

**TOMO VII  
ESTUDIO DE  
INUNDABILIDAD**

Diciembre 2016

# **MODIFICACIÓN PUNTUAL Nº 24 DEL PGOU DE ASPE PARA LA ZONIFICACIÓN DE ZONAS RURALES**

Modificación Estructural



**AYUNTAMIENTO DE ASPE**



**AYUNTAMIENTO DE ASPE**

**ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DEL RÍO TARAFÁ Y LA RAMBLA  
DEL TOLOMÓ EN EL MUNICIPIO DE ASPE (ALICANTE).**

**Valencia, diciembre de 2016**

## TABLA DE CONTENIDOS

1 INTRODUCCIÓN .....	5
1.1 Motivación .....	5
1.2 Emplazamiento.....	5
1.3 Equipo de trabajo .....	6
2 ANTECEDENTES .....	7
3 NORMATIVA .....	8
3.1 Fundamentos legales para el desarrollo del estudio .....	10
3.2 Definición de peligrosidad .....	11
4 INUNDABILIDAD DE ASPE SEGÚN EL PATRICOVA.....	14
4.1 Riesgo Global.....	14
4.2 Peligrosidad según PATRICOVA .....	15
4.2.1 Patricova 2003 .....	15
4.2.2 Patricova 2015 .....	20
5 PLANTEAMIENTO GENERAL DEL ESTUDIO .....	24
6 INUNDACIONES HISTÓRICAS .....	27
6.1 Evolución histórica de la población en torno al cauce .....	33
6.2 Comportamiento actual de la zona frente a inundaciones.....	35
7 ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO .....	44
7.1 Geología.....	46
7.1.1 Zona Subbética .....	46
7.1.2 Zona Prebética .....	47
7.1.3 Materiales cuaternarios.....	47
7.2 Caracterización hidrológica .....	49
7.3 Geomorfología.....	52
7.4 Conclusiones.....	59
8 SITUACIÓN ACTUAL.....	60
8.1 Río Tarafa .....	60
8.2 Barranco de las Delicias.....	75
8.3 Conclusión inicial respecto a las obras de paso.....	77
9 ANÁLISIS CLIMATOLÓGICO .....	79
9.1 Climatología regional.....	79
9.2 Estudio de precipitaciones .....	81
9.2.1 Análisis regional de cuantiles de lluvia máxima diaria.....	81

9.2.2	Análisis estadístico de precipitaciones .....	83
9.2.3	Ajustes a las funciones de distribución .....	84
9.3	Conclusiones del ajuste .....	91
9.3.1	Tormenta de diseño .....	92
10	ELABORACIÓN DEL MODELO HIDROLÓGICO .....	94
10.1	Características principales de los cauces estudiados .....	94
10.1.1	Río Tarafa .....	94
10.1.2	Barranco de las Delicias .....	96
10.2	Características de la cuenca vertiente .....	97
10.2.1	Delimitación de la cuenca .....	99
10.2.2	Usos del suelo .....	100
10.3	Modelo de infiltración .....	104
10.3.1	Obtención del coeficiente de escorrentía $P_0$ .....	108
10.3.2	Abstracciones hidrológicas .....	111
10.3.3	Número de curva .....	113
10.4	Distribución temporal de la lluvia .....	114
10.4.1	Tiempo de concentración de la cuenca .....	115
10.4.2	Duración de la tormenta .....	115
10.4.3	Factor de intensidad .....	115
10.4.4	Factor de reducción areal .....	116
10.4.5	Intensidad media diaria de precipitación corregida .....	117
10.4.6	Intensidad media correspondiente al intervalo de duración deseado ...	117
10.4.7	Corrección por no uniformidad temporal de la lluvia .....	118
10.4.8	Intensidad máxima de la tormenta de diseño .....	118
10.4.9	Hietograma de diseño .....	118
11	ANÁLISIS HIDROLÓGICO .....	121
11.1	Elaboración del modelo .....	121
11.1.1	Esquema conceptual .....	121
11.1.2	Principales parámetros de la simulación .....	125
11.2	Resultados obtenidos. T = 500 años .....	125
11.2.1	Barranco de las Delicias .....	125
11.2.2	Río Tarafa a la entrada del Término Municipal .....	126
11.2.3	Río Tarafa en su confluencia con el Bco de las Delicias .....	127
11.2.4	Población de Aspe .....	127
11.2.5	Desembocadura en el Vinalopo .....	128
11.2.6	Resumen de los resultados numéricos de la simulación .....	128
11.3	Resultados obtenidos. T = 100 años .....	130
11.3.1	Barranco de las Delicias .....	130
11.3.2	Río Tarafa a la entrada del Término Municipal .....	131
11.3.3	Río Tarafa en su confluencia con el Bco de las Delicias .....	131
11.3.4	Población de Aspe .....	132
11.3.5	Desembocadura en el Vinalopo .....	132
11.3.6	Resumen de los resultados numéricos de la simulación .....	133
11.4	Resultados obtenidos. T= 25 años .....	136

