


Figura 58. Tamaños de los elementos triangulares de la malla en IBER. Escenario actual.

Por su parte, en el escenario proyectado, donde el flujo de los cauces Ràtils y Esbarzers es interceptado por el canal proyectado en el sector UHI-8, se han considerado las siguientes variaciones de los tamaños de los elementos de malla respecto del escenario actual: triángulos de 5 m de lado en el área comprendida entre los barrancos Ràtils y Esbarzers aguas arriba del sector UHI-8, y elementos de 1,5 m de lado en el área donde se ha proyectado el canal de intercepción del flujo de los barrancos y en el muro de hormigón del margen izquierdo del río Seco.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

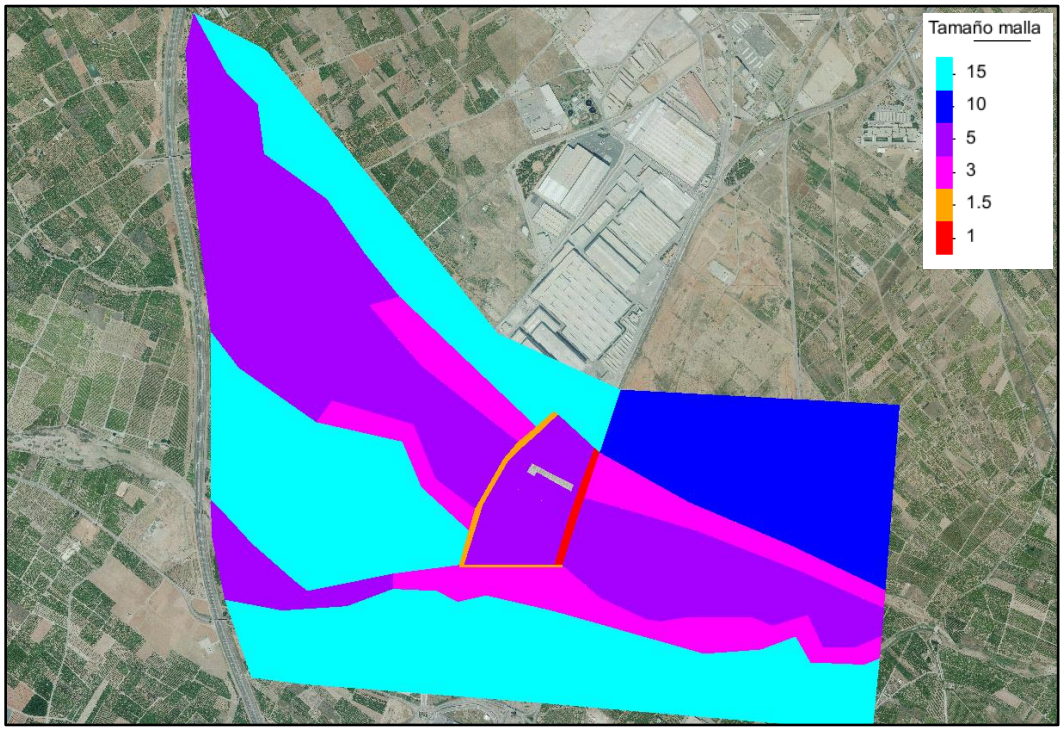


Figura 59. Tamaños de los elementos triangulares de la malla en IBER. Escenario proyectado.

Una vez definida la malla bidimensional se asignan en los nodos de los elementos triangulares las elevaciones procedentes de los modelos digitales del terreno de malla 1 m x 1 m. Se han distinguido las elevaciones a asignar para cada escenario considerado.

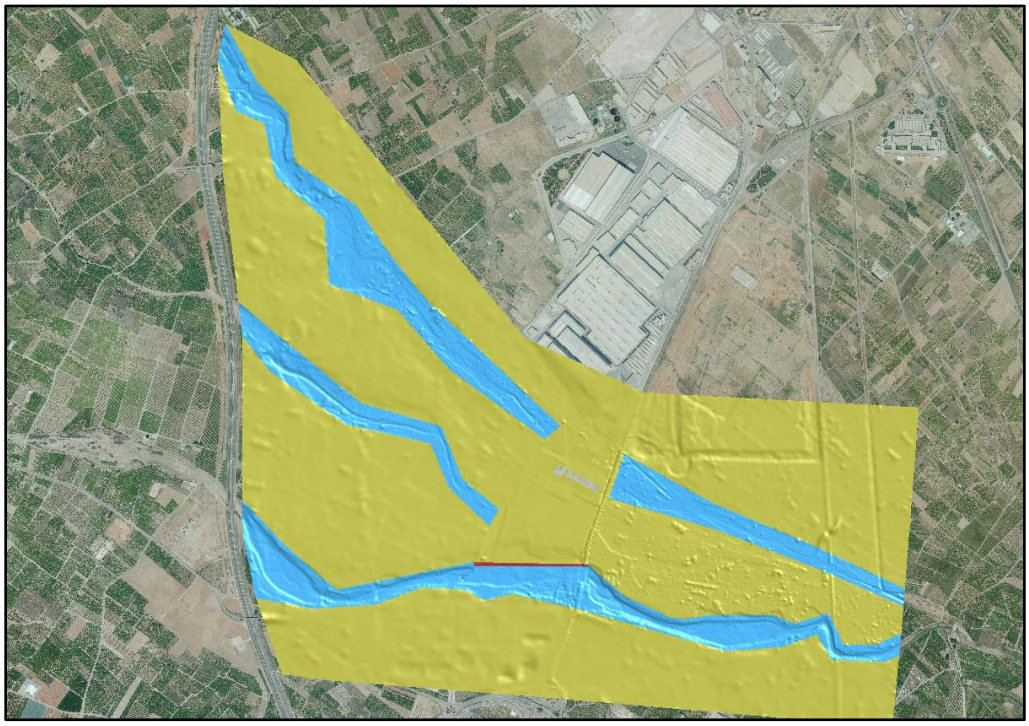


Figura 60. Malla bidimensional con elevaciones en IBER. Escenario actual.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

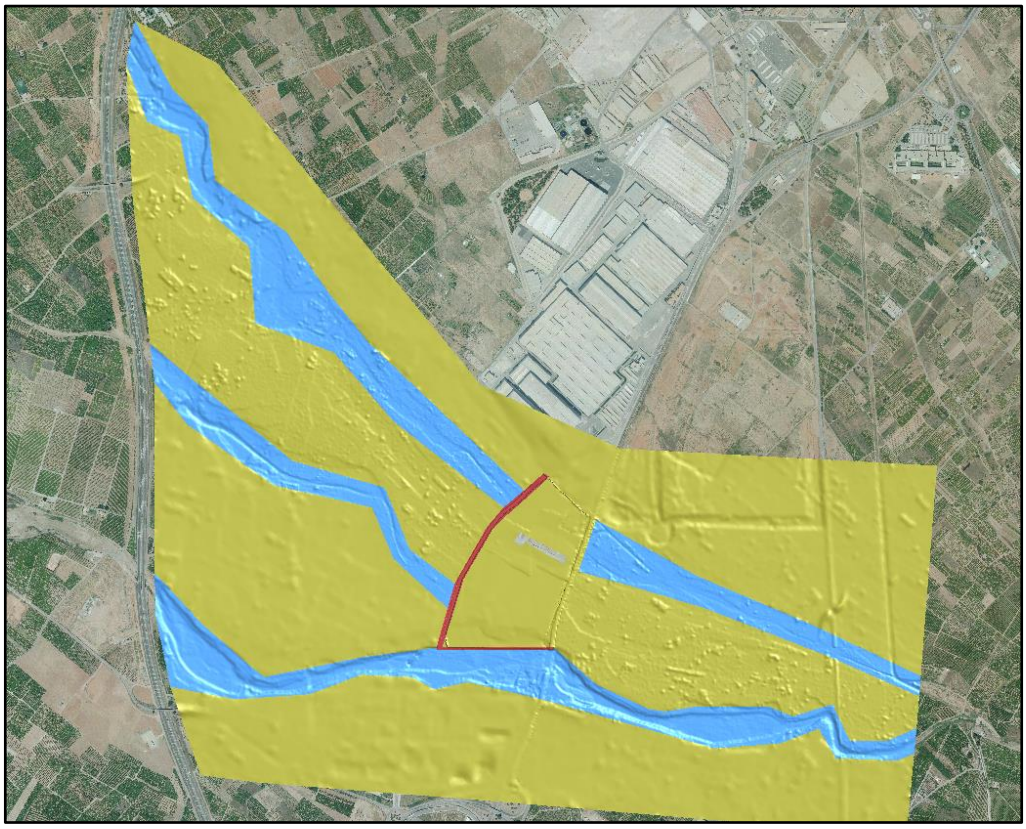


Figura 61. Malla bidimensional con elevaciones en IBER. Escenario proyectado.

Los coeficientes de rugosidad que se apliquen a los elementos de la malla bidimensional van a condicionar los resultados hidráulicos de forma significativa, por lo tanto, éstos se han asignado de forma rigurosa a las distintas tipologías de usos del suelo. La rugosidad del suelo en el ámbito de estudio hidráulico se define a partir de la cartografía del Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo en España (SIOSE) del año 2011 disponible en el Instituto Geográfico Nacional. Esta cartografía, una vez supervisada y contrastada con la ortofoto actual, se ha empleado como base para la situación actual y se ha adaptado al escenario proyectado modificando la rugosidad en el área de ocupación del canal propuesto.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

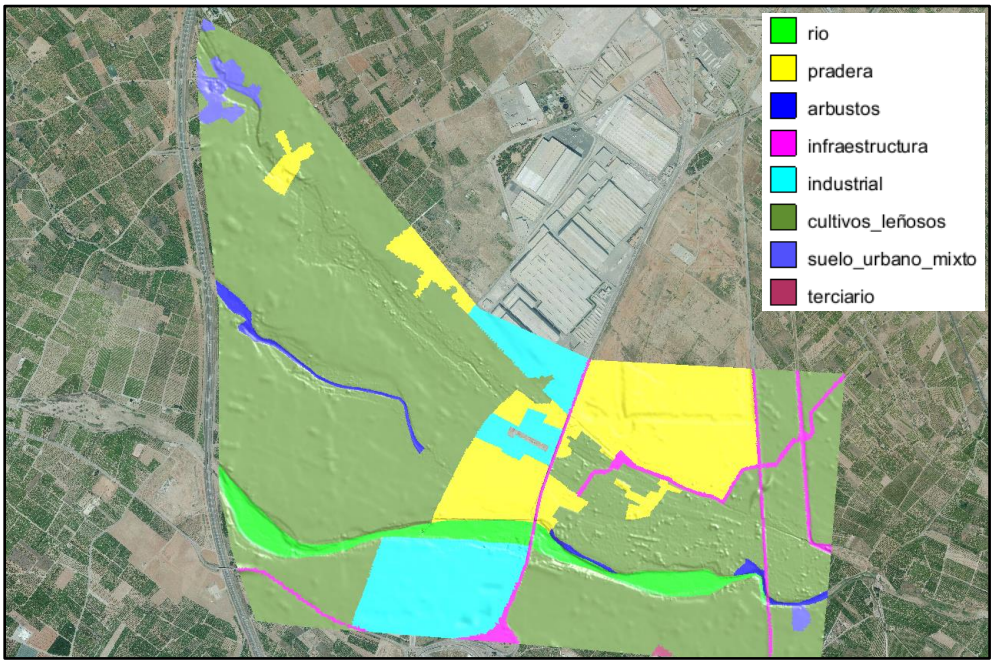


Figura 62. Asignación de usos del suelo (SIOSE) en IBER. Escenario actual.

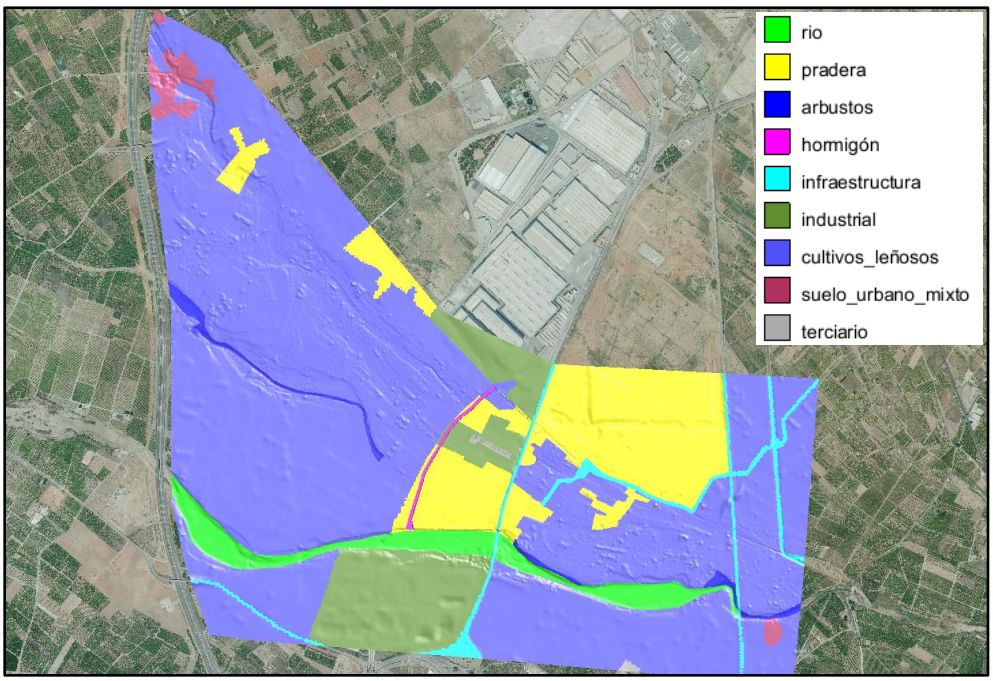


Figura 63. Asignación de usos del suelo (SIOSE) en IBER. Escenario proyectado.

La entrada de la rugosidad al programa IBER se realiza mediante el coeficiente de rugosidad n de Manning. La asignación de los valores del coeficiente de rugosidad se ha basado en la "Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografías de Zonas Inundables" redactada por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España. Para cada tipo de suelo se han asignado los siguientes coeficientes:

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

SISTEMA DE INFORMACIÓN SOBRE OCUPACIÓN DEL SUELO EN ESPAÑA (SIOSE). AÑO 2011	
Descripción (Nivel 2)	**Coeficiente de rugosidad n de Manning**
Cultivos leñosos	0,06
Industrial	0,1
Infraestructuras	0,02
Matorral/Arbustos	0,055
Pastizal/Pradera	0,035
Ramblas/Río	0,04
Suelo urbano mixto	0,09
Terciario	0,1
Hormigón	0,016

Tabla 63. Coeficientes de rugosidad n de Manning asignados a los tipos de suelo del SIOSE.

Cabe destacar que para los usos del suelo "terciario", "suelo urbano mixto" e "industrial" se han mayorado los coeficientes de rugosidad (según recomienda la Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables) dado que la malla no representa con rigurosidad todos los edificios existentes, en consecuencia, se consigue ralentizar la velocidad del agua y aumentar los calados máximos.

Finalmente es necesario definir las condiciones iniciales, internas y de contorno de problema. Para los escenarios considerados se han impuesto las siguientes:

- Condición de Contorno Aguas Arriba: se ha utilizado una condición de Caudal Total (Q) correspondiente con el hidrograma obtenido del estudio hidrológico de período de retorno 25, 100 y 500 años en régimen Crítico/Subcrítico.

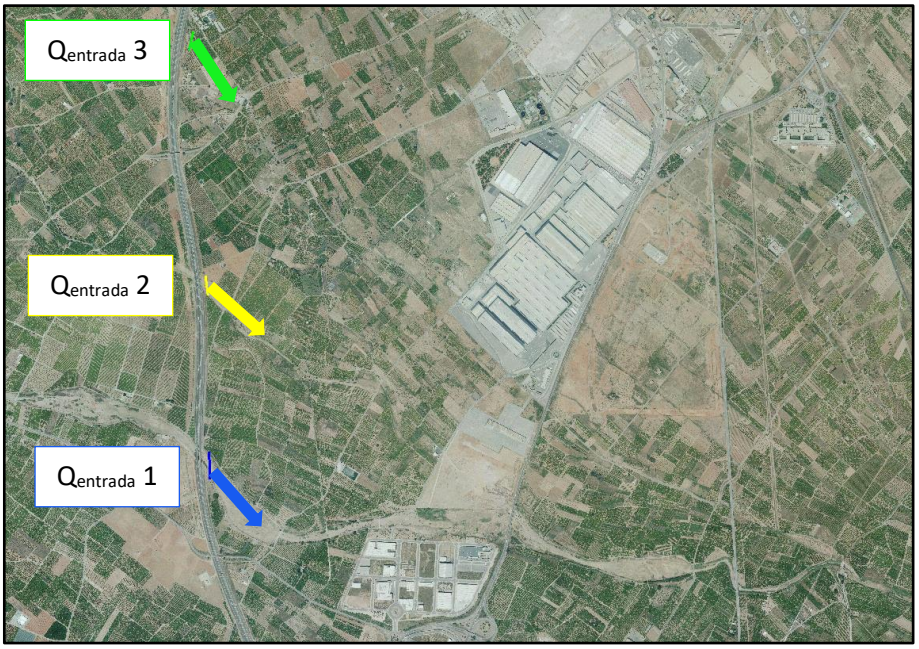


Figura 64. Condición de contorno (entrada) aguas arriba en IBER.

- Condición de Contorno Aguas Abajo: se ha utilizado la condición de flujo Supercrítico/Crítico en el contorno de salida del ámbito del modelo hidráulico de forma

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

que los caudales que alcancen dichos límites salen del modelo sin afectar a la hidrodinámica de aguas arriba.

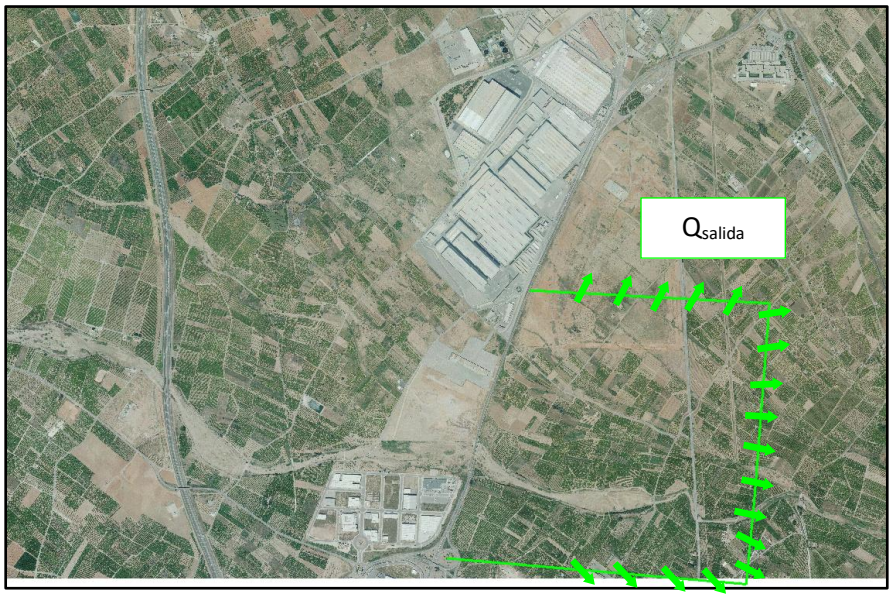
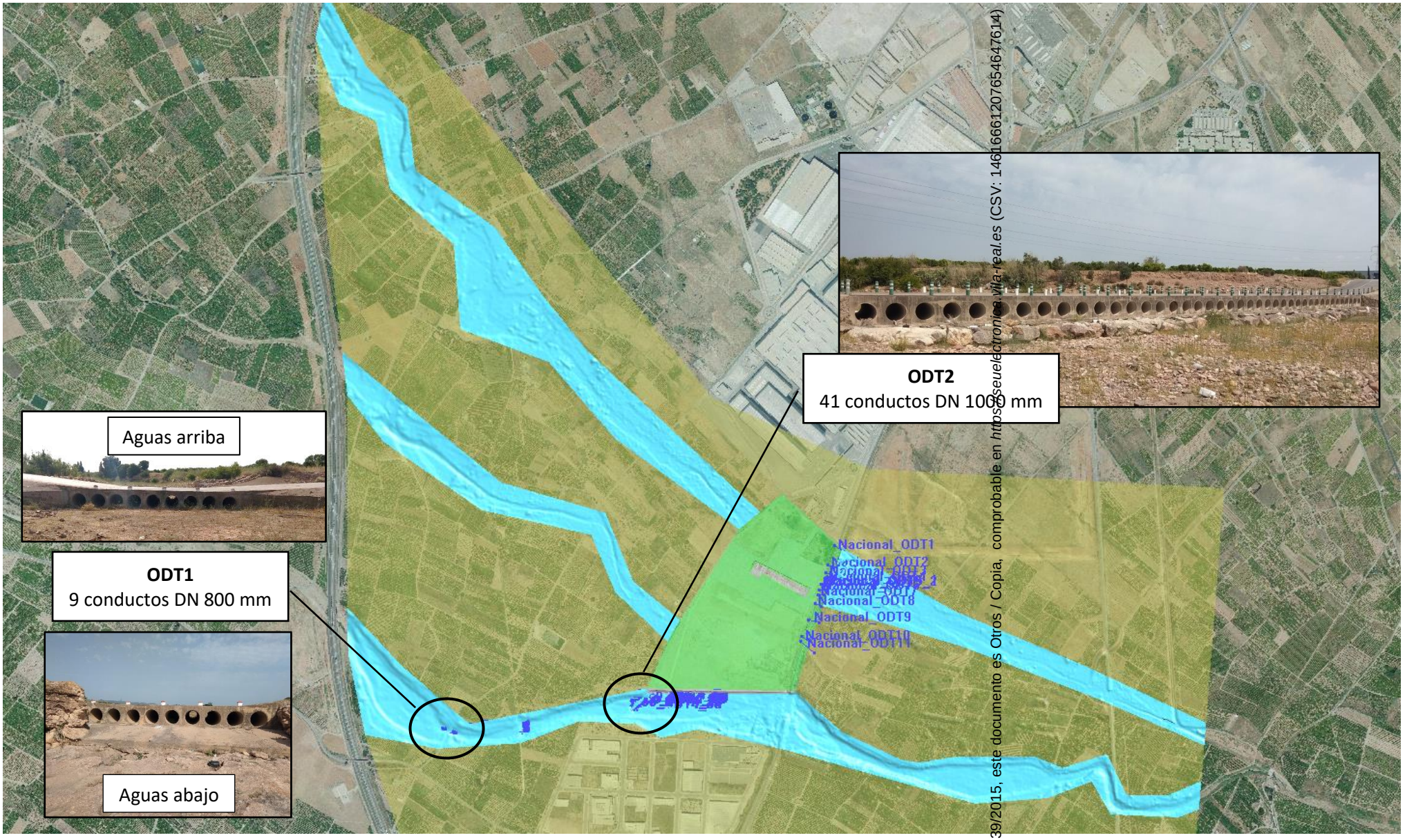


Figura 65. Condición de contorno (salida) aguas abajo en IBER.

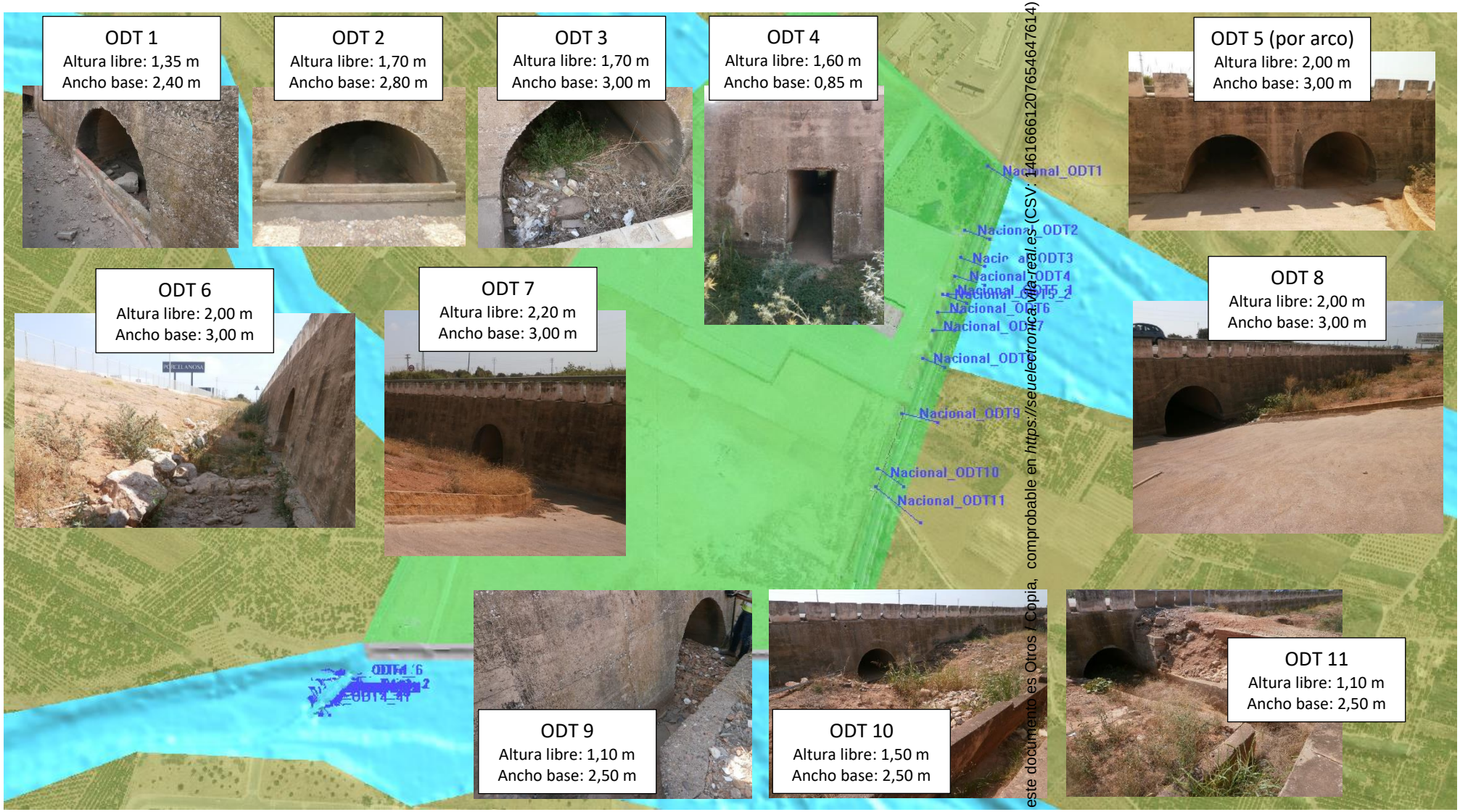
- Condiciones Iniciales: se establece la cota del agua a 0 m, y se parte por tanto de condiciones de cauce y llanura de inundación secos. Las condiciones iniciales hacen referencia al estado del modelo antes del inicio de la simulación, por lo que no debe interpretarse que el ingreso de agua en el modelo es nulo. Esto significa que el ámbito modelado está seco al inicio de la simulación y el caudal de entrada va aumentando la lámina de agua del modelo hasta que alcanza el valor máximo correspondiente al caudal simulado.
- Obras de drenaje transversal: las obras de drenaje transversal consistentes en conductos o marcos de pequeñas y medianas dimensiones se han modelado mediante la herramienta de Iber denominada *Culvert,* la cual conecta hidráulicamente dos elementos de la malla, uno aguas arriba de la infraestructura y otro aguas abajo de la misma. De esta forma, por diferencia de altura de la lámina de agua entre ambos elementos conectados se produce un diferencial de energía, y el caudal, en función de la rugosidad y dimensiones del *culvert*, circula de un elemento de malla a otro. Por su parte, las obras de drenaje transversal de grandes dimensiones (el cruce del río Seco con la N-340 y con la vía ferroviaria y el cruce del cauce de los barrancos unificados con la vía ferroviaria) se han simulado con la herramienta de Iber denominada *Cubierta*, mediante la cual el paso del flujo a través de las mismas se calcula bajo las ecuaciones de lámina libre hasta que el calado iguala o supera la condición de "cubierta o techo" impuesta, a partir de este instante se aplica el principio de *Ranura de Preissmann* para modelizar el flujo a presión. En caso de que el calado aumente y se supere el espesor de tablero introducido, se aplican las ecuaciones de vertedero. La situación y las dimensiones de las citadas obras de drenaje transversal que se han simulado para los distintos escenarios se puede observar en las siguientes figuras.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

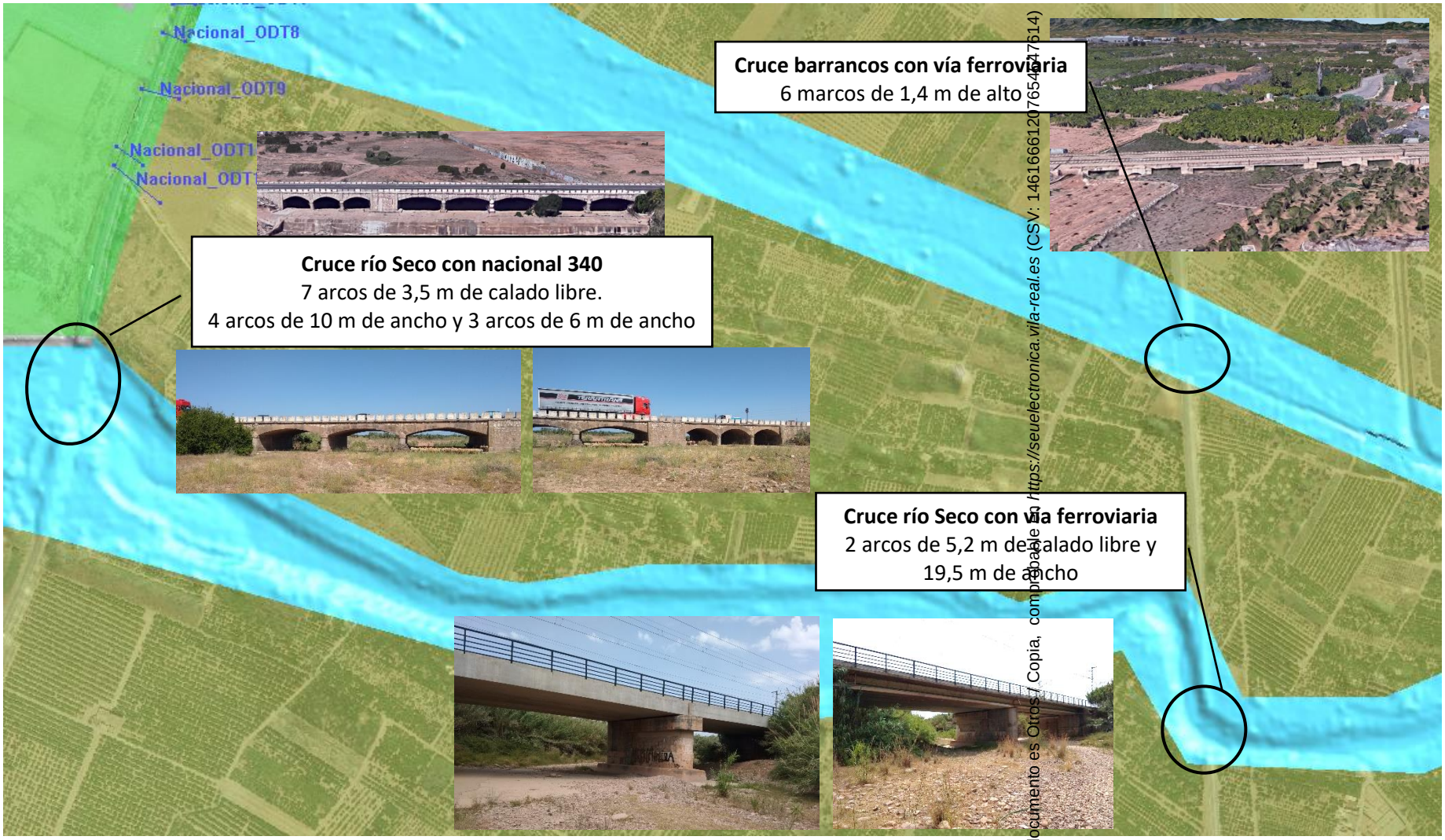


Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

Obras de drenaje transversal bajo la N-340



Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://sedelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)



Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654217614)

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

8.4. CAUDALES DE DISEÑO

Los caudales de diseño que se han considerado para cada período de retorno simulado, 25, 100 y 500 años en cada uno de los cauces de estudio (río Seco, barranco Ràtils y barranco Esbarzers) se corresponden con los hidrogramas que se obtuvieron de los cálculos hidrológicos (ver apartado 7.11).

Los caudales punta de los hidrogramas resultantes que constituyen la entrada de caudal a los modelos de simulación hidráulica bidimensional se recogen en la Tabla 62. Cuadro resumen de caudales punta de los cauces de estudio. (apartado 7.11).

8.5. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

A continuación, se muestran los mapas de máximos calados y velocidades que se han obtenido de las simulaciones hidráulicas bidimensionales para cada escenario considerado: 25, 100 y 500 años de período de retorno en los escenarios actual y proyectado. Estos mapas no representan valores (de calados o velocidades) coincidentes en el tiempo, sino que muestran el máximo valor registrado en cada celda de la malla que para cada elemento se produce en un instante distinto.

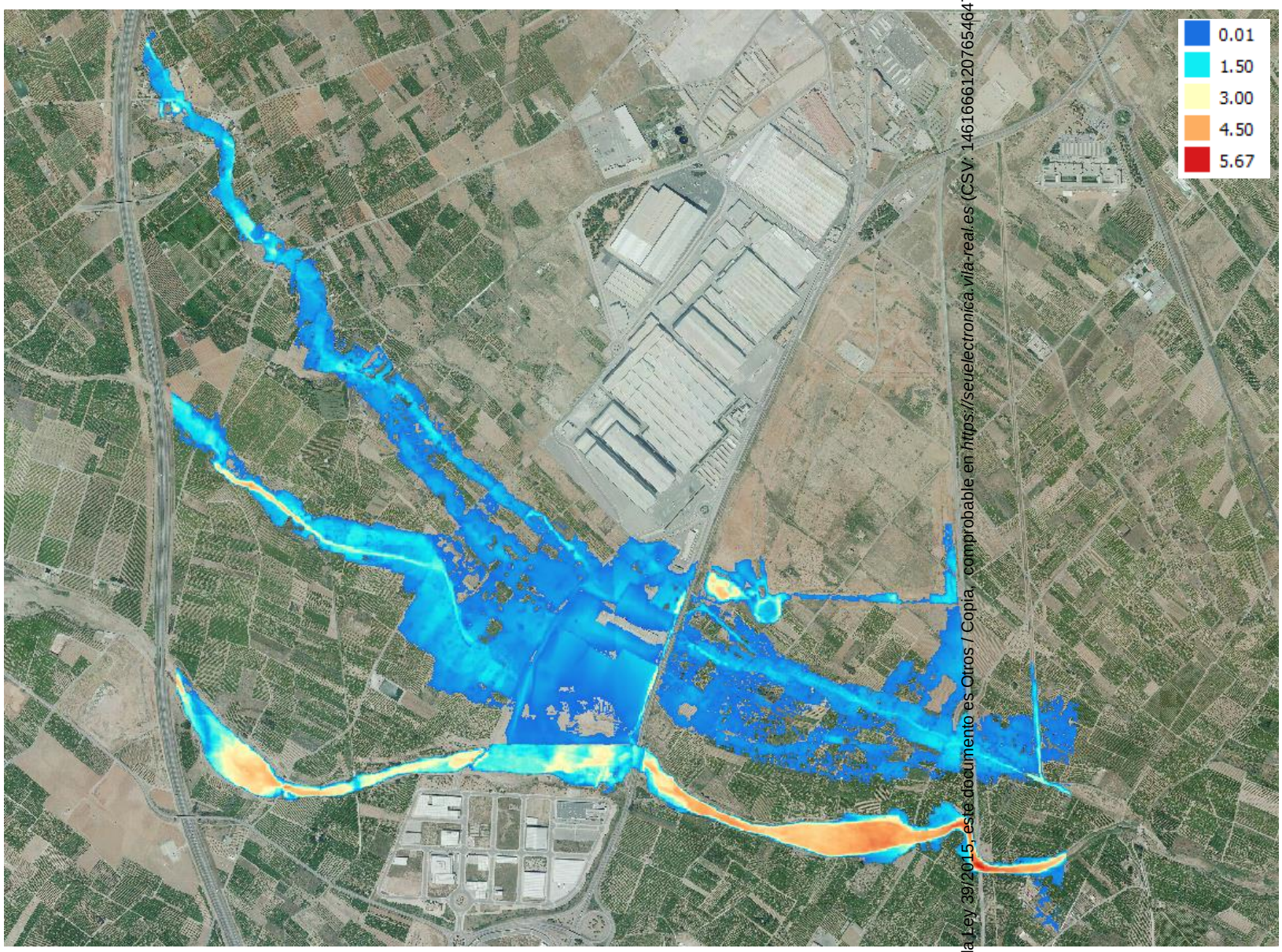
Para evaluar las afecciones a terceros se estudian las diferencias de calados entre los escenarios actual y futuro de cada uno de los períodos de retorno. Estos resultados se recogen en el apartado 9.3 Afección a terceros.

El cálculo de la Zona de Flujo Preferente y de los distintos niveles de peligrosidad de PATRICOVA para los escenarios actuales y futuros se adjuntan en los planos anexos al presente estudio.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

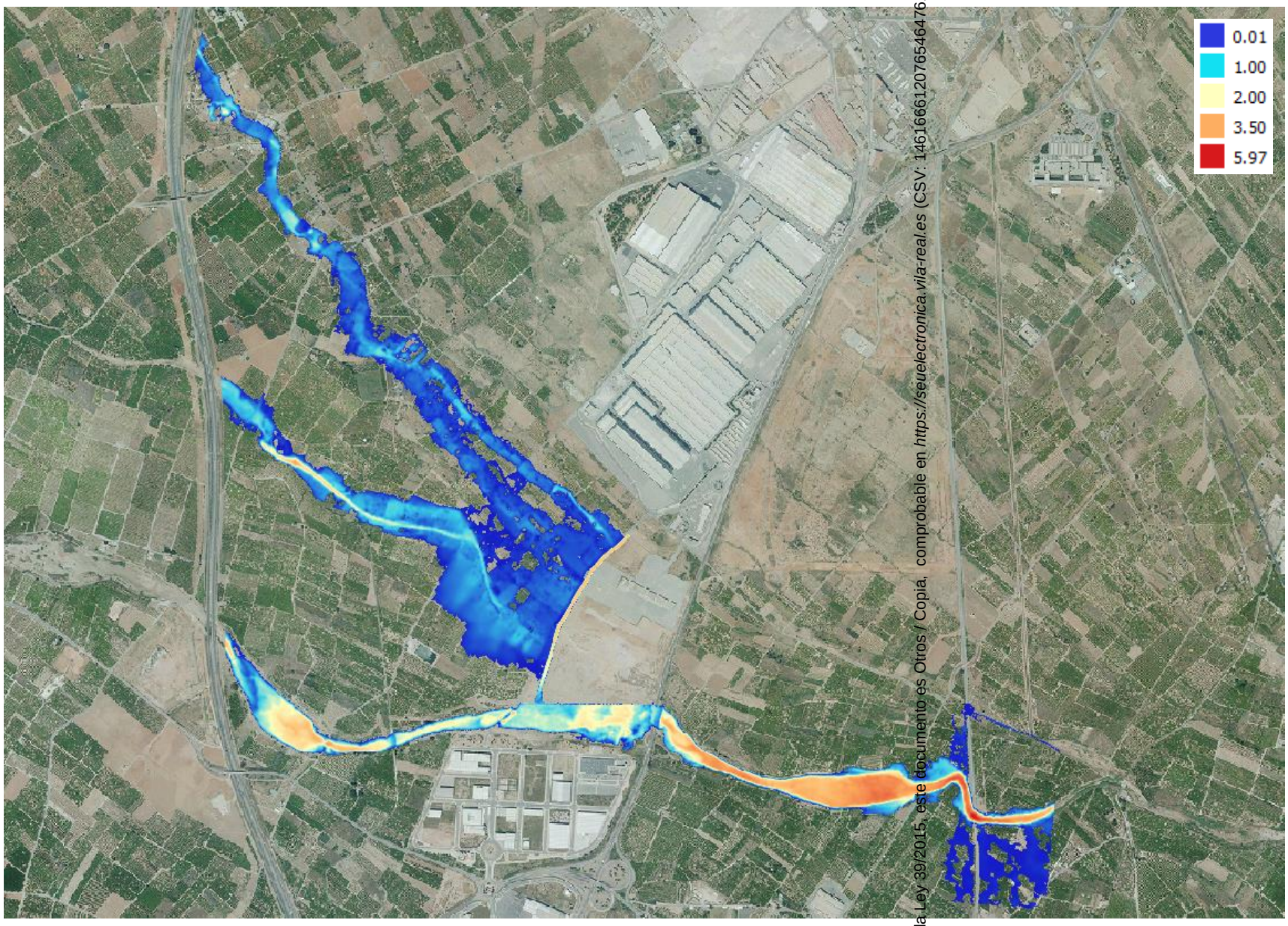
Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

Mapa de máximos calados (metros). T = 25 años. Escenario actual.