11.4.1	Barranco de las Delicias .....	136
11.4.2	Río Tarafa a la entrada del Término Municipal .....	136
11.4.3	Río Tarafa en su confluencia con el Bco de las Delicias.....	137
11.4.4	Población de Aspe .....	137
11.4.5	Desembocadura en el Vinalopo.....	138
11.4.6	Resumen de los resultados numéricos de la simulación.....	138
12	ESTUDIO HIDRÁULICO .....	141
12.1	Metodología.....	141
12.2	Metodología.....	141
12.3	Análisis del modelo digital del terreno. ....	143
12.3.1	Vuelo LIDAR. ....	143
12.3.2	Modelo Digital del Terreno. ....	145
12.3.3	Eliminación de puentes.....	146
12.3.4	Vectorización de edificios .....	147
12.3.5	Identificación de motas y terraplenes de obras lineales .....	148
12.3.6	Productos finales. MDT.....	148
12.4	Modelo 2d realizado .....	149
12.4.1	Condiciones de contorno. ....	149
12.5	Coeficientes de rugosidad. ....	150
12.6	Infraestructuras.....	151
12.7	Geometría de cálculo.....	151
13	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS .....	153
13.1	Barranco de Las Delicias .....	154
13.2	Río Tarafa.....	157
13.2.1	Tramo alto. Barranco de La Romana.....	158
13.2.2	Tramo medio y bajo.....	158
13.3	Cruce con infraestructuras.....	159
13.4	Otras zonas de inundación identificadas .....	162
13.4.1	Polígono de las Tres Hermanas .....	162
13.4.2	Zona de La Torreta .....	163
13.4.3	Polideportivo municipal .....	163
13.4.4	Río Vinalopó .....	164
14	RECOMENDACIONES DE ACTUACIÓN.....	165
15	RECOMENDACIONES DE ZONIFICACIÓN Y MEDIDAS DE ADECUACIÓN DEL DESARROLLO URBANÍSTICO.....	168
15.1	Área tipo A: Áreas sin peligrosidad de inundación .....	168
15.2	Área tipo B: Áreas con peligrosidad de inundación moderada .....	168
15.2.1	Áreas de suelo no urbanizable .....	168
15.2.2	Áreas urbanas o urbanizables .....	169
15.3	Área tipo C: Áreas con peligrosidad de inundación elevada.....	170

15.3.1	Áreas de suelo no urbanizable .....	170
15.3.2	Áreas urbanas o urbanizables .....	171
15.4	Área tipo D: Áreas de especial protección contra inundaciones .....	171
15.5	Áreas con cualquier peligrosidad de inundación .....	173
15.5.1	Adecuación de las edificaciones.....	173
15.5.2	Adecuación de los sistemas de drenaje.....	175
16	CONCLUSIONES FINALES .....	176
17	ANEJOS.....	177
17.1	Estudio hidrológico. ....	178
17.2	Estudio hidráulico. ....	179
18	PLANOS. ....	180
18.1	Localización.....	181
18.2	Zona Inundable para T=25 años.....	182
18.3	Zona Inundable para T=100 años.....	183
18.4	Zona Inundable para T=500 años.....	184
18.5	Zona de Flujo Preferente. ....	185
18.6	Peligrosidad Geomorfológica.....	186
18.7	Niveles de peligrosidad. Situación actual. ....	187
18.8	Mapa de calados máximos.....	188
8.18.1	T=500 AÑOS.....	188
8.18.2	T=100 AÑOS.....	188
8.18.3	T=25 AÑOS.....	188
18.9	Mapa de velocidades máximas. ....	189
9.18.1	T=500 AÑOS.....	189
9.18.2	T=100 AÑOS.....	189
9.18.3	T=25 AÑOS.....	189

## **1 INTRODUCCIÓN**

### **1.1 MOTIVACIÓN**

El presente informe ha sido encargado por el Excmo. Ayuntamiento de Aspe a la empresa SPESA (Servicios y Proyectos del Ebro S.A.) y tiene como finalidad delimitar las áreas inundables y definir los niveles de riesgo ante las crecidas de los cursos fluviales en el entorno de la población de Aspe.