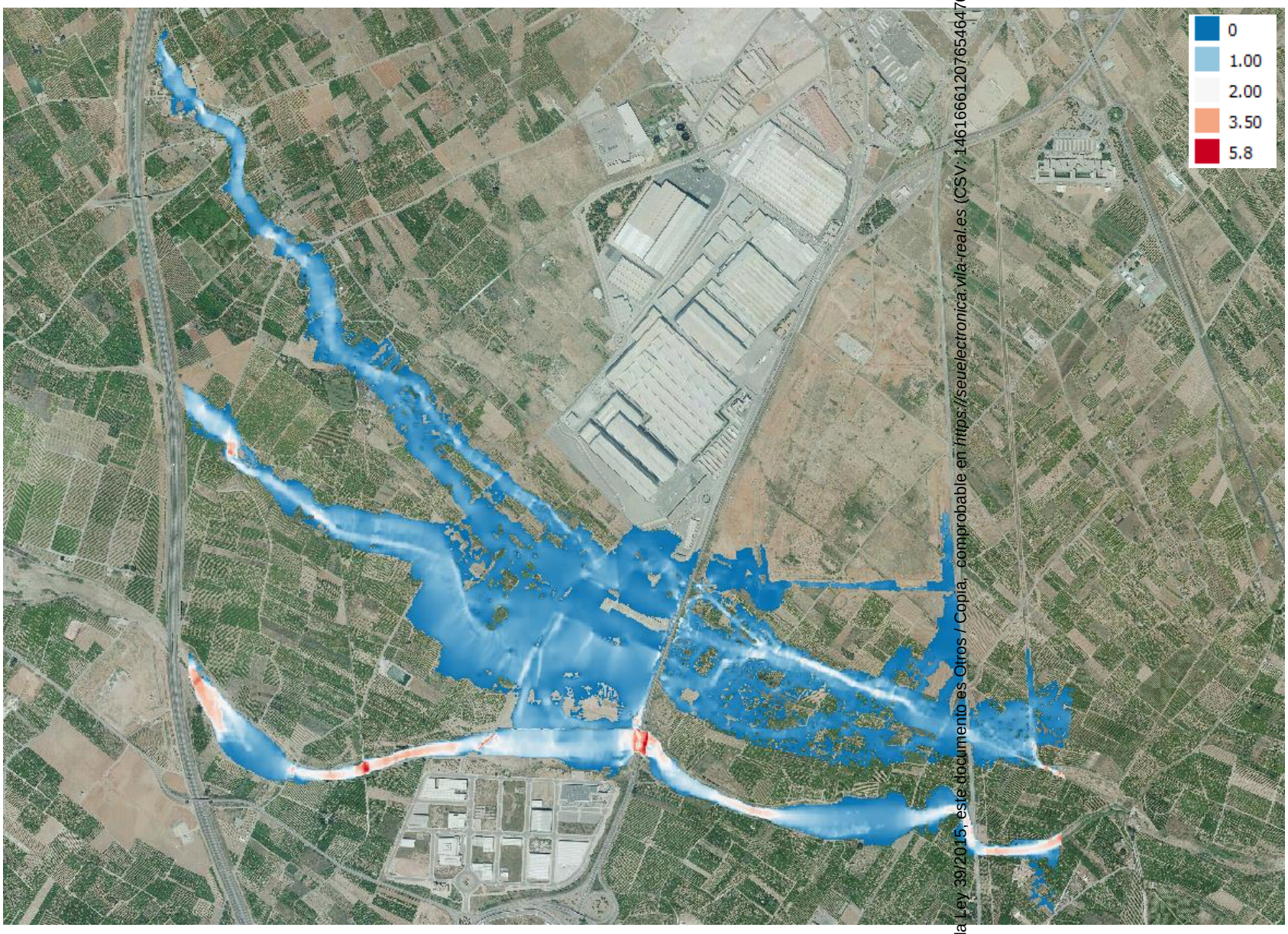
Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia , comprobable en https://sedelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

Mapa de máximos calados (metros). T = 25 años. Escenario proyectado.



Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://sedelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

Mapa de velocidades máximas (m/s). T = 25 años. Escenario actual.



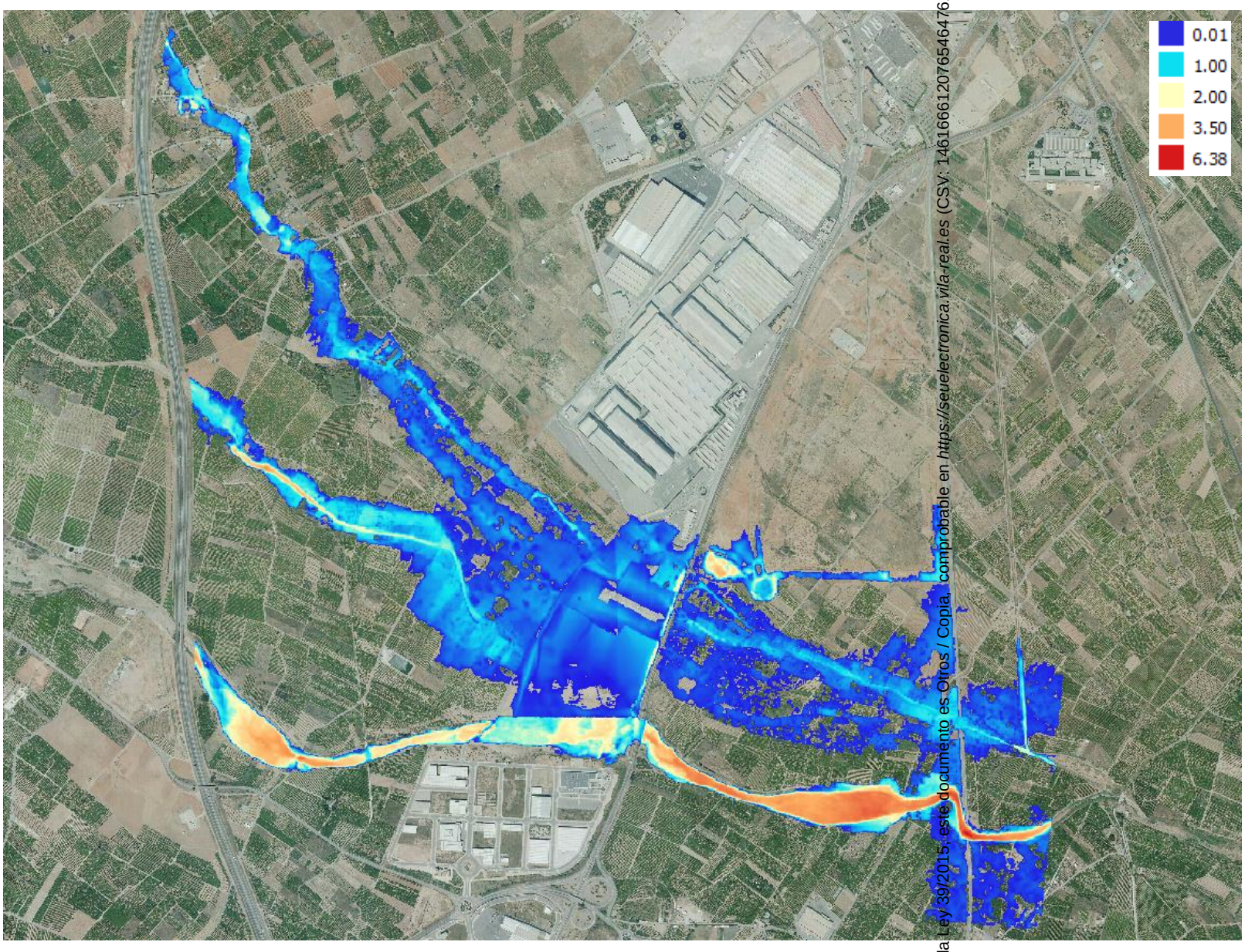
Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

Mapa de velocidades máximas (m/s). T = 25 años. Escenario proyectado.



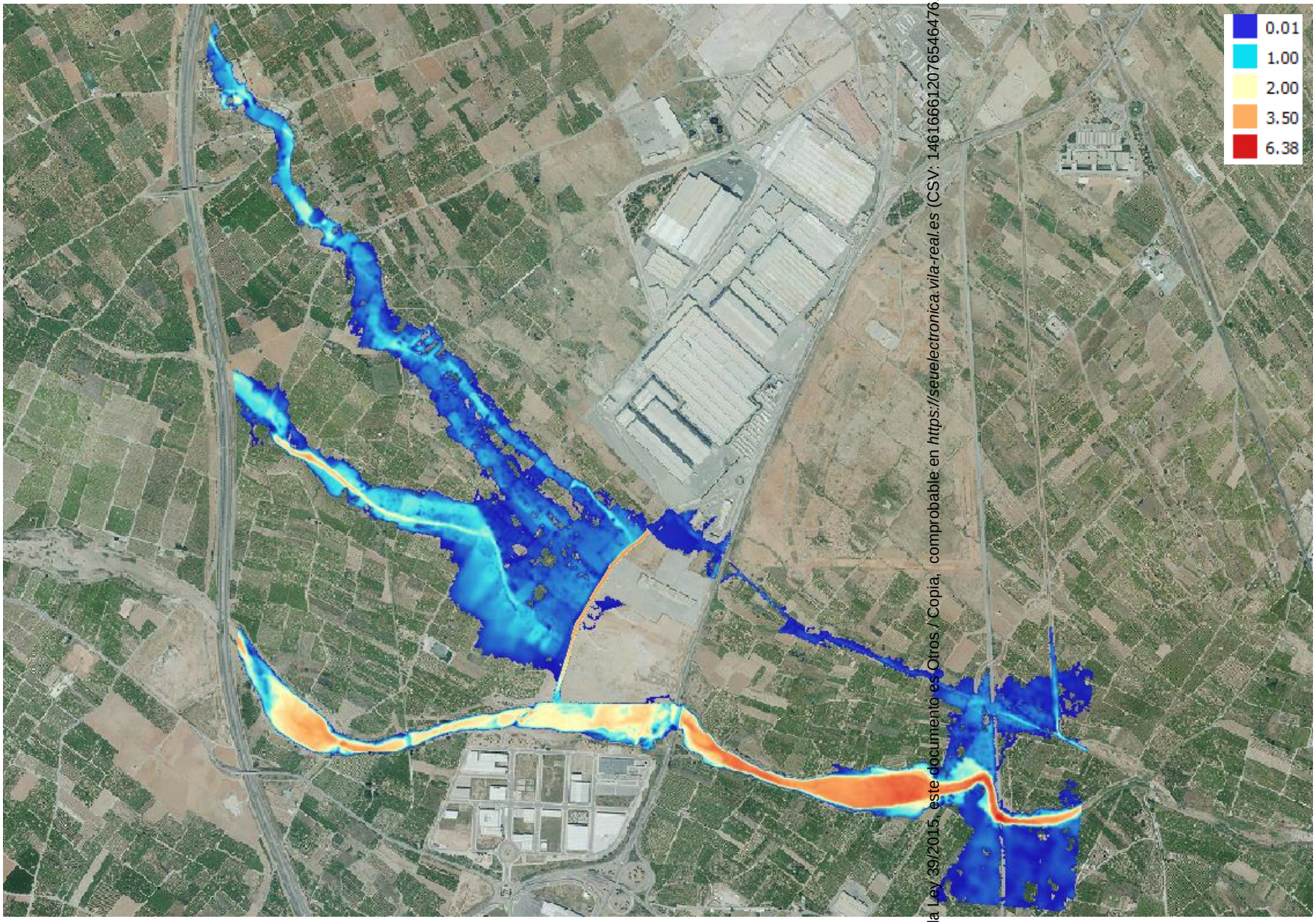
Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

Mapa de máximos calados (metros). T = 100 años. Escenario actual.



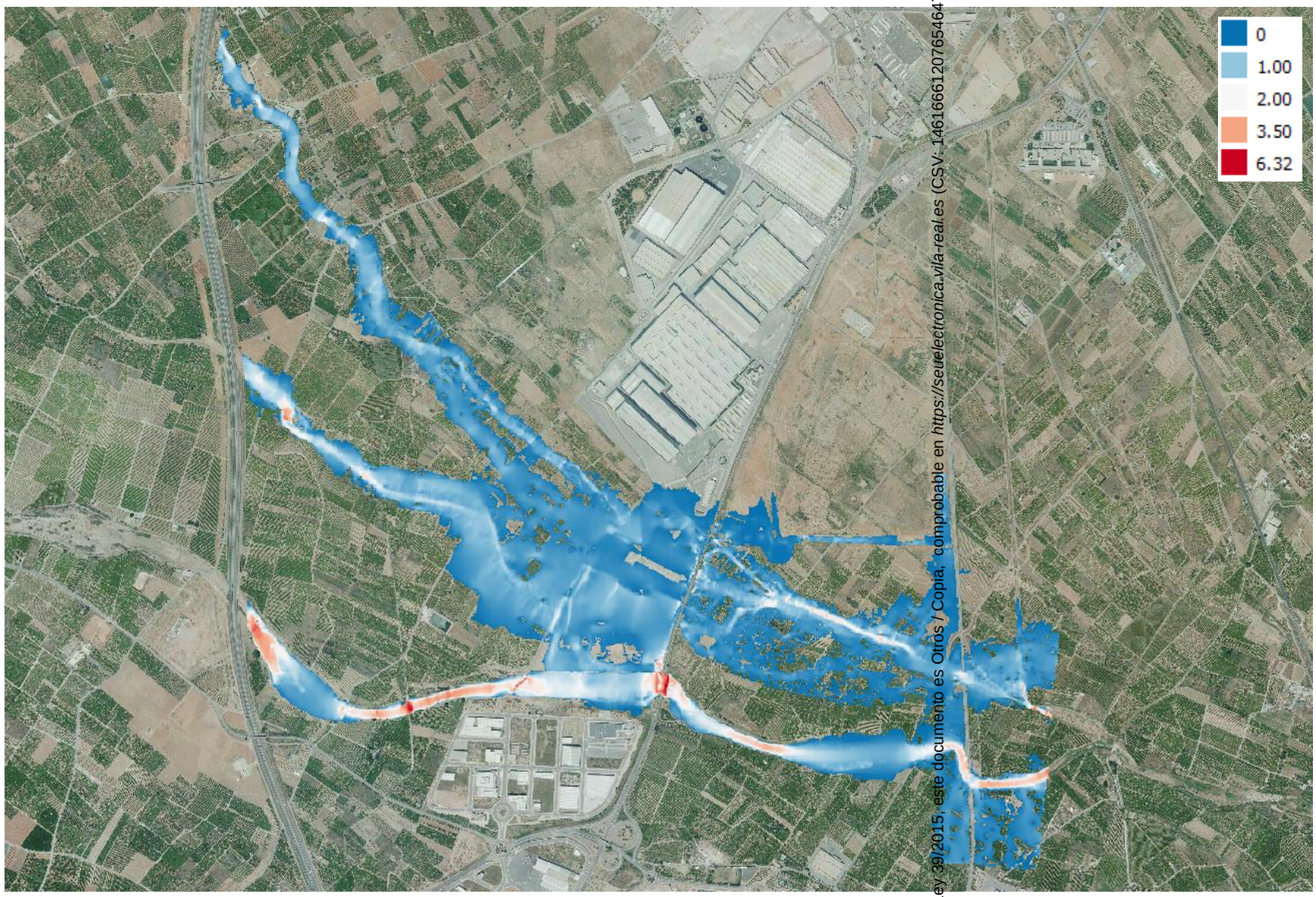
Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

Mapa de máximos calados (metros). T = 100 años. Escenario proyectado.



Según la Ley 39/2015, este documento es Otros. / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

Mapa de velocidades máximas (m/s). T = 100 años. Escenario actual.



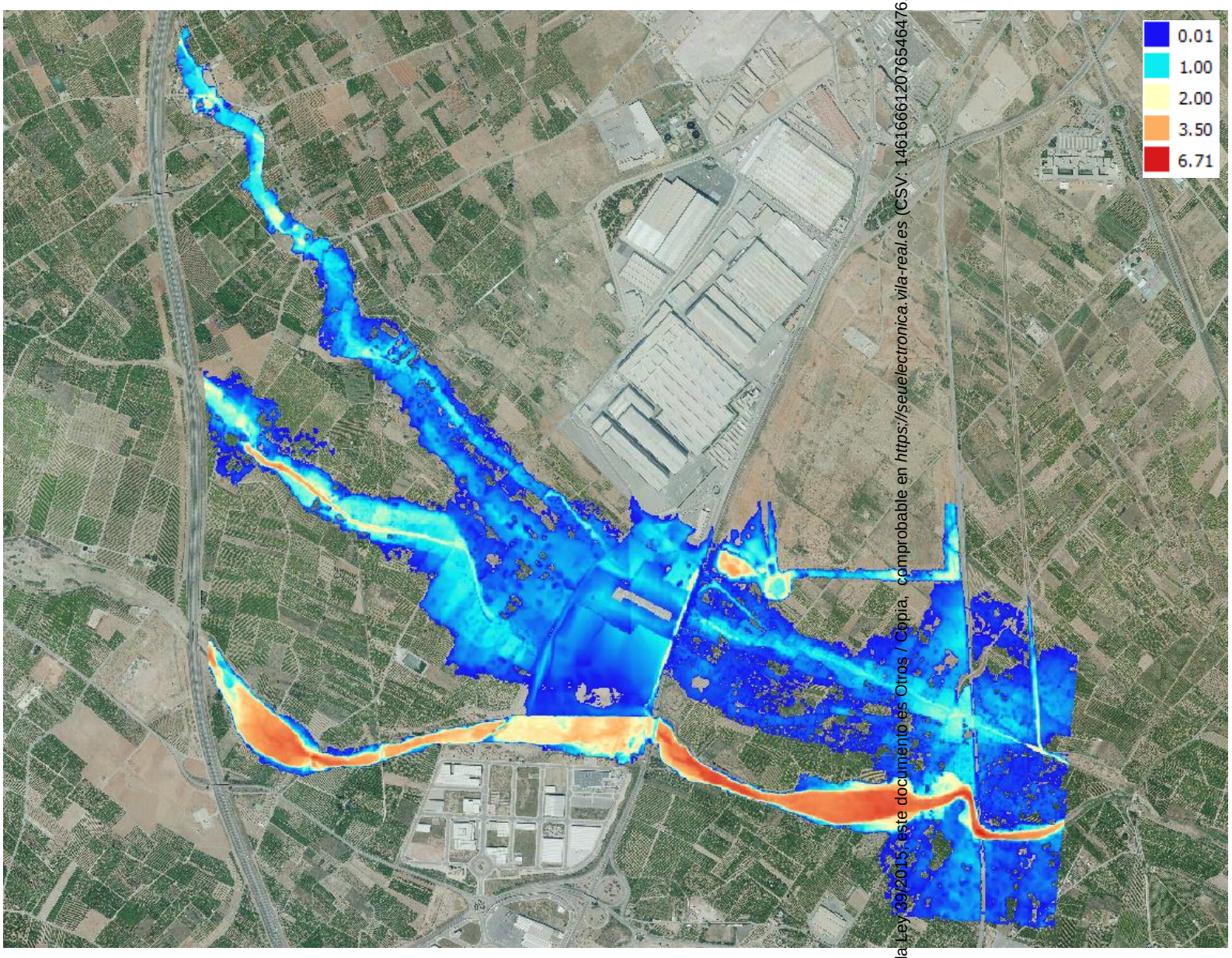
Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

Mapa de velocidades máximas (m/s). T = 100 años. Escenario proyectado.



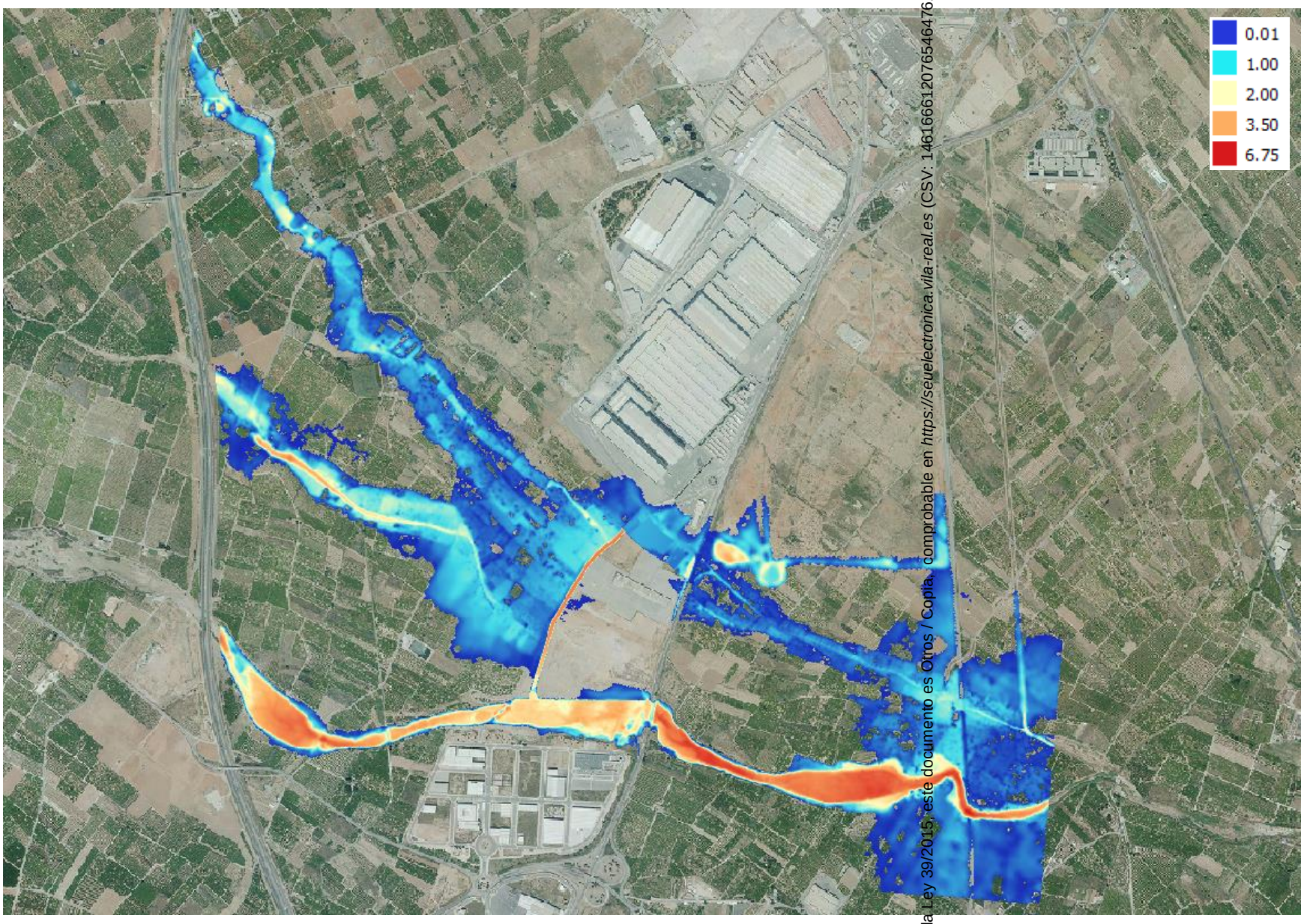
Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://sedelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

Mapa de máximos calados (metros). T = 500 años. Escenario actual.



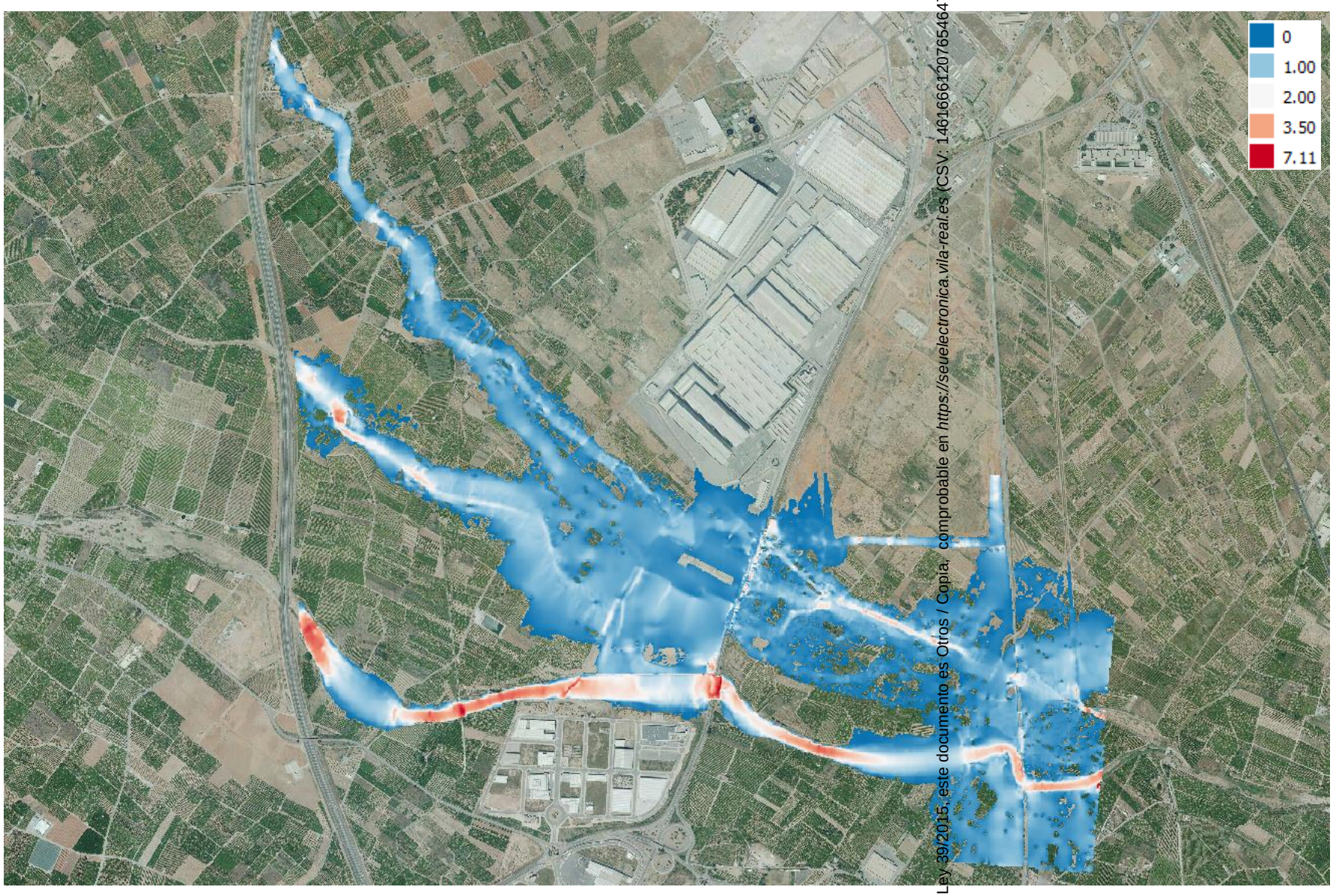
Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

Mapa de máximos calados (metros). T = 500 años. Escenario proyectado.



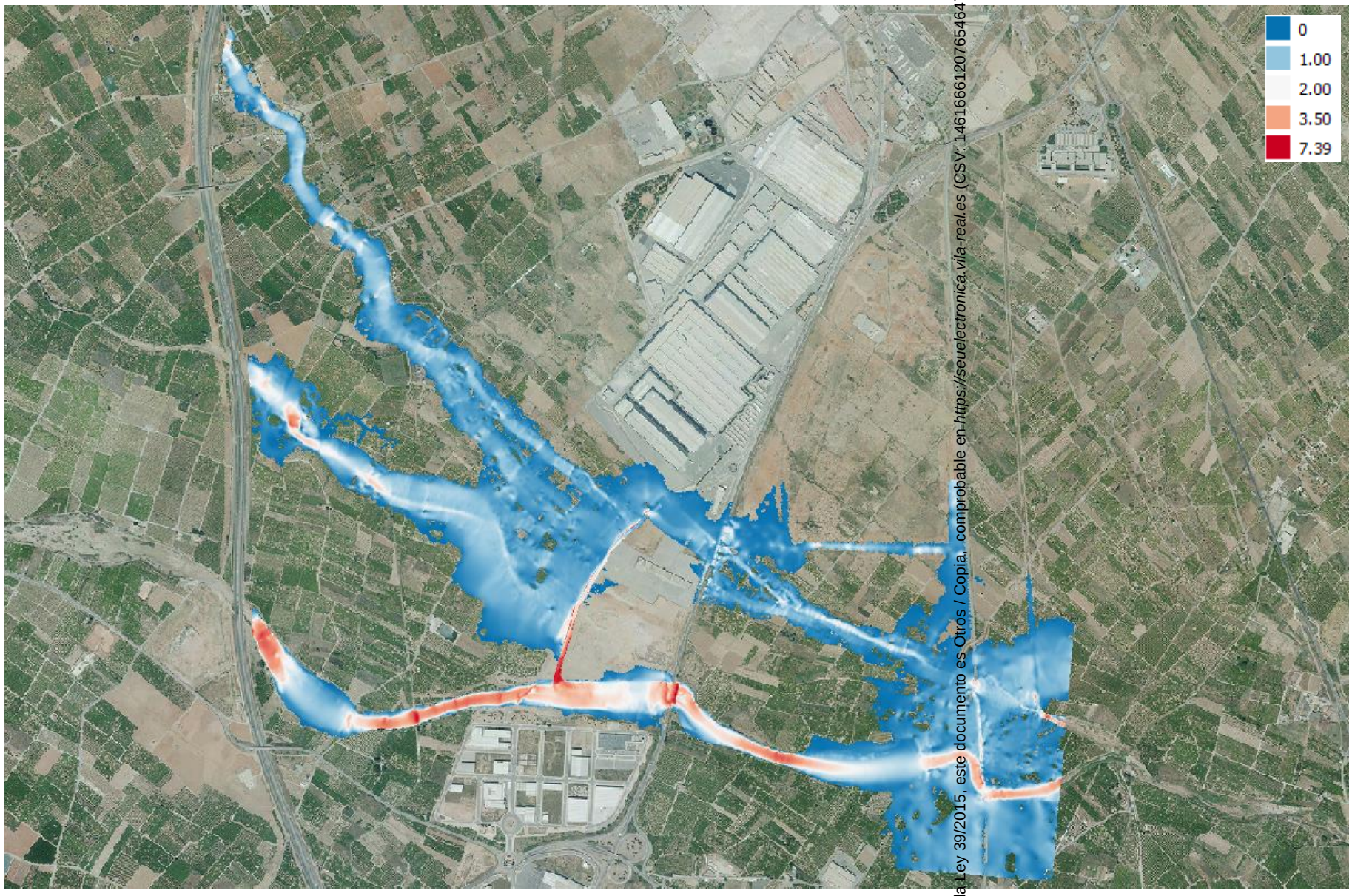
Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://sedelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

Mapa de velocidades máximas (m/s). T = 500 años. Escenario actual.



Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

Mapa de velocidades máximas (m/s). T = 500 años. Escenario proyectado.



Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

9. AFECCIONES

9.1. DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO (DPH)

La consulta de la cartografía disponible en el Sistema Nacional Cartográfico de Zonas Inundables (SNCZI) permite observar que los barrancos Ràtils y Esbarzers no cuentan con la delimitación ni de cauce con Dominio Público Hidráulico deslindado ni de cauce con Dominio Público Hidráulico cartográfico o probable. Sin embargo, el cauce del río Seco/Anna/Veo si cuenta con la delimitación de Dominio Público Hidráulico cartográfico y de las zonas de policía y servidumbre a la altura del sector en estudio.

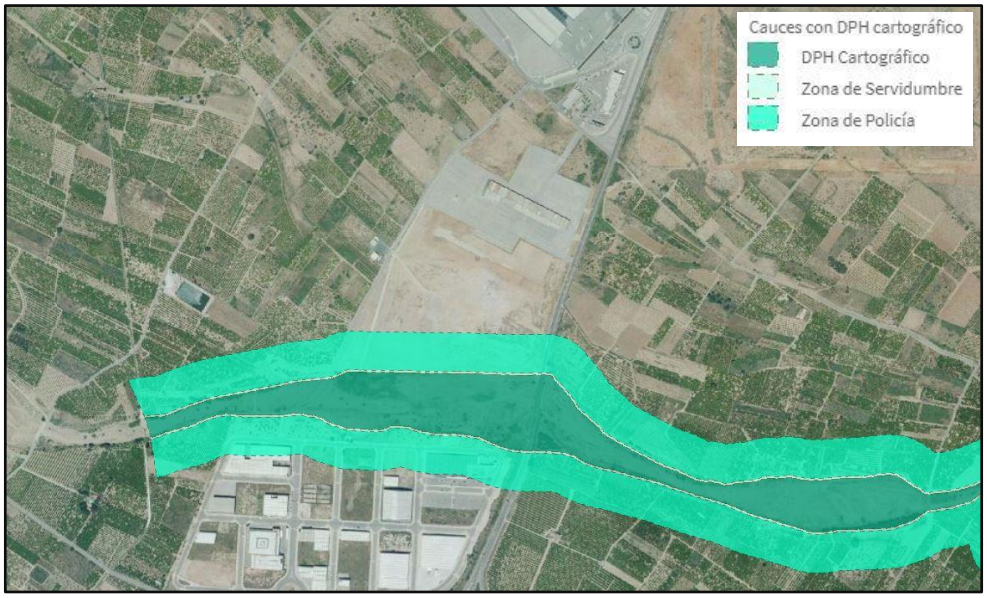


Figura 66. Delimitación de Dominio Público Hidráulico cartográfico, Zona de servidumbre y Zona de Policía. Fuente: SNCZI.

Tal y como se puede comprobar en la imagen (y en el plano 5 del anexo), existe afección de la Zona de Policía sobre alguna de las parcelas situadas en el sector UHI-8. Superponiendo el catastro se puede comprobar qué parcelas son las afectadas.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

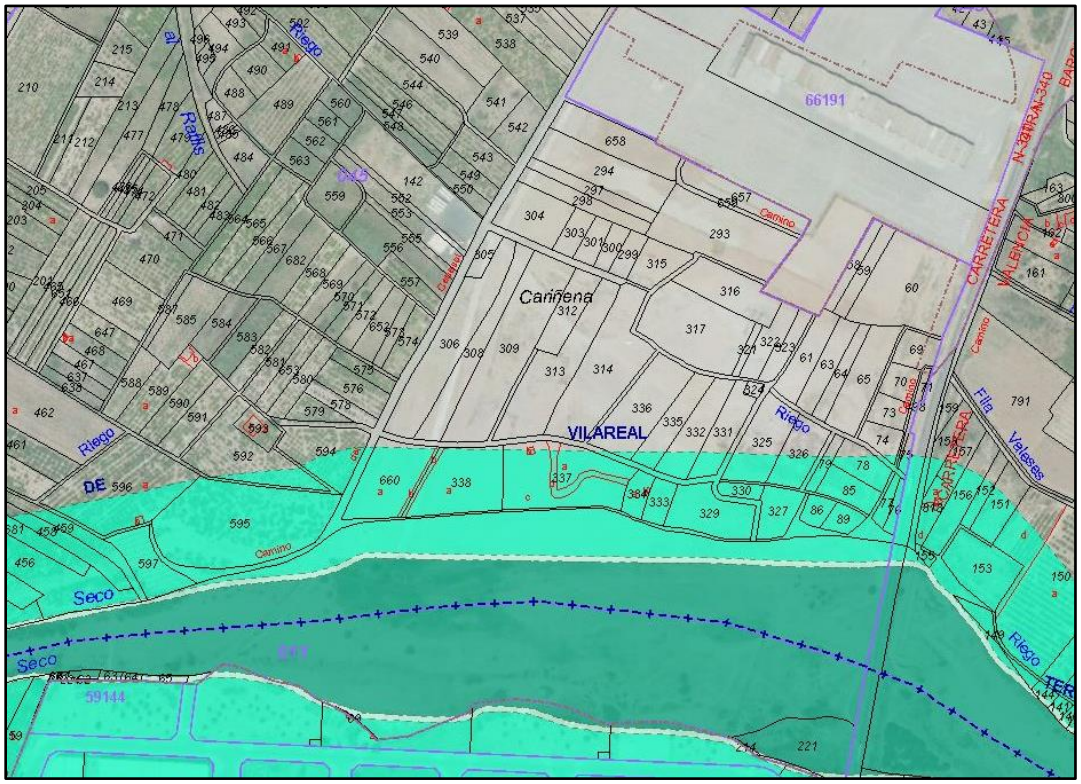


Figura 67. DPH cartográfico, Zonas de servidumbre y policía superpuestas con catastro. Elaboración propia.

Por lo tanto, debido a que la actuación se encuentra en el interior de la Zona de Policía del cauce del río Seco, se deberá solicitar la correspondiente autorización para la realización de cualquier actividad al área de gestión del Dominio Público Hidráulico de la Comisaría de Aguas de la Confederación Hidrográfica del Júcar.

9.2. INCIDENCIA EN EL RÉGIMEN DE CORRIENTES

En la actualidad, los cauces de los barrancos Ràtils y Esbarzers discurren a través del sector UHI-8 de Villarreal, cruzan bajo la nacional 340 y aguas abajo de ésta confluyen en un solo cauce; posteriormente cruzan bajo la vía del ferrocarril y justo después confluyen con el cauce del río Seco, aguas arriba del municipio de Burriana (ver Figura 68).

El desbordamiento del flujo de ambos barrancos se produce aguas arriba del sector de estudio incluso para el período de retorno de 25 años. El flujo discurre de forma difusa sobre el sector, es captado por las once obras de drenaje transversal de la nacional 340 y aguas abajo de la nacional ambos flujos desbordados confluyen en un cauce de fondo plano que cruza bajo la infraestructura del ferrocarril, después de la cual confluyen finalmente con el río Seco. Por su parte, el cauce del río Seco, que es limítrofe al sector estudiado por el flanco sur, cuenta con un cauce bien definido con un muro de hormigón en su margen izquierda y únicamente presenta

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

pequeños desbordamientos provocados por una discontinuidad del muro de hormigón que afecta a una pequeña superficie del sector. Esta oquedad presente en el muro tiene la funcionalidad actual de drenar las aguas del sector UHI-8. De cara al escenario futuro debería tapiarse ya que las aguas serán drenadas por el canal proyectado.

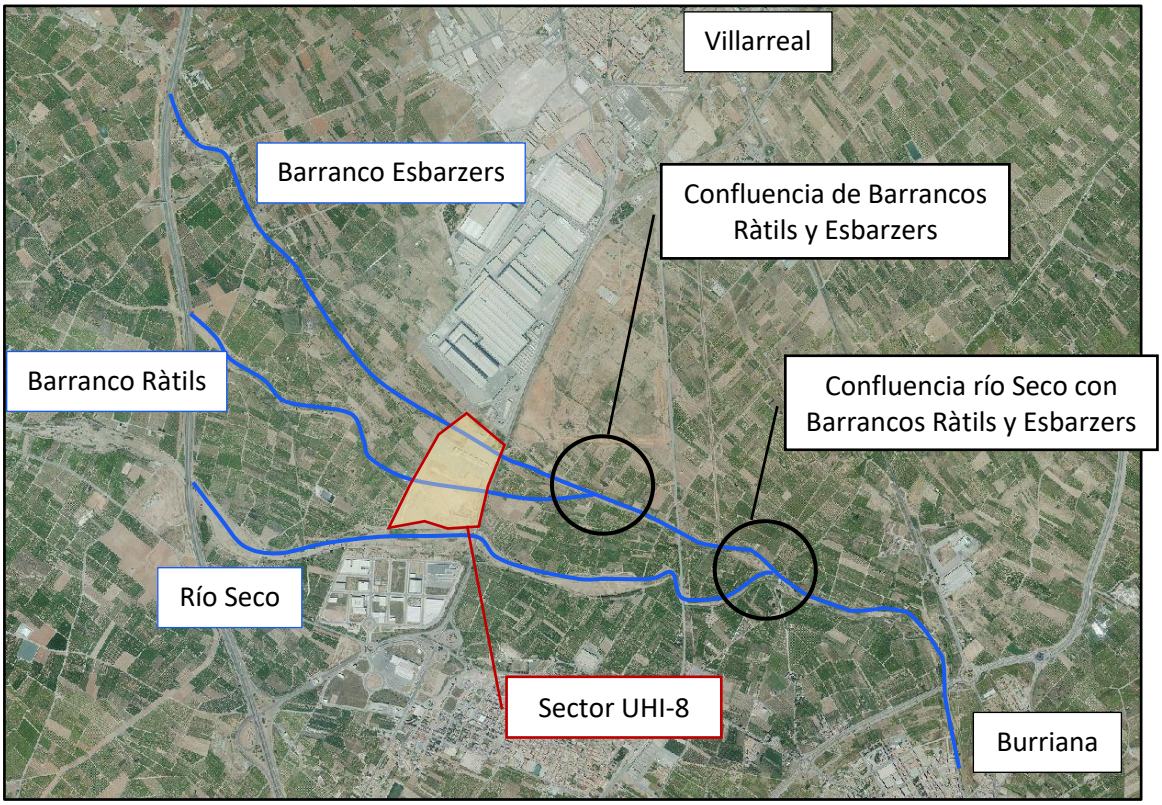


Figura 68. Localización del cauce del río Seco, los barrancos Ràtils y Esbarzers y del sector UHI-8.

En consecuencia, el desarrollo urbanístico del sector UHI-8 de Villarreal requiere la adopción de medidas de protección frente a las inundaciones que se producen en la actualidad por las aguas procedentes de los barrancos Ràtils y Esbarzers.

La actuación propuesta consiste en canalizar las aguas de dichos barrancos interceptándolas aguas arriba del sector UHI-8 y conducirlas al cauce del río Seco. De esta forma se consigue que el sector estudiado no sea inundable, se reducen las afecciones por inundación aguas abajo del sector y se traslada el actual punto de confluencia de los barrancos con el río Seco 2.400 m aproximadamente aguas arriba, comprobando que no se compromete la capacidad hidráulica de las actuales obras de drenaje transversal bajo las infraestructuras existentes.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

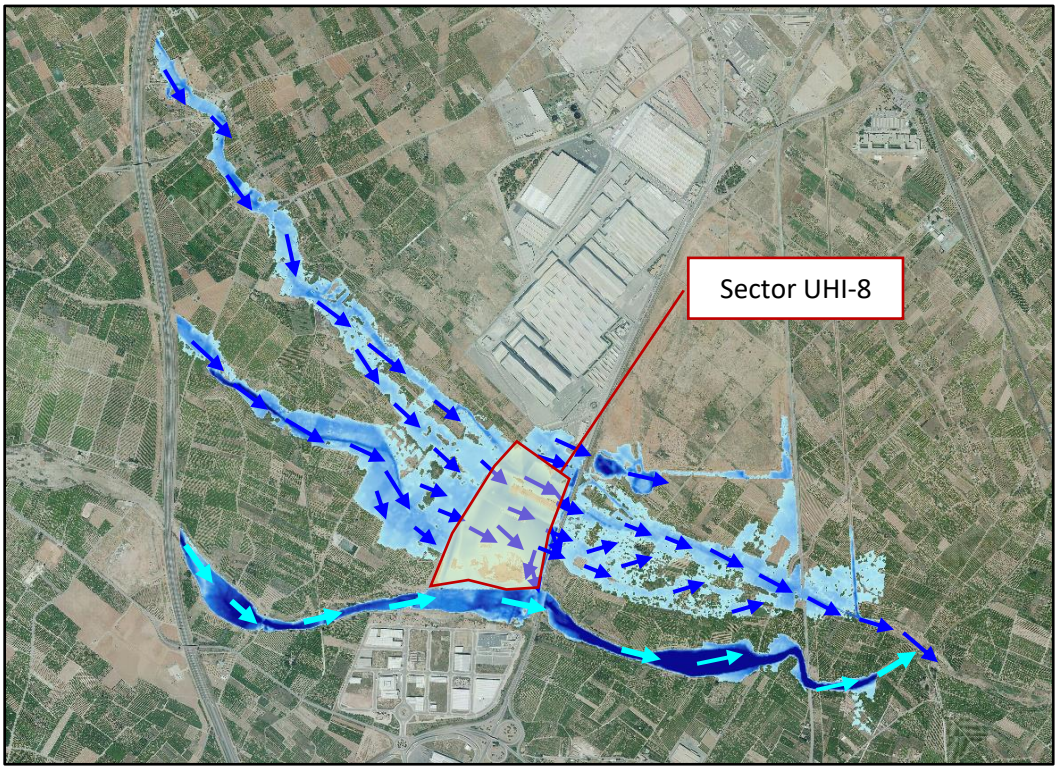


Figura 69. Direcciones del flujo difuso en el ámbito de actuación (flechas azules). Escenario actual.