El cauce principal de esta zona es el del Río Tarafa, afluente del Vinalopó, que aguas arriba del municipio de Aspe se denomina Barranco de La Romana. También se analizará el comportamiento hidráulico del Barranco del Tolomó, ya que su efecto sobre la inundación en la región resulta especialmente relevante. Esta rambla, conocida igualmente como Barranco de Las Delicias, es un afluente del Río Tarafa por su margen derecha.

### **1.2 EMPLAZAMIENTO**

El estudio a realizar se extiende a la totalidad del término municipal de Aspe, que abarca una extensión de 69.8 km<sup>2</sup>, lindando al sur con Crevillente y Elche, al oeste con La Romana y Hondón de las Nieves, al norte con Novelda y al este con Monforte del Cid. Todas estas poblaciones pertenecen a la provincia de Alicante.

Como la extensión de la cuenca del Río Tarafa abarca más allá del propio término municipal, el estudio hidrológico abarca parte de estos municipios aledaños, como La Romana y Hondón de las Nieves.

### **1.3 EQUIPO DE TRABAJO**

El equipo encargado de la realización del estudio ha estado compuesto por:

- D. Guillermo Cobos Campos, Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, número de colegiado 13327. Profesor titular del Departamento de Ingeniería del Terreno de la Universidad Politécnica de Valencia.  
[gcobosc@trr.upv.es](mailto:gcobosc@trr.upv.es)
  
- D. Miguel Angel Eguibar Galán, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, número de colegiado 15550. Profesor titular del Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia.  
[mequibar@hma.upv.es](mailto:mequibar@hma.upv.es)

## **2 ANTECEDENTES**

Existen diversos estudios de inundabilidad realizados en el término Municipal de Aspe, con grados de detalle y alcances geográficos muy diferentes.

Estos trabajos son los siguientes:

- *“Plan de Acción Territorial sobre Prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana”*, desarrollado a partir de la Ley 6/1989 de la Ordenación del Territorio de la Comunidad Valenciana.
- *“Estudio hidrológico e hidráulico del Río Tarafa”*, elaborado por Aminsá, S.A. en marzo de 2004.
- *“Estudio de inundabilidad en el tramo final del Barranco de la Romana y propuesta de recuperación de cauce. (Aspe, Alicante)”*, realizado en abril de 2005 por D. Miguel Angel Eguibar Galán y D. Guillermo Cobos Campos, ambos Profesores en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Valencia.
- *“Ampliación del estudio de inundabilidad en el tramo final del Barranco de la Romana y propuesta de recuperación de cauce. (Aspe, Alicante)”*, realizado en noviembre de 2005 por los mismos autores que el anterior; D. Miguel Angel Eguibar Galán y D. Guillermo Cobos Campos. este trabajo tuvo una pequeña actualización en diciembre de 2009.

Como condicionante del presente estudio se asumirán los resultados alcanzados en algunos de estos trabajos, especialmente en los dos últimos en los que se analiza de forma exhaustiva el comportamiento hidráulico del barranco de La Romana.

### **3 NORMATIVA**

El Plan de Acción Territorial sobre Prevención del Riesgo de Inundación en la Comunitat Valenciana (PATRICOVA) fue aprobado por el Acuerdo del Consell de 28 de enero de 2003, y ha sido durante estos últimos años un instrumento básico para la gestión del territorio de la Comunitat Valenciana. Su misión principal fue la de orientar los desarrollos urbanísticos y territoriales hacia las áreas no inundables o, en su caso, hacia las de menor riesgo siempre que permitan el asentamiento, otorgando preferencia a modelos urbanos y territoriales más eficientes.

En su momento, este plan fue pionero en la identificación y valoración del riesgo frente a inundaciones. Tras su aprobación ha venido ordenando el territorio valenciano atendiendo a las características específicas de este riesgo y su impacto sobre las personas, los bienes económicos y el medio ambiente.