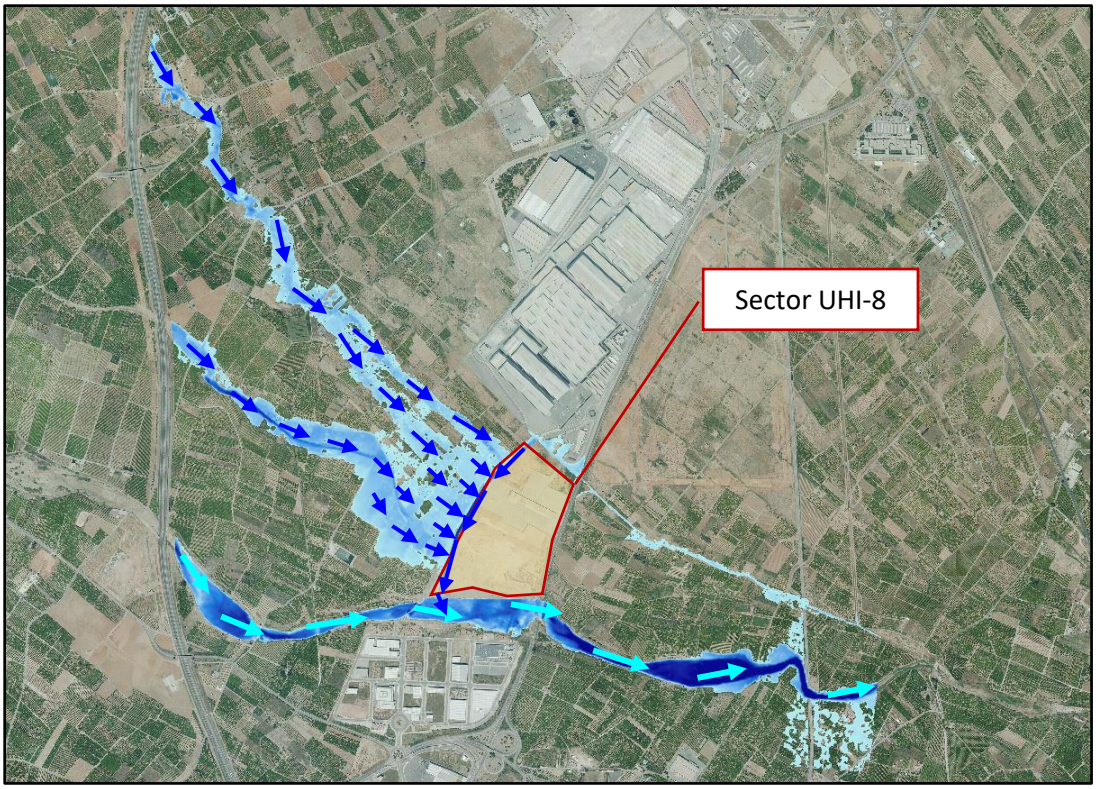


Figura 70. Direcciones del flujo difuso en el ámbito de actuación (flechas azules). Escenario futuro.

El canal proyectado tiene unas dimensiones de la sección transversal tipo según se indican en la siguiente figura. En el *Anexo I. Planos* se adjunta el perfil longitudinal del canal, su trazado en planta y las secciones transversales (Plano nº4).

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

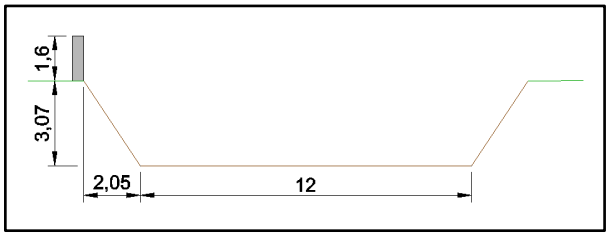


Figura 71. Croquis canal propuesto como medida de protección frente inundaciones.

De los resultados obtenidos puede concluirse que la medida de protección frente a las inundaciones del sector UHI-8 no tiene una incidencia significativa en el régimen de corrientes.

9.3. AFECCIÓN A TERCEROS

La propuesta de ejecución de una medida protectora frente a las inundaciones del sector UHI-8 conlleva realizar el estudio de afección a terceros por la implantación de la misma. Este requisito se recoge tanto en el Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RDPH) como en la normativa de PATRICOVA.

El RDPH, en el apartado 1 del artículo *126 ter. Criterios de diseño y conservación para obras de protección, modificaciones en los cauces y obras de paso* recoge *"En las obras de protección frente a inundaciones se tenderá, en lo posible, a aumentar el espacio del cauce y no agravar la inundabilidad y riesgo preexistente aguas arriba y aguas abajo de la actuación, teniendo en consideración lo establecido en el artículo 28.3 y el párrafo segundo del artículo 36.2 Plan Hidrológico Nacional aprobado por la Ley 10/2001 de 5 de julio"*.

En cuanto al PATRICOVA, el apartado g) del artículo 12.1 de la normativa contempla que "*en el caso de que se prevean medidas correctoras, deberá justificarse la viabilidad técnica y económica para su implantación y* ***que no se provoca un incremento significativo de la peligrosidad de inundación a terceros****, en los términos del artículo 9 de esta normativa*". El apartado 2 del artículo 9 del PATRICOVA define el incremento significativo de la peligrosidad como *"se considera que existe un incremento significativo de la peligrosidad de inundación en la zona de peligrosidad de inundación* ***cuando se produce un aumento del calado máximo o de la velocidad máxima de más de un diez por ciento (10%) y de más de diez centímetros (10 cm) para cualquier período de retorno entre 25 y 500 años****, provocado por cualquier nuevo elemento artificial situado en la zona inundable"*.

En consecuencia, se ha estudiado la afección a terceros que produciría la ejecución del canal de captación de las aguas de los barrancos para los períodos de retorno de 25, 100 y 500 años según

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

el criterio establecido en la normativa del PATRICOVA de **incremento significativo de la peligrosidad de inundación** (dependiente del calado y de la velocidad).

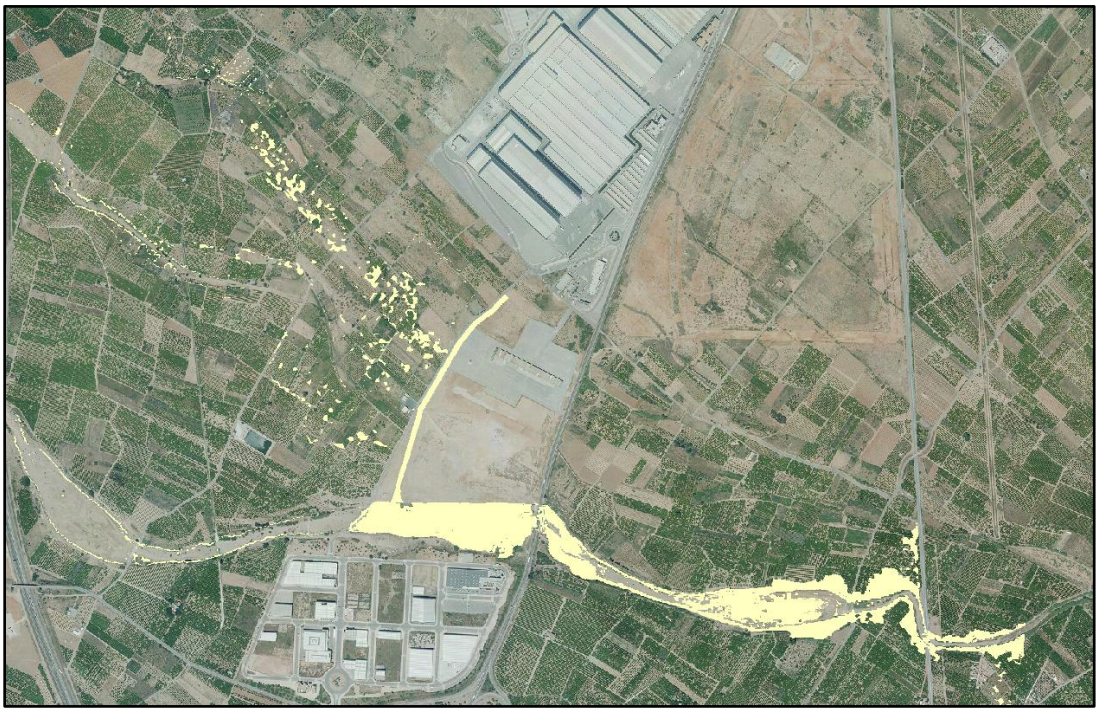


Figura 72. Afección a terceros. Período de retorno de 25 años.

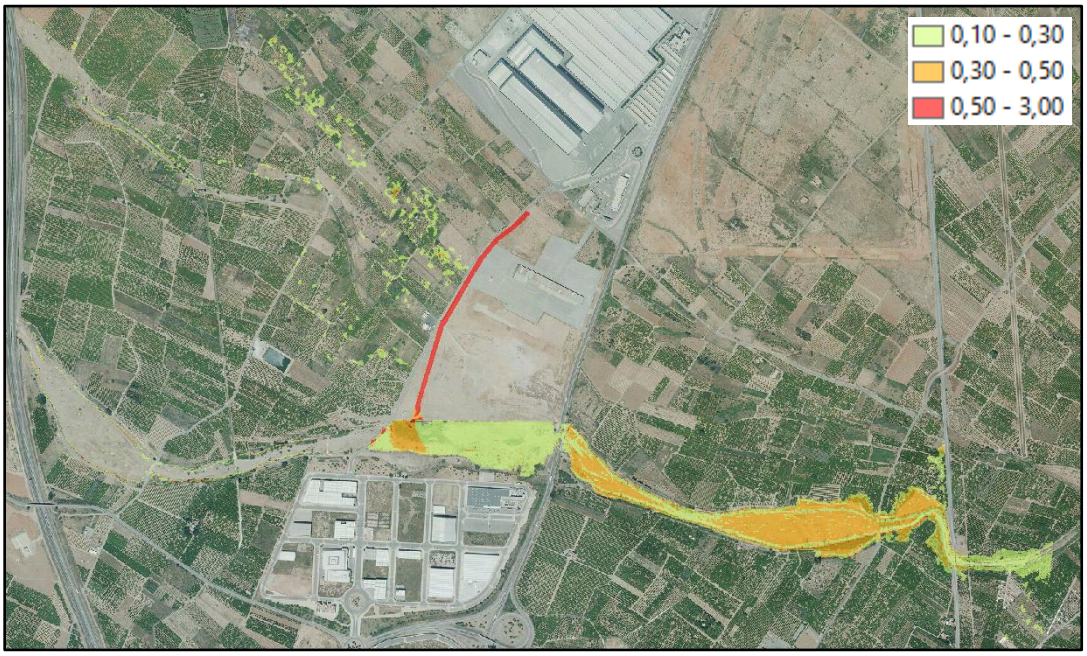


Figura 73. Afección a terceros. Aumento del calado (metros). Período de retorno de 25 años.

Como se puede observar en las figuras anteriores, para 25 años de período de retorno la afección a terceros se produce mayoritariamente en el interior del cauce del río Seco y en el canal de captación de las aguas de los barrancos (puesto que los calados en el canal en el escenario futuro son muy superiores a los del escenario actual, debido a la profundidad del

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

canal). Aguas arriba del sector de estudio, la afección a terceros es muy puntual, por lo que se podría considerar despreciable; aguas abajo del sector, únicamente se produce afección a terceros de forma muy localizada en las márgenes del río Seco a una distancia máxima de 50 m y los valores de aumento del calado son de 0,4 m o inferiores.

En cuanto al período de retorno de 100 años, la afección a terceros es casi idéntica a la que se produce con el período de retorno de 25 años. La principal diferencia es que aumenta ligeramente la extensión de afección a suelo rural aguas arriba de la vía del ferrocarril, pero, sin embargo, los incrementos de calado son menores en dicho entorno.

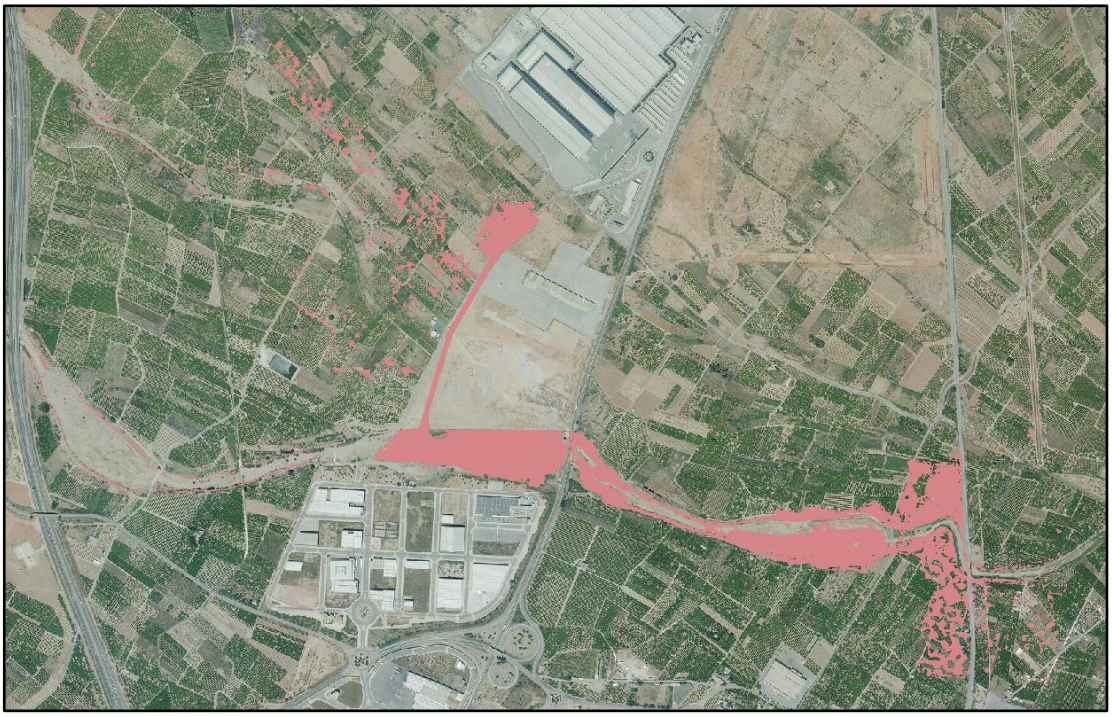


Figura 74. Afección a terceros. Período de retorno de 100 años.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

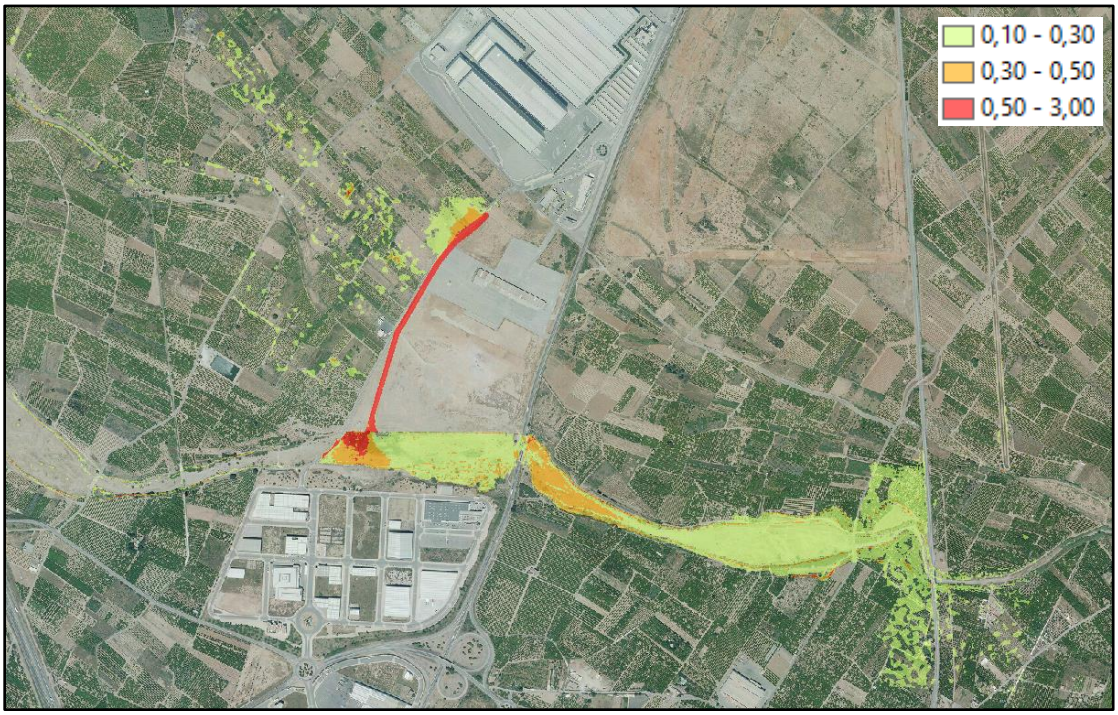


Figura 75. Afección a terceros. Aumento del calado (metros). Período de retorno de 100 años.

La afección a terceros correspondiente a un período de retorno de 500 años muestra que se produce afección a las parcelas rurales situadas aguas arriba del canal de intercepción de aguas proyectado, sin embargo, las parcelas rurales situadas aguas arriba de la infraestructura ferroviaria no presentan afección alguna.

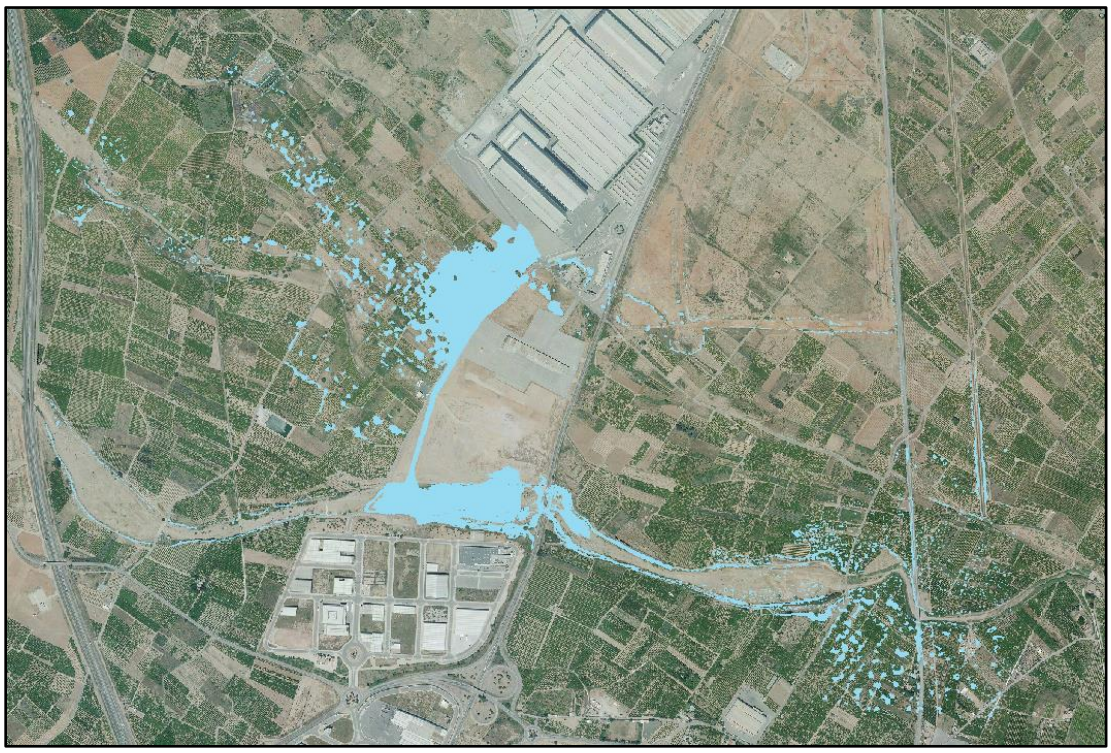


Figura 76. Afección a terceros. Período de retorno de 500 años.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

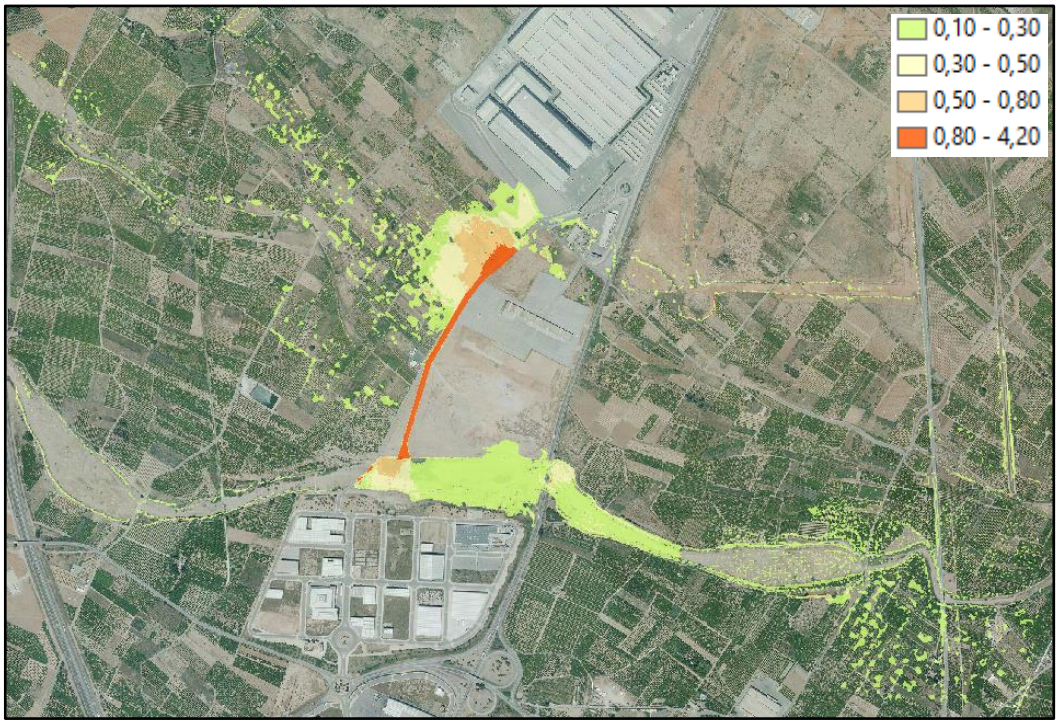


Figura 77. Afección a terceros aguas arriba del sector UHI-8. Aumento del calado (metros). Período de retorno de 500 años.

La afección a terceros para 500 años de período de retorno en las zonas situadas aguas arriba del sector se corresponden con un área de 180 m de largo por 250 m de ancho que queda comprendida casi en su totalidad en la Zona de Flujo Preferente, y además una parte importante de la misma quedaría comprendida en la zona de Dominio Público Hidráulico si se realizara el deslinde.



Figura 78. Zona de flujo preferente y afección a terceros de 500 años de período de retorno.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

9.4. AFECCIÓN A LA ZONA DE FLUJO PREFERENTE

La definición de Zona de Flujo Preferente (ZFP) está recogida en el Artículo 9 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RDPH), donde se especifica que la ZFP está constituida por la unión de la vía de intenso desagüe (VID) y la zona donde se puedan producir graves daños sobre las personas y los bienes, quedando delimitada la ZFP por el límite exterior mediante la envolvente de ambas zonas.

La zona de graves daños se ha delimitado según lo establecido en el artículo 9 del RDPH. Por su parte, la VID queda definida en el mismo artículo como se indica a continuación: se entiende por vía de intenso desagüe la zona por la que pasaría la avenida de 100 años de periodo de retorno sin producir una sobreelevación mayor que 0,3 m, respecto a la cota de la lámina de agua que se produciría con esa misma avenida considerando toda la llanura de inundación existente. La sobreelevación anterior podrá, a criterio del organismo de cuenca, reducirse hasta 0,1 m cuando el incremento de la inundación pueda producir graves perjuicios o aumentarse hasta 0,5 m en zonas rurales o cuando el incremento de la inundación produzca daños reducidos. En el presente estudio, se ha considerado una sobreelevación de 0,5 m al tratarse de campos de cultivos.

El cálculo de la ZFP en el escenario actual muestra que el sector UHI-8 de Villarreal se encuentra afectado por la ZFP correspondiente a los barrancos Ràtils y Esbarzers. Por lo tanto, para llevar a cabo el desarrollo urbanístico del sector es preciso proyectar una medida protectora frente a las inundaciones captando las aguas de dichos barrancos aguas arriba del sector y conduciéndolas al río Seco.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

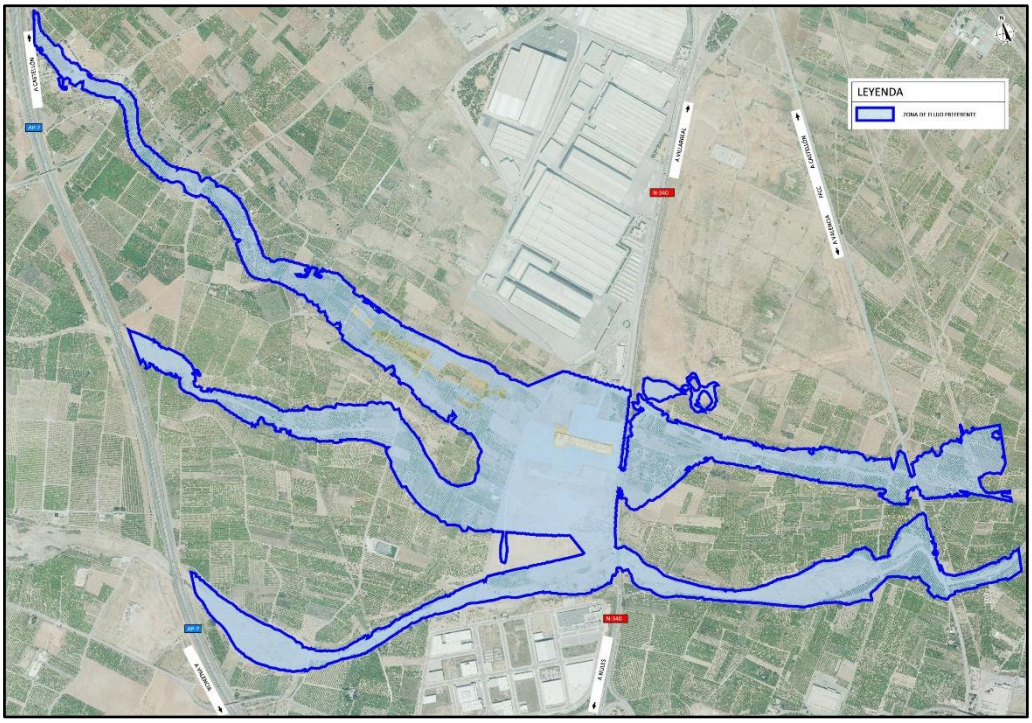


Figura 79. Zona de flujo preferente. Escenario actual.

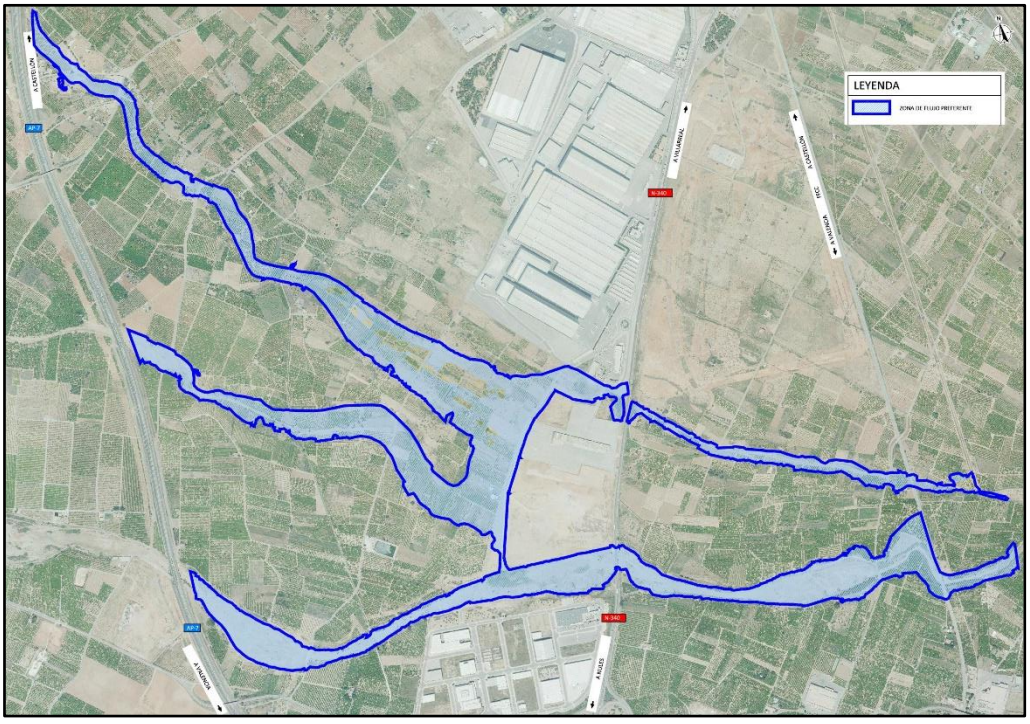


Figura 80. Zona de flujo preferente. Escenario futuro.

En el escenario futuro, la ejecución del canal de intercepción de las aguas de los barrancos Ràtils y Esbarzers conlleva que la Zona de Flujo Preferente ya no afecte al sector UHI-8 sino que se vea interrumpida por el canal proyectado. La principal diferencia entre la ZFP actual y proyectada se encuentra en el propio sector UHI-8 y aguas abajo del mismo, pues en el escenario futuro la extensión de la ZFP se ve reducida considerablemente.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

La ZFP y sus cálculos previos (Vía de Intenso Desagüe y Zona de Graves Daños) se muestran con detalle en el plano 1 anexo al presente estudio de inundabilidad.

En definitiva, la medida de protección propuesta (ver planos 4 y 5) frente a las inundaciones en el sector UHI-8 elimina la afección de ZFP en una superficie considerable aguas abajo del sector (área donde anteriormente transcurría el flujo procedente de los barrancos) sin aumentar significativamente dicha ZFP en la zona de aguas arriba del sector; además modifica de forma mínima la Zona de Flujo Preferente actual en los márgenes del río Seco sin llegar a afectar a las obras de paso transversales existentes.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

10. CONCLUSIONES

En el presente estudio de inundabilidad del plan de reforma interior del sector UHI-8 de Villarreal se ha realizado un análisis geomorfológico, de inundaciones históricas, hidrológico e hidráulico de los cauces cuya escorrentía afectan a la zona de estudio: río Seco, el barranco de Ràtils y el barranco Esbarzers. El propósito es evaluar la inundabilidad en el sector que se pretende desarrollar urbanísticamente y proponer las medidas protectoras frente a inundaciones que fuesen necesarias.

Los escenarios de cálculo considerados se han seleccionado según lo expuesto en las normativas de aplicación (Reglamento del Dominio Público Hidráulico y PATRICOVA) y los períodos de retorno de estudio son 25, 100 y 500 años. Las máximas precipitaciones diarias calculadas para dichos períodos de retorno son:

	Período de retorno		
	25	**100**	**500**
C_v	0,52	0,52	0,52
K_T	2,098	2,861	3,860
P_{media} (mm)	77	77	77
P_d (mm)	**161,55**	**220,30**	**297,22**

Los resultados obtenidos en el estudio hidrológico son los hidrogramas de avenida para los diferentes cauces en el punto de desagüe, es decir, en el sector objeto de estudio. En la siguiente tabla se muestran los caudales punta para cada cauce aunque cabe destacar que los tiempos al pico difieren entre los mismos, siendo de 10.500 segundos en el barranco Esbarzers, 42.600 segundos en el barranco Ràtils y 47.100 segundos en el barranco del río Seco.

Q (m^3/s) punta			
	T = 25 años	**T = 100 años**	**T = 500 años**
Río Veo/Sonella/Seco	181.4	257.8	500.4
Barranco Ràtils	97.1	119.2	211.1
Barranco Esbarzers	31.84	42	71.1
Suma	310.34	419	782.6

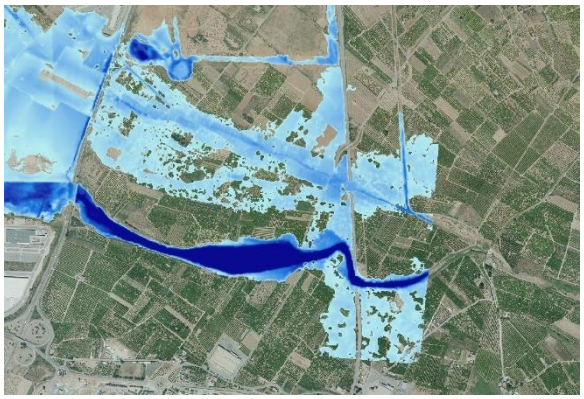
En lo referente a la hidráulica, la parcela de estudio intercepta los cauces de los barrancos Ràtils y Esbarzers y es limítrofe con el río Seco en su flanco sur. Ambos barrancos discurren por cauces con geomorfología de barranco claramente definida a su paso bajo la autopista AP-7, sin embargo, conforme se aproximan a la parcela del sector UHI-8 se desvanecen y en consecuencia el flujo avanza de forma difusa por las parcelas de cultivos. Por su parte, el cauce del río Seco presenta una sección amplia y el flujo es unidireccional.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

Los cálculos hidráulicos se han realizado mediante modelizaciones de flujo bidimensional en lámina libre y aguas poco profundas mediante el programa IBER para los períodos de retorno de estudio y para el escenario actual y el escenario de situación futura. Este segundo escenario contempla las medidas protectoras planteadas frente a inundaciones que consisten en la ejecución de un canal de captación de aguas pluviales con un murete de hormigón en uno de sus laterales. Este canal se proyecta en el interior del sector UHI-8 y tiene las dimensiones necesarias para captar los caudales procedentes de los barrancos Ràtils y Esbarzers y evacuarlos al cauce del río Seco.

De los resultados hidráulicos obtenidos, los mapas de máximos calados y velocidades para cada período de retorno considerado (25, 100 y 500 años) en los escenarios actual y proyectado han permitido evaluar el régimen hidráulico en el sector UHI-8, las afecciones a terceros, la incidencia en el régimen de corrientes, el cálculo de la Zona de Flujo Preferente y de los distintos niveles de peligrosidad de PATRICOVA.

Del análisis de los resultados se concluye que con la actuación propuesta frente a las inundaciones el sector de estudio deja de ser inundable, se reducen las afecciones por inundación aguas abajo y se traslada el actual punto de confluencia de los barrancos con el río Seco 2.400 m aproximadamente hacia aguas arriba. Además, se comprueba que no se compromete la capacidad hidráulica de las actuales obras de drenaje transversal bajo las infraestructuras existentes ni se incrementan de forma significativa los problemas de inundabilidad producidos por la falta de capacidad de la infraestructura del ferrocarril y el estrechamiento de la sección del cauce del río Seco en la zona de la bota.



Máximos calados T = 100 años. Actual



Máximos calados T = 100 años. Futuro

En consecuencia, puede concluirse que la medida de protección frente a las inundaciones proyectada en el sector UHI-8 no tiene una incidencia significativa en el régimen de corrientes.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

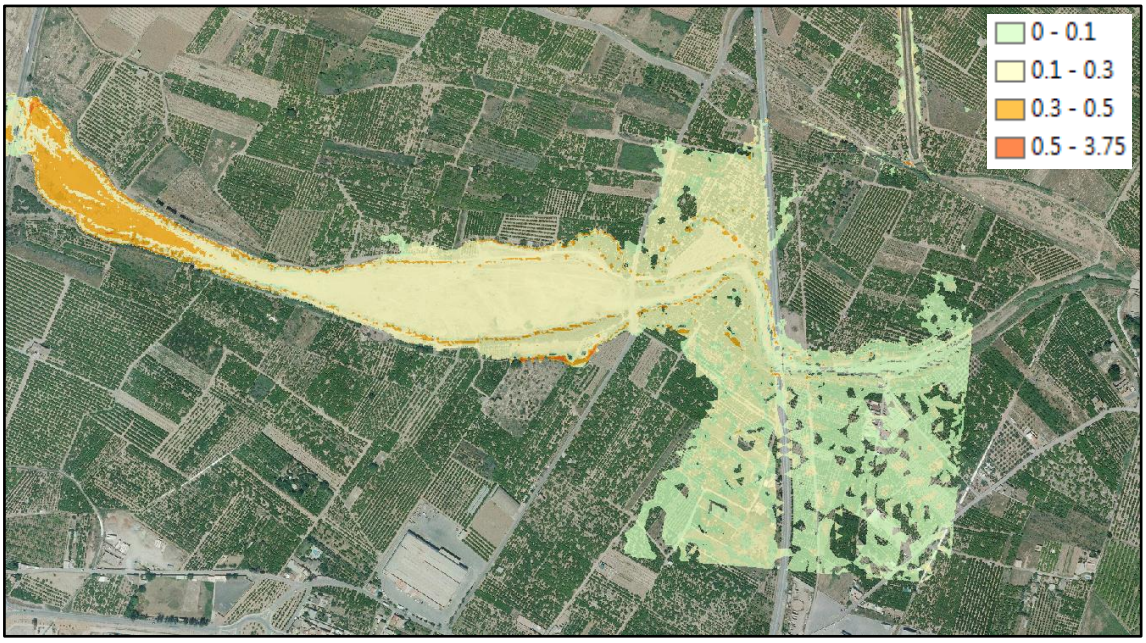


Figura 81. Diferencia de calados (m) entre escenario actual y futuro para T = 100 años

El estudio de afección a terceros por la implantación de la medida protectora frente a inundaciones se requiere tanto en el Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RDPH) como en la normativa de PATRICOVA. En consecuencia, se estudia la afección a terceros para los períodos de retorno de 25, 100 y 500 años según el criterio establecido en la normativa del PATRICOVA de incremento significativo de la peligrosidad de inundación (dependiente del calado y de la velocidad).

De los resultados obtenidos puede concluirse que para 25 años de períodos de retorno no se produce un incremento significativo de la peligrosidad de inundación. Para 100 años de período de retorno el resultado muestra que aumenta la zona de inundación en el entorno de la bota del río Seco con incrementos muy leves de las diferencias de calados en parcelas de suelo rural, por lo tanto se considera que no existe un incremento significativo de la peligrosidad de inundación. Y para el período de retorno de 500 años se produce una pequeña afección a las parcelas rurales situadas aguas arriba del canal de intercepción de aguas proyectado, sin embargo, las parcelas rurales situadas aguas arriba de la infraestructura ferroviaria no presentan ninguna afección.

La afección a terceros para 500 años de período de retorno en las zonas situadas aguas arriba del sector se corresponden a un área de 180 m de largo por 250 m de ancho que queda comprendida casi en su totalidad en la Zona de Flujo Preferente, y además una parte importante de la misma quedaría comprendida en la zona de Dominio Público Hidráulico si se realizara el deslinde. Por tanto, se concluye que se produce un incremento de la peligrosidad de inundación

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

leve en determinadas parcelas rurales situadas en Zona de Flujo Preferente y sobre las que posteriormente se construirá la circunvalación de Villarreal. Por este motivo, se considera que no existe un incremento significativo de la peligrosidad de inundación.

Finalmente, la medida de protección propuesta frente a las inundaciones en el sector UHI-8 elimina la afección de ZFP en una superficie considerable aguas abajo del sector (área donde anteriormente transcurría el flujo procedente de los barrancos) sin aumentar dicha ZFP en la zona de aguas arriba del sector; además modifica de forma mínima la Zona de Flujo Preferente actual en los márgenes del río Seco sin llegar a afectar a las obras de paso transversales existentes.

En conclusión, se considera que las medidas protectoras frente a las inundaciones proyectadas cumplen con lo dispuesto en las normativas de aplicación y además consigue que el sector UHI-8 quede exento de peligrosidad de inundación para un período de retorno igual o inferior a 500 años. De esta forma, desde el punto de vista de la inundabilidad se considera viable el desarrollo del plan de reforma interior del sector.

En Valencia, a agosto de 2019



Luis Fernández Martínez



Pablo Blanco Gómez

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

ANEXO I. PLANOS

PLANO 1. ZONA DE FLUJO PREFERENTE (ACTUAL Y PROYECTADA)

PLANO 2. NIVELES DE PELIGROSIDAD DE PATRICOVA. SITUACIÓN ACTUAL.