Debido a la iniciativa llevada con este plan territorial valenciano, casi obligado por la concienciación que se tiene en esta zona de la península por fenómenos de crecidas extremas, éste se realizó sin que existiera ninguna normativa estatal ni europea al respecto.

Posteriormente, la Directiva 2007/60/CE, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación, y su transposición a la legislación estatal mediante el Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, estableció un nuevo escenario que avaló el trabajo llevado a cabo por el PATRICOVA en la gestión del territorio, aunque matizando determinados conceptos y metodologías relacionados con el tratamiento del riesgo. Sin embargo, siguiendo este nuevo marco legal, el PATRICOVA tuvo que asumir las nuevas definiciones técnicas y terminología empleada en el citado Real Decreto, con el fin de homogeneizar y facilitar la identificación de aquellos elementos y áreas asociadas a la red hidrográfica que es necesario considerar en el planeamiento, por su peligrosidad en cuanto a las inundaciones.

Esto motivo una revisión y actualización del PATRICOVA, que finalmente fue contemplada en el artículo 16 de la Ley 5/2014, de 25 de julio, de la Generalitat, de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Paisaje, de la Comunitat Valenciana, y viene expresamente previsto en la Directriz 66 de la Estrategia Territorial de la Comunitat Valenciana, aprobada por Decreto 1/2011, de 13 de enero, del Consell.

Este nuevo PATRICOVA es por tanto fruto de la revisión del PATRICOVA aprobado mediante Acuerdo de 28 de enero de 2003, del Consell, y es la normativa que actualmente está en vigor. Las disposiciones y los demás documentos contenidos en ella son de aplicación obligatoria en todo el territorio de la Comunitat Valenciana.

También desde el punto de vista de la ordenación del territorio se produjeron durante estos años importantes novedades durante el periodo de vigencia del PATRICOVA, que hacían necesaria su actualización. Destacan la aprobación de la Ley 5/2014, de 25 de julio, de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Paisaje, así como la Estrategia Territorial de la Comunitat Valenciana, aprobada por Decreto 1/2011, de 13 de enero, del Consell, y donde el tratamiento de los riesgos naturales e inducidos es una de las prioridades de sus objetivos, principios directores y criterios.

Uno de los objetivos que se extrae del mencionado Real Decreto 903/2010, se refiere a la mejora del conocimiento y evaluación de los riesgos asociados a las inundaciones. Para ello, y siguiendo las directrices emanadas de la Unión Europea, a las zonas tradicionales de peligrosidad de inundación, establecidas por su periodo de recurrencia y calado de la misma, que afectaban a unas 145.000 hectáreas de la Comunidad Valenciana, se instaba a añadir ahora un nuevo concepto de peligrosidad de naturaleza geomorfológica.

En el contexto de la Comunitat Valenciana, este nuevo criterio de riesgo geomorfológico puede tener una influencia muy importante, agravado además por los escenarios del cambio climático proclives al incremento de los episodios

climáticos extremos. Esta nueva peligrosidad estaría asociada a determinados procesos y formas del territorio (conos aluviales, barrancos de fondo plano, desapariciones de cauce, etc.), indicadores de este fenómeno.

Por otra parte, el concepto de "peligrosidad" sustituye al clásico riesgo del anterior PATRICOVA, concepto éste que se materializa por la combinación de esta peligrosidad junto con la vulnerabilidad del territorio, aspecto que también es analizado con detalle en esta revisión del nuevo Plan de Acción Territorial. Es decir, las clásicas zonas de riesgo del 1 al 6 delimitadas por el periodo de recurrencia del fenómeno y su calado, ahora pasan a ser denominadas de peligrosidad, y a su vez se complementan con la derivada del análisis geomorfológico.

En este nuevo estudio de inundabilidad que se va a realizar para el cauce del Río Tarafa y del Barranco de Las Delicias, se llevará a cabo una actualización de estos niveles de peligrosidad (antes niveles de riesgo), y a su vez, un análisis del riesgo geomorfológico en el municipio, para ajustarse de este modo a las nuevas exigencias de la nueva normativa del PATRICOVA, aprobadas en el Decreto 201/2015 del Consell de la Generalitat Valenciana (DOCV del 29 de octubre de 2015).