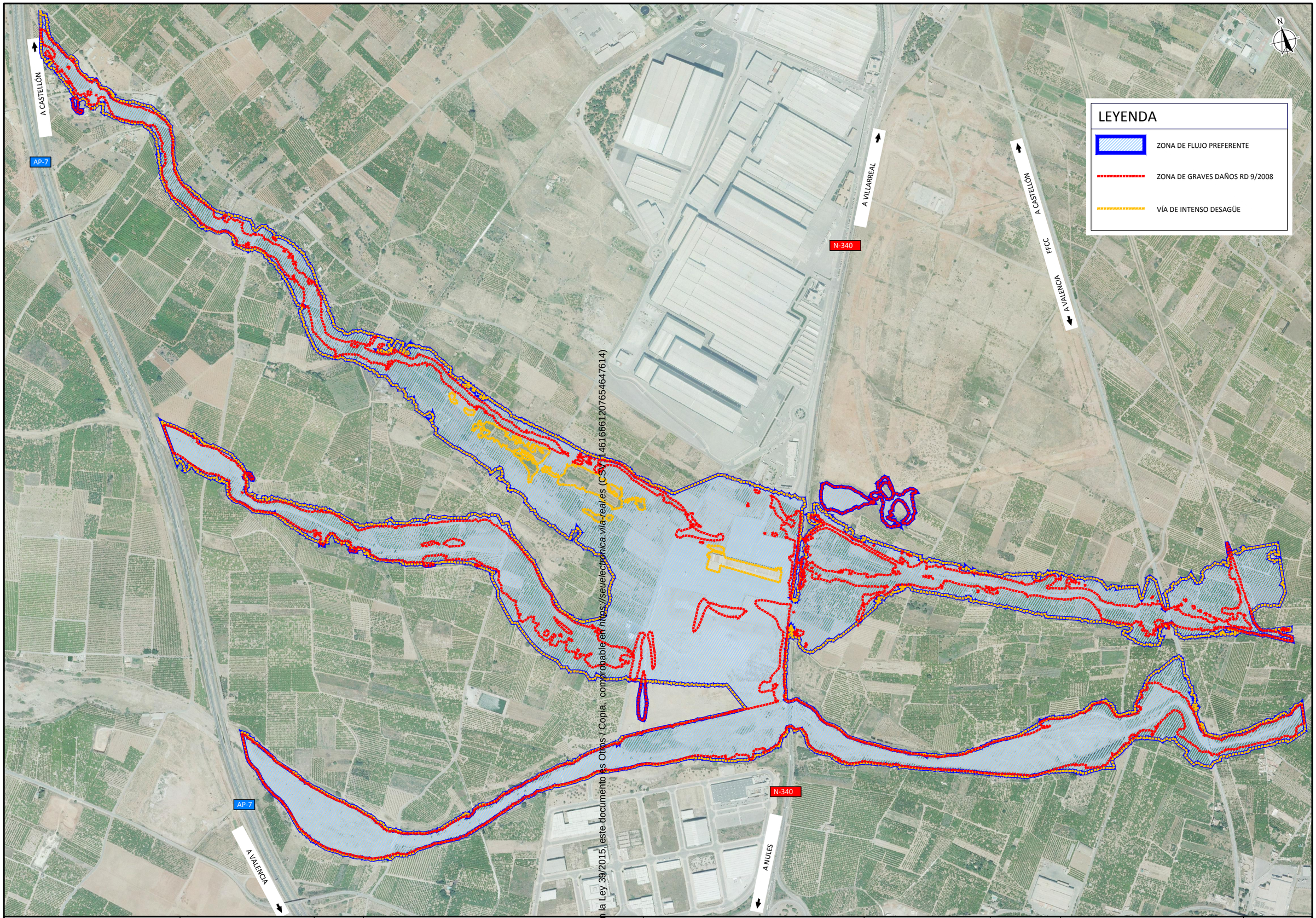
PLANO 3. NIVELES DE PELIGROSIDAD DE PATRICOVA. ESCENARIO PROYECTADO.

PLANO 4. MEDIDA PROTECTORA PROPUESTA FRENTE A INUNDACIONES.

PLANO 5. PLANTA DE ORDENACIÓN URBANÍSTICA.

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en *https://seuelectronica.vila-real.es* (CSV: 14616661207654647614)



Según la Ley 39/2015, este documento es Obra / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616612076546476l4)

GENERALITAT VALENCIANA

DIRECCIÓ GENERAL D'OBRES PÚBLIQUES, TRANSPORT I MOBILITAT

SUBDIRECCIÓ GENERAL DE MOBILITAT

SERVEI DE PROJECTES I OBRES

VIELCA INGENIEROS

AUTORES DEL PROYECTO:

PABLO BLANCO GÓMEZ

LUIS FERNÁNDEZ MARTÍNEZ

TÍTULO DEL PROYECTO:

ESTUDIO DE INUNDABILIDAD RELATIVO AL PLAN DE REFORMA INTERIOR DEL SECTOR UHI-8

ESCALA NUMÉRICA: 1/10.000

ESCALA GRÁFICA: 0 50 100 150m

ORIGINAL A3

CLAVE:

FECHA: SEPTIEMBRE 2019

TÍTULO DEL PLANO: ZONA DE FLUJO PREFERENTE SITUACIÓN ACTUAL

Nº DE PLANO: 1

HOJA: 1 de 2

A CASTELLÓN

AP-7

A VILLARREAL

N-340

A CASTELLÓN

FFCC

A VALENCIA

LEYENDA

- ZONA DE FLUJO PREFERENTE
- ZONA DE GRAVES DAÑOS RD 9/2008
- VÍA DE INTENSO DESAGÜE

N

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://sedeelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

AP-7

A VALENCIA

N-340

A NULES

GENERALITAT VALENCIANA

DIRECCIÓ GENERAL D'OBRES PÚBLIQUES, TRANSPORT I MOBILITAT

SUBDIRECCIÓ GENERAL DE MOBILITAT

SERVEI DE PROJECTES I OBRES

VIELCA INGENIEROS

AUTORES DEL PROYECTO:

PABLO BLANCO GÓMEZ

LUIS FERNÁNDEZ MARTÍNEZ

TÍTULO DEL PROYECTO:

ESTUDIO DE INUNDABILIDAD RELATIVO AL PLAN DE REFORMA INTERIOR DEL SECTOR UHI-8

ESCALA NUMÉRICA: 1/10.000

ESCALA GRÁFICA: 0 50 100 150m

ORIGINAL A3

CLAVE:

FECHA: SEPTIEMBRE 2019

TÍTULO DEL PLANO:

ZONA DE FLUJO PREFERENTE
ESCENARIO PROYECTADO

Nº DE PLANO: 1

HOJA: 2 de 2

Peligrosidad de Inundación

- Nivel 1: Frecuencia alta (25 años) y calado alto (>0.8 m)
- Nivel 2: Frecuencia media (100 años) y calado alto (>0.8 m)
- Nivel 3: Frecuencia alta (25 años) y calado bajo (<0.8 m)
- Nivel 4: Frecuencia media (100 años) y calado bajo (<0.8 m)
- Nivel 5: Frecuencia baja (500 años) y calado alto (>0.8 m)
- Nivel 6: Frecuencia baja (500 años) y calado bajo (<0.8 m)

A CASTELLÓN
AP-7
A VILLARREAL
N-340
A CASTELLÓN
FFCC
A VALENCIA
AP-7
A VALENCIA
N-340
A NULES

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

GENERALITAT VALENCIANA

DIRECCIÓ GENERAL D'OBRES PÚBLIQUES, TRANSPORT I MOBILITAT

SUBDIRECCIÓ GENERAL DE MOBILITAT

SERVEI DE PROJECTES I OBRES

VIELCA INGENIEROS

AUTORES DEL PROYECTO:
PABLO BLANCO GÓMEZ
LUIS FERNÁNDEZ MARTÍNEZ

TÍTULO DEL PROYECTO:
ESTUDIO DE INUNDABILIDAD RELATIVO AL PLAN DE REFORMA INTERIOR DEL SECTOR UHI-8

ESCALA NUMÉRICA: 1/10.000

ESCALA GRÁFICA: 0 50 100 150m

ORIGINAL A3

CLAVE:

FECHA: SEPTIEMBRE 2019

TÍTULO DEL PLANO:
NIVELES DE PELIGROSIDAD DE PATRICOVA
SITUACIÓN ACTUAL

Nº DE PLANO: 2

HOJA: 1 de 3

Peligrosidad de Inundación

- Nivel 1: Frecuencia alta (25 años) y calado alto (>0.8 m)
- Nivel 2: Frecuencia media (100 años) y calado alto (>0.8 m)
- Nivel 3: Frecuencia alta (25 años) y calado bajo (<0.8 m)
- Nivel 4: Frecuencia media (100 años) y calado bajo (<0.8 m)
- Nivel 5: Frecuencia baja (500 años) y calado alto (>0.8 m)
- Nivel 6: Frecuencia baja (500 años) y calado bajo (<0.8 m)

A CASTELLÓN
AP-7
A VILLARREAL
N-340
A CASTELLÓN
FFCC
A VALENCIA
AP-7
A VALENCIA
N-340
A NULES

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

GENERALITAT VALENCIANA

DIRECCIÓ GENERAL D'OBRES PÚBLIQUES, TRANSPORT I MOBILITAT

SUBDIRECCIÓ GENERAL DE MOBILITAT

SERVEI DE PROJECTES I OBRES

VIELCA INGENIEROS

AUTORES DEL PROYECTO:
PABLO BLANCO GÓMEZ
LUIS FERNÁNDEZ MARTÍNEZ

TÍTULO DEL PROYECTO:
ESTUDIO DE INUNDABILIDAD RELATIVO AL PLAN DE REFORMA INTERIOR DEL SECTOR UHI-8

ESCALA NUMÉRICA: 1/10.000
ESCALA GRÁFICA: 0 50 100 150m
ORIGINAL A3

CLAVE:

FECHA: SEPTIEMBRE 2019

TÍTULO DEL PLANO:
NIVELES DE PELIGROSIDAD DE PATRICOVA
SITUACIÓN ACTUAL

Nº DE PLANO: 2

HOJA: 2 de 3

Peligrosidad de Inundación

- Nivel 1: Frecuencia alta (25 años) y calado alto (>0.8 m)
- Nivel 2: Frecuencia media (100 años) y calado alto (>0.8 m)
- Nivel 3: Frecuencia alta (25 años) y calado bajo (<0.8 m)
- Nivel 4: Frecuencia media (100 años) y calado bajo (<0.8 m)
- Nivel 5: Frecuencia baja (500 años) y calado alto (>0.8 m)
- Nivel 6: Frecuencia baja (500 años) y calado bajo (<0.8 m)

A CASTELLÓN
AP-7
A VILLARREAL
N-340
A CASTELLÓN
FFCC
A VALENCIA
AP-7
A VALENCIA
N-340
A NULES

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

GENERALITAT VALENCIANA

DIRECCIÓ GENERAL D'OBRES PÚBLIQUES, TRANSPORT I MOBILITAT

SUBDIRECCIÓ GENERAL DE MOBILITAT

SERVEI DE PROJECTES I OBRES

VIELCA INGENIEROS

AUTORES DEL PROYECTO:
PABLO BLANCO GÓMEZ
LUIS FERNÁNDEZ MARTÍNEZ

TÍTULO DEL PROYECTO:
ESTUDIO DE INUNDABILIDAD RELATIVO AL PLAN DE REFORMA INTERIOR DEL SECTOR UHI-8

ESCALA NUMÉRICA: 1/10.000

ESCALA GRÁFICA: 0 50 100 150m

ORIGINAL A3

CLAVE:

FECHA: SEPTIEMBRE 2019

TÍTULO DEL PLANO:
NIVELES DE PELIGROSIDAD DE PATRICOVA
SITUACIÓN ACTUAL

Nº DE PLANO: 2

HOJA: 3 de 3

Peligrosidad de Inundación

- Nivel 1: Frecuencia alta (25 años) y calado alto (>0.8 m)
- Nivel 2: Frecuencia media (100 años) y calado alto (>0.8 m)
- Nivel 3: Frecuencia alta (25 años) y calado bajo (<0.8 m)
- Nivel 4: Frecuencia media (100 años) y calado bajo (<0.8 m)
- Nivel 5: Frecuencia baja (500 años) y calado alto (>0.8 m)
- Nivel 6: Frecuencia baja (500 años) y calado bajo (<0.8 m)

A CASTELLÓN
AP-7
A VILLARREAL
N-340
A CASTELLÓN
FFCC
A VALENCIA
AP-7
A VALENCIA
N-340
A NULES

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

GENERALITAT VALENCIANA

DIRECCIÓ GENERAL D'OBRES PÚBLIQUES, TRANSPORT I MOBILITAT

SUBDIRECCIÓ GENERAL DE MOBILITAT

SERVEI DE PROJECTES I OBRES

VIELCA INGENIEROS

AUTORES DEL PROYECTO:
PABLO BLANCO GÓMEZ
LUIS FERNÁNDEZ MARTÍNEZ

TÍTULO DEL PROYECTO:
ESTUDIO DE INUNDABILIDAD RELATIVO AL PLAN DE REFORMA INTERIOR DEL SECTOR UHI-8

ESCALA NUMÉRICA: 1/10.000

ESCALA GRÁFICA: 0 50 100 150m

ORIGINAL A3

CLAVE:

FECHA: SEPTIEMBRE 2019

TÍTULO DEL PLANO:
NIVELES DE PELIGROSIDAD DE PATRICOVA
ESCENARIO PROYECTADO

Nº DE PLANO: 3

HOJA: 1 de 3

Peligrosidad de Inundación

- Nivel 1: Frecuencia alta (25 años) y calado alto (>0.8 m)
- Nivel 2: Frecuencia media (100 años) y calado alto (>0.8 m)
- Nivel 3: Frecuencia alta (25 años) y calado bajo (<0.8 m)
- Nivel 4: Frecuencia media (100 años) y calado bajo (<0.8 m)
- Nivel 5: Frecuencia baja (500 años) y calado alto (>0.8 m)
- Nivel 6: Frecuencia baja (500 años) y calado bajo (<0.8 m)

A CASTELLÓN
AP-7
A VILLARREAL
N-340
A CASTELLÓN
FFCC
A VALENCIA
AP-7
A VALENCIA
N-340
A NULES

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

GENERALITAT VALENCIANA

DIRECCIÓ GENERAL D'OBRES PÚBLIQUES, TRANSPORT I MOBILITAT

SUBDIRECCIÓ GENERAL DE MOBILITAT

SERVEI DE PROJECTES I OBRES

VIELCA INGENIEROS

AUTORES DEL PROYECTO:
PABLO BLANCO GÓMEZ
LUIS FERNÁNDEZ MARTÍNEZ

TÍTULO DEL PROYECTO:
ESTUDIO DE INUNDABILIDAD RELATIVO AL PLAN DE REFORMA INTERIOR DEL SECTOR UHI-8

ESCALA NUMÉRICA: 1/10.000
ESCALA GRÁFICA: 0 50 100 150m
ORIGINAL A3

CLAVE:

FECHA: SEPTIEMBRE 2019

TÍTULO DEL PLANO:
NIVELES DE PELIGROSIDAD DE PATRICOVA
ESCENARIO PROYECTADO

Nº DE PLANO: 3

HOJA: 2 de 3

Peligrosidad de Inundación

- Nivel 1: Frecuencia alta (25 años) y calado alto (>0.8 m)
- Nivel 2: Frecuencia media (100 años) y calado alto (>0.8 m)
- Nivel 3: Frecuencia alta (25 años) y calado bajo (<0.8 m)
- Nivel 4: Frecuencia media (100 años) y calado bajo (<0.8 m)
- Nivel 5: Frecuencia baja (500 años) y calado alto (>0.8 m)
- Nivel 6: Frecuencia baja (500 años) y calado bajo (<0.8 m)

A CASTELLÓN
AP-7
A VILLARREAL
N-340
A CASTELLÓN
FFCC
A VALENCIA
AP-7
A VALENCIA
N-340
A NULES

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

GENERALITAT VALENCIANA

DIRECCIÓ GENERAL D'OBRES PÚBLIQUES, TRANSPORT I MOBILITAT

SUBDIRECCIÓ GENERAL DE MOBILITAT

SERVEI DE PROJECTES I OBRES

VIELCA INGENIEROS

AUTORES DEL PROYECTO:
PABLO BLANCO GÓMEZ
LUIS FERNÁNDEZ MARTÍNEZ

TÍTULO DEL PROYECTO:
ESTUDIO DE INUNDABILIDAD RELATIVO AL PLAN DE REFORMA INTERIOR DEL SECTOR UHI-8

ESCALA NUMÉRICA: 1/10.000
ESCALA GRÁFICA: 0 50 100 150m
ORIGINAL A3

CLAVE:

FECHA: SEPTIEMBRE 2019

TÍTULO DEL PLANO:
NIVELES DE PELIGROSIDAD DE PATRICOVA
ESCENARIO PROYECTADO

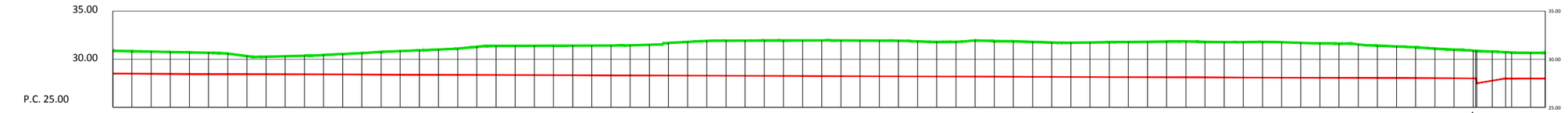
Nº DE PLANO: 3

HOJA: 3 de 3

LEYENDA

- LÍNEA TERRENO NATURAL
- CANAL PROYECTADO

Cotas en metros



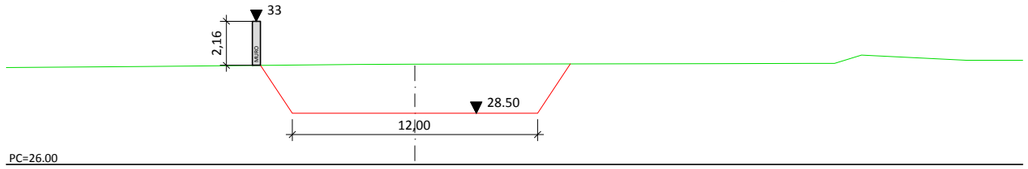
Pendientes

Pendiente (P)=-0.069%, Distancia del tramo(D)=711.253. D=20.623.

| | | |

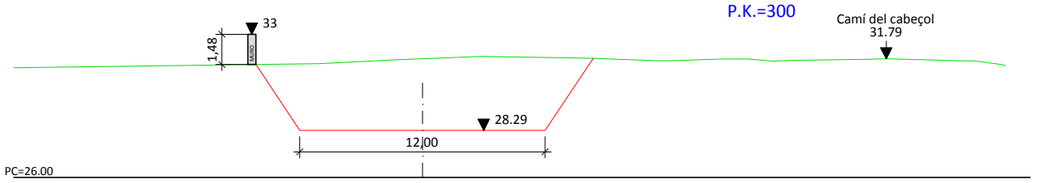
Zt=30.896 Zr=28.500
St=0.000 Sd=32.476

P.K.=0



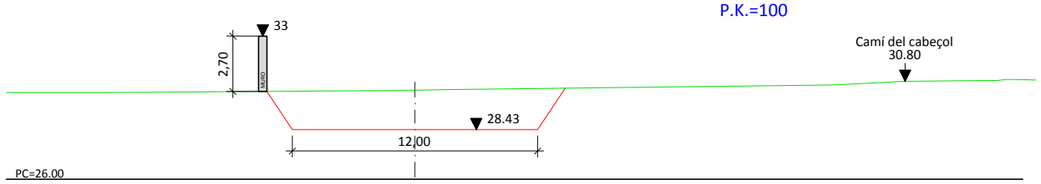
Zt=31.800 Zr=28.293
St=0.000 Sd=49.423

P.K.=300



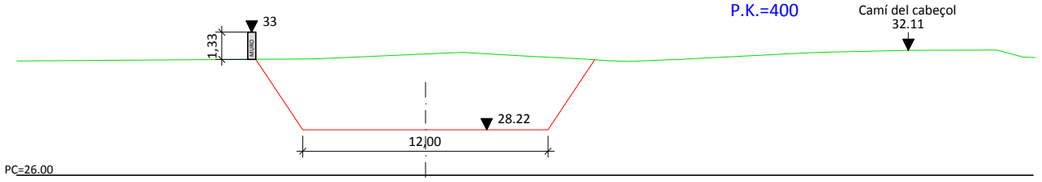
Zt=30.355 Zr=28.431
St=0.000 Sd=25.709

P.K.=100



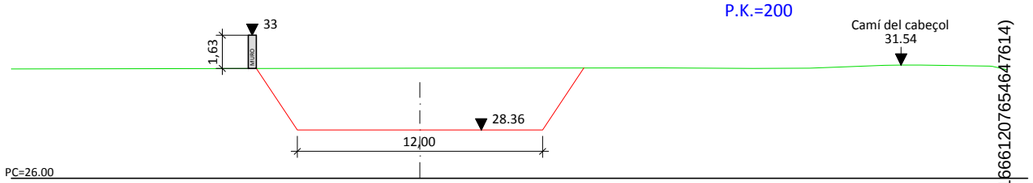
Zt=31.934 Zr=28.224
St=0.000 Sd=51.691

P.K.=400



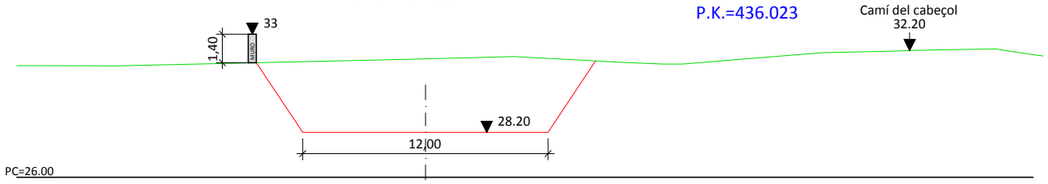
Zt=31.382 Zr=28.362
St=0.000 Sd=42.321

P.K.=200



Zt=31.795 Zr=28.199
St=0.000 Sd=51.197

P.K.=436.023



Según la Ley 39/2015, este documento es Otros, Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

Cotas en metros

LEYENDA

- LÍNEA TERRENO NATURAL
- CANAL PROYECTADO

LEYENDA

Zt	Cota terreno
Zr	Cota rasante canal
St	Superficie terraplén
Sd	Superficie desmonte

PERFILES TRANSVERSALES
ESCALA 1/300

PLANTA
ESCALA 1/2.500

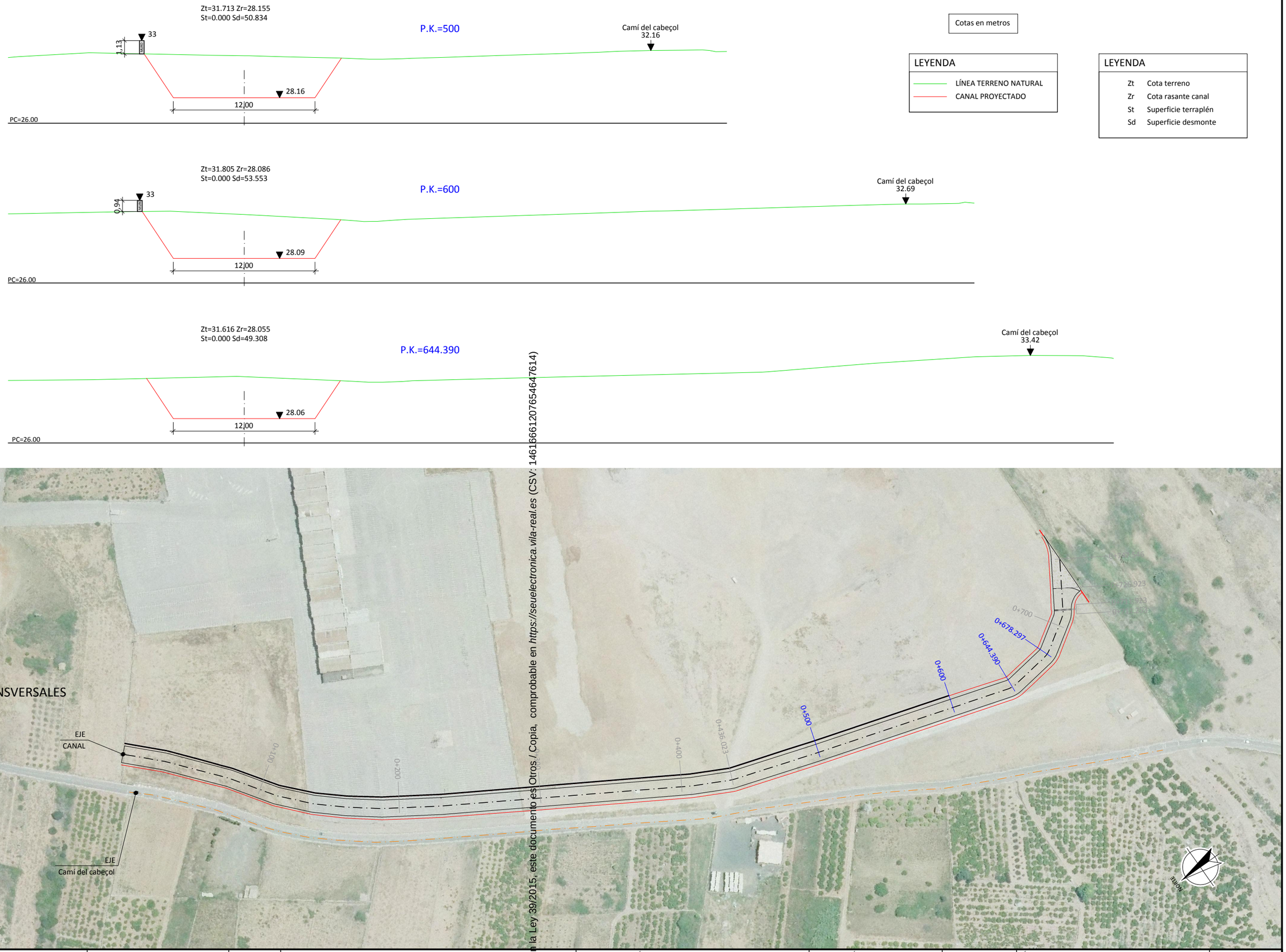
EJE
CANAL

EJE
Camí del cabeçol

0+100
0+200
0+436.023
0+400
0+500
0+600
0+644.390
0+678.297
0+700

NORTE

GENERALITAT VALENCIANA	DIRECCIÓ GENERAL D'OBRES PÚBLIQUES, TRANSPORT I MOBILITAT SUBDIRECCIÓ GENERAL DE MOBILITAT	SERVEI DE PROJECTES I OBRES	VIELCA INGENIEROS AUTORES DEL PROYECTO: PABLO BLANCO GÓMEZ LUIS FERNÁNDEZ MARTÍNEZ	TÍTULO DEL PROYECTO: ESTUDIO DE INUNDABILIDAD RELATIVO AL PLAN DE REFORMA INTERIOR DEL SECTOR UHI-8	ESCALA NUMÉRICA: INDICADA ORIGINAL A3	CLAVE: FECHA: SEPTIEMBRE 2019	TÍTULO DEL PLANO: MEDIDA PROTECTORA PROPUESTA FRENTE A INUNDACIONES PLANTA, PERFILES Y DETALLES DEL CANAL	Nº DE PLANO: 4 HOJA: 2 de 5

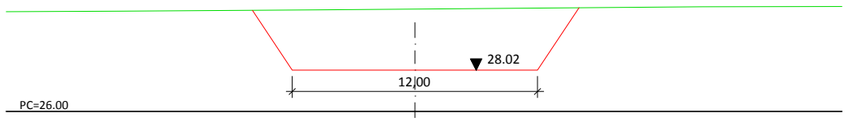


Según la Ley 39/2015, este documento es Otros. / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

GENERALITAT VALENCIANA	DIRECCIÓ GENERAL D'OBRES PÚBLIQUES, TRANSPORT I MOBILITAT SUBDIRECCIÓ GENERAL DE MOBILITAT	SERVEI DE PROJECTES I OBRES	VIELCA INGENIEROS AUTORES DEL PROYECTO: PABLO BLANCO GÓMEZ — LUIS FERNÁNDEZ MARTÍNEZ	TÍTULO DEL PROYECTO: ESTUDIO DE INUNDABILIDAD RELATIVO AL PLAN DE REFORMA INTERIOR DEL SECTOR UHI-8	ESCALA NUMÉRICA: INDICADA ORIGINAL A3	CLAVE: FECHA: SEPTIEMBRE 2019	TÍTULO DEL PLANO: MEDIDA PROTECTORA PROPUESTA FRENTE A INUNDACIONES PLANTA, PERFILES Y DETALLES DEL CANAL	Nº DE PLANO: 4 HOJA: 3 de 5

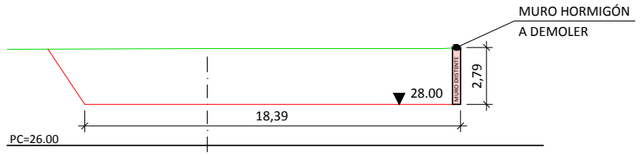
Zt=30.999 Zr=28.017
St=0.000 Sd=41.717

P.K.=700



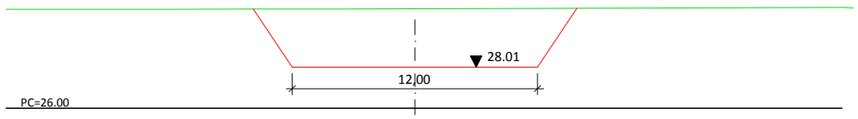
Zt=30.729 Zr=28.000
St=0.000 Sd=55.532

P.K.=726.923



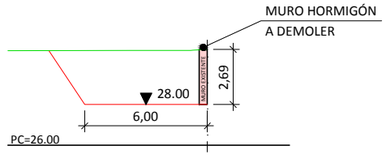
Zt=30.869 Zr=28.009
St=0.000 Sd=39.807

P.K.=711.253



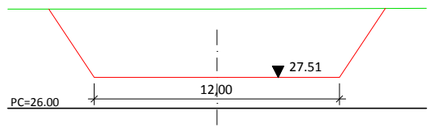
Zt=30.702 Zr=28.000
St=0.000 Sd=21.090

P.K.=747.546



Zt=30.859 Zr=27.509
St=0.000 Sd=47.746

P.K.=711.923



Cotas en metros

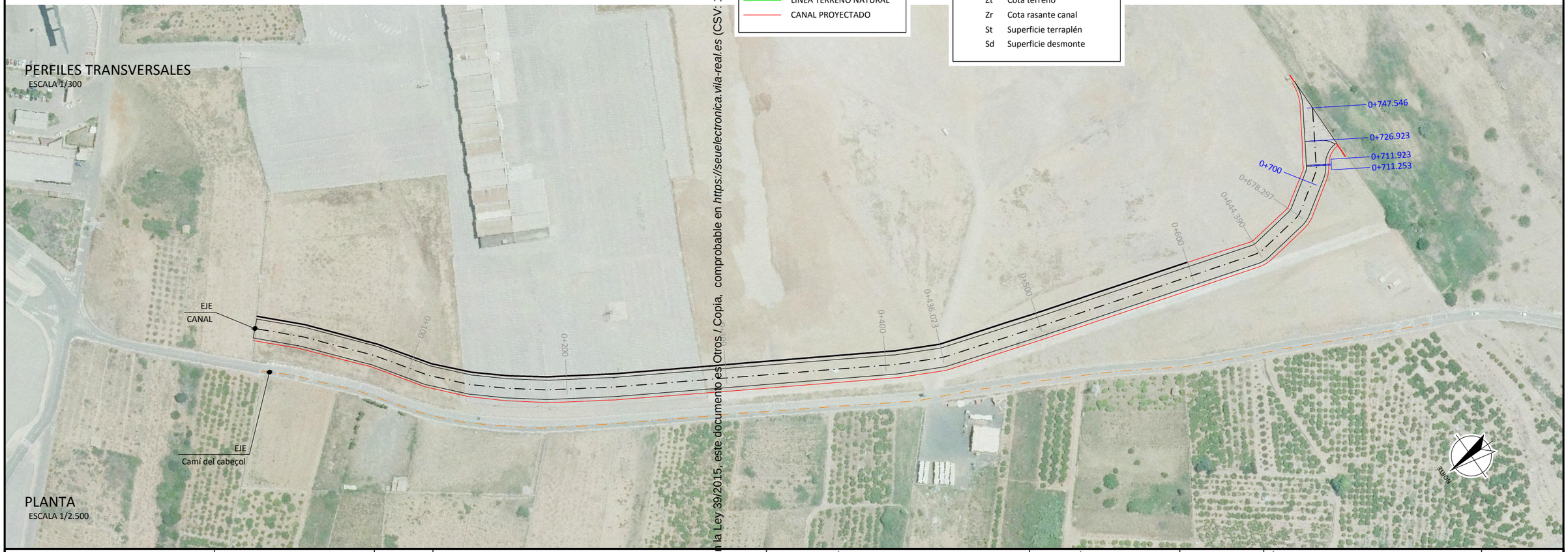
LEYENDA

- LÍNEA TERRENO NATURAL
- CANAL PROYECTADO

LEYENDA

Zt	Cota terreno
Zr	Cota rasante canal
St	Superficie terraplén
Sd	Superficie desmonte

PERFILES TRANSVERSALES
ESCALA 1/300



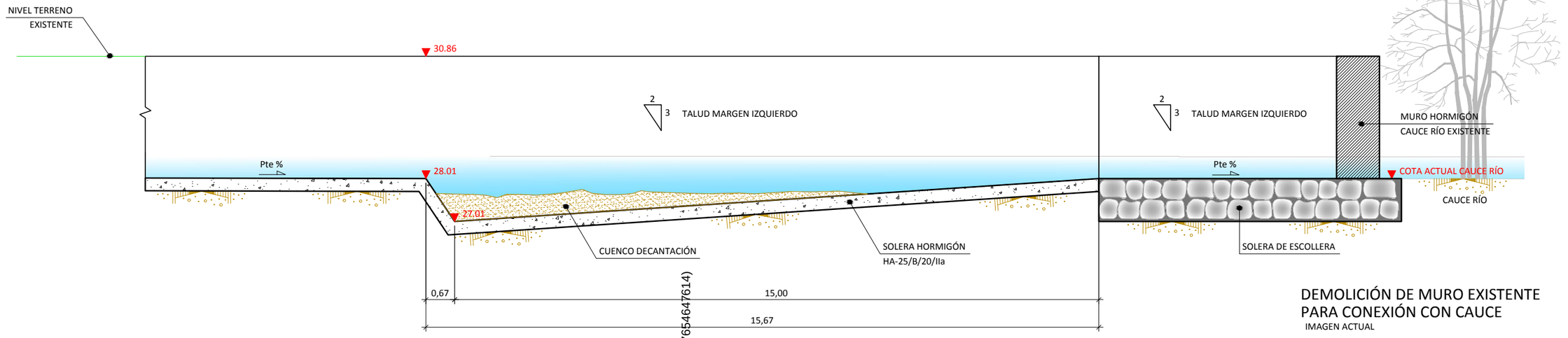
PLANTA
ESCALA 1/2.500

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros. / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

GENERALITAT VALENCIANA	DIRECCIÓ GENERAL D'OBRES PÚBLIQUES, TRANSPORT I MOBILITAT SUBDIRECCIÓ GENERAL DE MOBILITAT	SERVEI DE PROJECTES I OBRES	VIELCA INGENIEROS	AUTORES DEL PROYECTO: PABLO BLANCO GÓMEZ LUIS FERNÁNDEZ MARTÍNEZ	TÍTULO DEL PROYECTO: ESTUDIO DE INUNDABILIDAD RELATIVO AL PLAN DE REFORMA INTERIOR DEL SECTOR UHI-8	ESCALA NUMÉRICA: INDICADA ORIGINAL A3	CLAVE: FECHA: SEPTIEMBRE 2019	TÍTULO DEL PLANO: MEDIDA PROTECTORA PROPUESTA FRENTE A INUNDACIONES PLANTA, PERFILES Y DETALLES DEL CANAL	Nº DE PLANO: 4 HOJA: 4 de 5

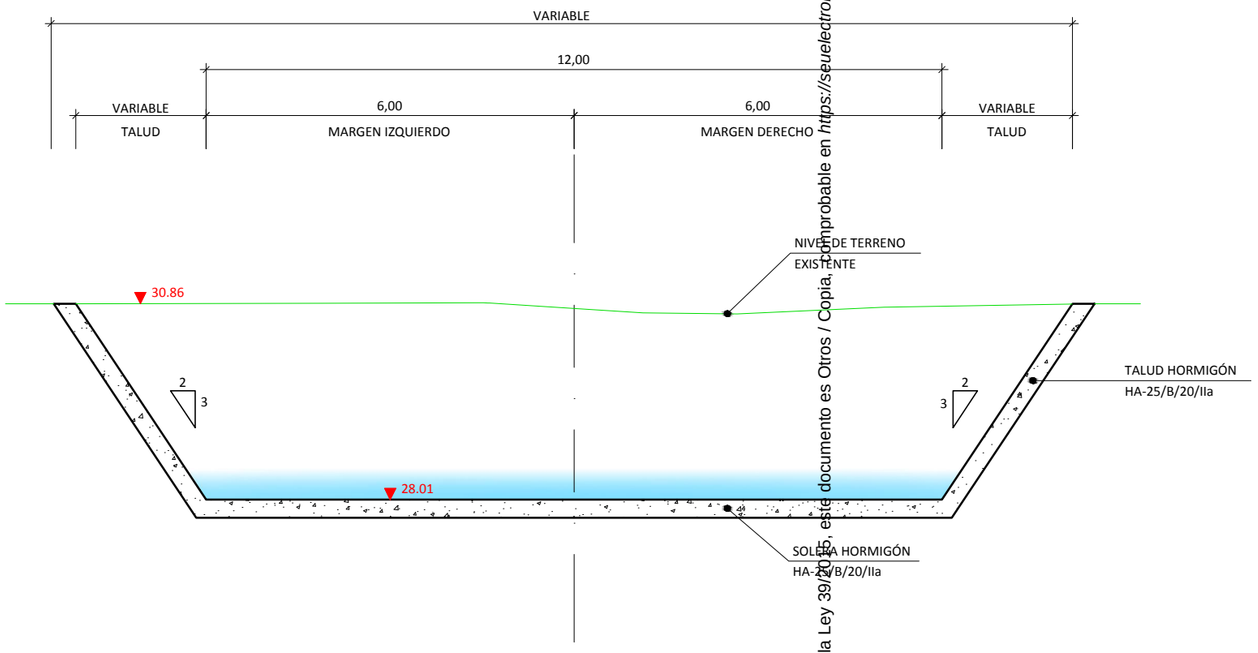
SECCIÓN LONGITUDINAL DESEMBOCADURA A CAUCE RÍO. (P.K.= 0+711.253)

ESCALA 1/100



SECCIÓN TRANSVERSAL TIPO. (P.K.=P.K.= 0+711.253)

ESCALA 1/100



DEMOLICIÓN DE MURO EXISTENTE PARA CONEXIÓN CON CAUCE

IMAGEN ACTUAL



DETALLE PLANTA DESEMBOCADURA PARA CONEXIÓN CON CAUCE

ESCALA 1/750

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://seuelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

GENERALITAT VALENCIANA

DIRECCIÓ GENERAL D'OBRES PÚBLIQUES, TRANSPORT I MOBILITAT

SUBDIRECCIÓ GENERAL DE MOBILITAT

SERVEI DE PROJECTES I OBRES

VIELCA INGENIEROS

AUTORES DEL PROYECTO:

PABLO BLANCO GÓMEZ

LUIS FERNÁNDEZ MARTÍNEZ

TÍTULO DEL PROYECTO:

ESTUDIO DE INUNDABILIDAD RELATIVO AL PLAN DE REFORMA INTERIOR DEL SECTOR UHI-8

ESCALA NUMÉRICA:

INDICADA

ORIGINAL A3

CLAVE:

FECHA:

SEPTIEMBRE 2019

TÍTULO DEL PLANO:

MEDIDA PROTECTORA PROPUESTA FRENTE A INUNDACIONES

PLANTA, PERFILES Y DETALLES DEL CANAL

Nº DE PLANO:

4

HOJA:

5 de 5

N

LEYENDA		
ZUR -IN 1	PARCELA EDIFICABLE	168.224,05m²
PQI 1	CANAL	10.407,07m²
SVJ 1	ZONA VERDE	14.687,81m²
SVA1-2-3	AREA JUEGO DE NIÑOS	8.775,15m²
SCV+SCA	VIALES	32.478,70m²
	TOTAL SECTOR	234.572,78m²

EDIFICABILIDAD : 168.224,05 - 3.649,98= 164.574,07 x 0.7 = 115.201,85m²

DELIMITACIÓN SECTOR

ZUR-IN 1
168.224,05m²

SUELO URBANO CONSOLIDADO
44.218,08m2

LÍMITE ZONA DE SERVIDUMBRE 5m.
LÍNEA ZONA DE POLICÍA 100m.
ZONA DE SERVIDUMBRE 8m.
ZONA DE DOMINIO PUBLICO 3m.
LIMITE ZONA DE DOMINIO PUBLICO.
ZONA DE AFECCION 50m.
LINEA DE ASFALTO
LINEA LIMITE DE EDIFICACION 25m.
CALLE CAMÍ CAMBRILS
CARRETERA
Camino
Barranco
Cabezo
Carinena

Según la Ley 39/2015, este documento es Otros / Copia, comprobable en https://sedelectronica.vila-real.es (CSV: 14616661207654647614)

GENERALITAT VALENCIANA

DIRECCIÓ GENERAL D'OBRES PÚBLIQUES, TRANSPORT I MOBILITAT

SUBDIRECCIÓ GENERAL DE MOBILITAT

SERVEI DE PROJECTES I OBRES

VIELCA INGENIEROS

AUTORES DEL PROYECTO:
PABLO BLANCO GÓMEZ
LUIS FERNÁNDEZ MARTÍNEZ

TÍTULO DEL PROYECTO:
ESTUDIO DE INUNDABILIDAD RELATIVO AL PLAN DE REFORMA INTERIOR DEL SECTOR UHI-8

ESCALA NUMÉRICA: 1/2500
ESCALA GRÁFICA: 0 25 m
ORIGINAL A3

CLAVE:

FECHA: SEPTIEMBRE 2019

TÍTULO DEL PLANO: PLANTA DE ORDENACIÓN URBANÍSTICA

Nº DE PLANO: 5

HOJA: 1 de 1