### **3.1 FUNDAMENTOS LEGALES PARA EL DESARROLLO DEL ESTUDIO**

Según el artículo 11 del Apartado II del PATRICOVA relativo a la realización de "Estudios de inundabilidad para la concreción del riesgo de inundación", en su punto 1 indica:

*"El PATRICOVA, al tratarse de un estudio regional realizado en origen a escala 1:25.000, es susceptible de ser concretado, ampliado e incluso modificado mediante estudios de inundabilidad más precisos, que, en todo caso, se realizarán de acuerdo con lo establecido en esta Normativa".*

Por tanto, el propio Plan asume que la escala regional con la que se ha desarrollado, no es la adecuada para la realización de este tipo de estudios, y puede ser mejorada con trabajos más precisos.

Además, según lo establecido en el punto 3 del artículo 10 relativo a la "Determinación del riesgo de inundación", se cita que:

*"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."*

Los artículos anteriores justifican la realización de este trabajo, proporcionando además un soporte legal a los resultados que en él se obtengan.

### **3.2 DEFINICIÓN DE PELIGROSIDAD**

A partir de los estudios llevados a cabo en el presente trabajo, se establece la definición de niveles de peligrosidad con base en el *Plan de Acción Territorial sobre Prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana*.

La clasificación según estos niveles viene recogida en la actual normativa en su Artículo 8 del Título II que se define como "De la Peligrosidad y del riesgo de inundación". Dichos niveles de inundación son los siguientes, ordenados de mayor a menor peligrosidad:

- Peligrosidad de nivel 1. Cuando la probabilidad de que en un año cualquiera se sufra, al menos, una inundación es superior a 0'04 (equivalente a un periodo de retorno inferior a 25 años), con un calado máximo generalizado alcanzado por el agua superior a ochenta centímetros (80 cm).
  
- Peligrosidad de nivel 2. Cuando la probabilidad de que en un año cualquiera se sufra, al menos, una inundación se encuentra entre 0'04 y 0'01 (equivalente a un periodo de retorno entre 25 y 100 años), con un

calado máximo generalizado alcanzado por el agua superior a ochenta centímetros (80 cm).

- Peligrosidad de nivel 3. Cuando la probabilidad de que en un año cualquiera se sufra, al menos, una inundación es superior a 0'04 (equivalente a un periodo de retorno inferior a 25 años), con un calado máximo generalizado alcanzado por el agua inferior a ochenta centímetros (80 cm) y superior a quince centímetros (15 cm).

- Peligrosidad de nivel 4. Cuando la probabilidad de que en un año cualquiera se sufra, al menos, una inundación se encuentra entre 0'04 y 0'01 (equivalente a un periodo de retorno entre 25 y 100 años), con un calado máximo generalizado alcanzado por el agua inferior a ochenta centímetros (80 cm) y superior a quince centímetros (15 cm).

- Peligrosidad de nivel 5. Cuando la probabilidad de que en un año cualquiera se sufra, al menos, una inundación se encuentra entre 0'01 y 0'002 (equivalente a un periodo de retorno entre 100 y 500 años), con un calado máximo generalizado alcanzado por el agua superior a ochenta centímetros (80 cm).

- Peligrosidad de nivel 6. Cuando la probabilidad de que en un año cualquiera se sufra, al menos, una inundación se encuentra entre 0'01 y 0'002 (equivalente a un periodo de retorno entre 100 y 500 años), con un calado máximo generalizado alcanzado por el agua inferior a ochenta centímetros (80 cm) y superior a quince centímetros (15 cm).

- Peligrosidad geomorfológica. En este nivel de peligrosidad de inundación se han identificado diferentes procesos geomorfológicos, que, por sus características, actúan como un indicador de la presencia de inundaciones históricas, no necesariamente catalogadas, debiéndose identificar la probabilidad de reactivación de los fenómenos geomorfológicos y, en su caso, los efectos susceptibles de generarse.

Los resultados obtenidos en cuanto a la definición de estos niveles de peligrosidad en el Término Municipal de Aspe se expondrán en los planos del presente informe. Estos niveles de peligrosidad han sido definidos para la situación actual; no han sido tenidas en cuenta hipotéticas situaciones futuras.

Esta clasificación supone a efectos prácticos que los resultados obtenidos para cada periodo de retorno (25, 100 y 500 años) se clasificarán a su vez en inundaciones superiores e inferiores a ese umbral de 80 centímetros, transformándose así en seis niveles de peligrosidad distintos.

En resumen, las principales modificaciones que establece el nuevo PATRICOVA de 2015 frente a la norma de 2003 son:

- Redefine los niveles de riesgo como niveles de peligrosidad, para adaptarse a este nuevo concepto, según lo comentado anteriormente.
- Modifica el nivel mínimo que debe tener el agua para poder considerarse el nivel 3, 4 ó 6. En la normativa de 2003 no existía un nivel mínimo de lagua, que ahora pasará a ser de al menos 15 cm.
- Introduce el nuevo concepto de peligrosidad geomorfológica.
- Introduce variaciones en las restricciones del uso suelo afectado por los diferentes grados de inundación.

## **4 INUNDABILIDAD DE ASPE SEGÚN EL PATRICOVA**

### **4.1 RIESGO GLOBAL**

El Anexo X de la Memoria del PATRICOVA 2015, clasifica los diferentes Términos Municipales de la Comunidad Valenciana según su riesgo global integrado por criterios económicos, sociales y medioambientales, a partir de los niveles de peligrosidad. Para el caso de Aspe, la valoración que hace de su riesgo queda recogida en la tabla adjunta:

Criterios económicos	Criterios sociales	Criterios medioamb.	Criterios económ.	Riesgo Global Integrado	Tendencia
BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO

La valoración anterior se realiza a partir de una escala que contempla las opciones de sin riesgo, riesgo bajo, medio, alto y muy alto. A partir de su ponderación, se le asigna un nivel de riesgo que abarca de Nivel 0 a III. Para el caso de Aspe, se le asigna un nivel de riesgo I.

La explicación de los criterios anteriores es la siguiente:

- Riesgo por criterios económicos según usos actuales: Valoración relativa cualitativa del riesgo conforme a los usos actuales en cada municipio.
- Riesgo por criterios sociales: Valoración relativa cualitativa del riesgo social para factores como la población afectada, equipamientos estratégicos e infraestructuras lineales en cada municipio.
- Riesgo por criterios medioambientales: Valoración relativa cualitativa del riesgo medioambiental en cada municipio.
- Riesgo por criterios económicos según usos potenciales: Valoración relativa cualitativa del riesgo conforme a los usos del suelo y al planeamiento municipal en cada municipio.
- Riesgo Global Integrado: Valoración relativa cualitativa del nivel de riesgo que tendría un municipio, conforme a los criterios establecidos en el capítulo 3.4.7 del PATRICOVA.

- Tendencia: Signo que indica un incremento o disminución de daños entre el estado actual y futuro si no se realizara actuación alguna frente a las inundaciones.

## **4.2 PELIGROSIDAD SEGÚN PATRICOVA**

Según se ha expuesto anteriormente, el *“Plan de Acción Territorial sobre Prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana”* (PATRICOVA), es uno de los instrumentos para la ordenación del territorio previsto en la Ley 6/1989 de la Ordenación del Territorio de la Comunidad Valenciana.

El plan en su primera versión de 2003 contenía fichas del territorio ilustrando el nivel de peligrosidad (por aquel entonces, riesgo) en cada zona del territorio valenciano. La actualización de la normativa en 2015 supuso una nueva actualización de esas áreas potencialmente afectadas por peligrosidad ante inundaciones, especialmente por la inclusión del nuevo criterio geomorfológico.

En los apartados siguientes se expondrá tanto la documentación recogida en el Plan de 2003, como en el de 2015.

### **4.2.1 PATRICOVA 2003**

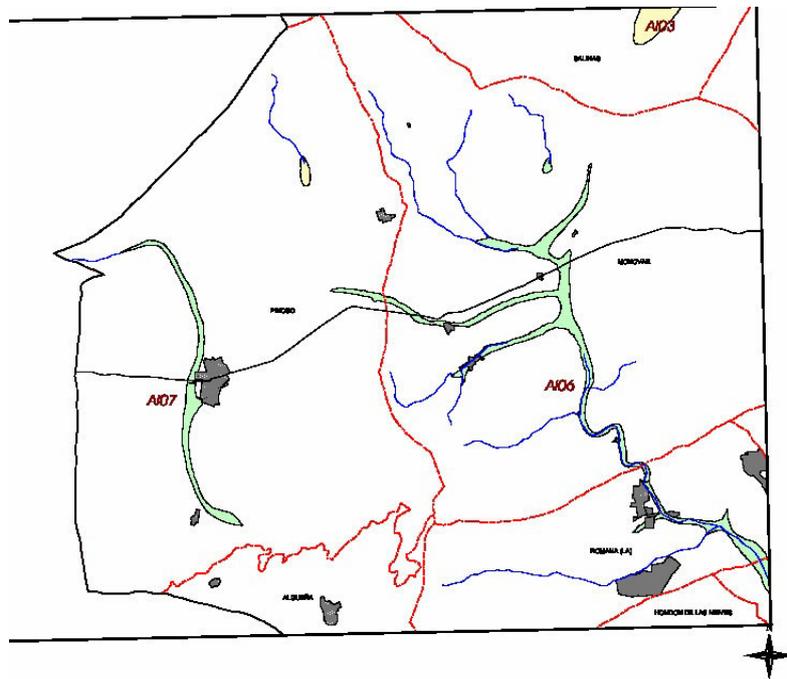
Según las fichas de inundación recogidas en el PATRICOVA de 2003, se identifica una gran zona de riesgo 4 en el entorno del Barranco de la Romana y Río Tarafa. Esta zona de riesgo viene definida a escala regional, que es la utilizada en dicho trabajo, por lo que la delimitación de las áreas de inundación es tan solo orientativa. De ella solo cabe interpretar la existencia de un problema de inundabilidad en la región, sin tener claros sus límites.

El PATRICOVA muestra que en las proximidades de la villa de Aspe existen diferentes puntos conflictivos en cuanto a su inundabilidad se refiere, los cuales quedan contemplados en la mancha de inundación denominada AI06.

Dicha zona de inundación AI06 presenta según el PATRICOVA una extensión importante, de 8332936 m<sup>2</sup>, aunque no todos ellos se sitúan en el municipio de Aspe. Según esta normativa la totalidad de la superficie inundada corresponde a peligrosidad 4, correspondiente a un nivel de inundación bajo (calado del flujo inferior a 80 centímetros) y a un nivel de frecuencia media; es decir, entre 25 y 100 años de periodo de retorno, lo cual corresponde a probabilidades anuales entre el 1 y 4%.

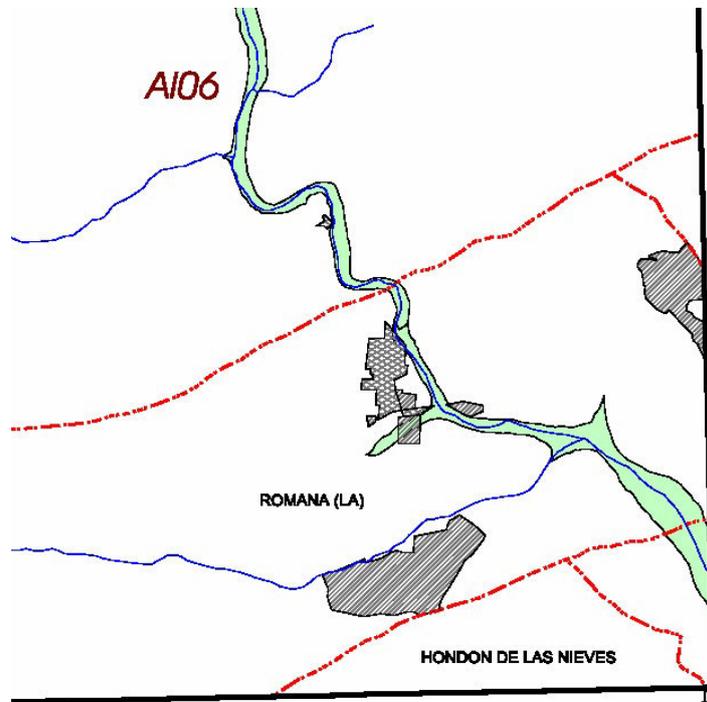
En cuanto al T.M. de Aspe, éste cuenta con una extensión de 7062.59 hectáreas de las cuales 231 hectáreas corresponden a áreas urbanas. De dicha superficie, las zonas inundables suman un total de 314.08 hectáreas. Esta región inundable AI06 definida en el PATRICOVA abarca las hojas 870, 871, y 893. En las figuras siguientes se representa la delimitación contemplada en dicho estudio para el término municipal; en ellas hay que tener en cuenta que el PATRICOVA se realiza a escala regional (1:25000), por lo que grado de detalle de la inundación es escaso.

La hoja 870, en la que se identifica el área inundable del tramo alto del Barranco de la Romana, identifica el siguiente sector como zona de riesgo:



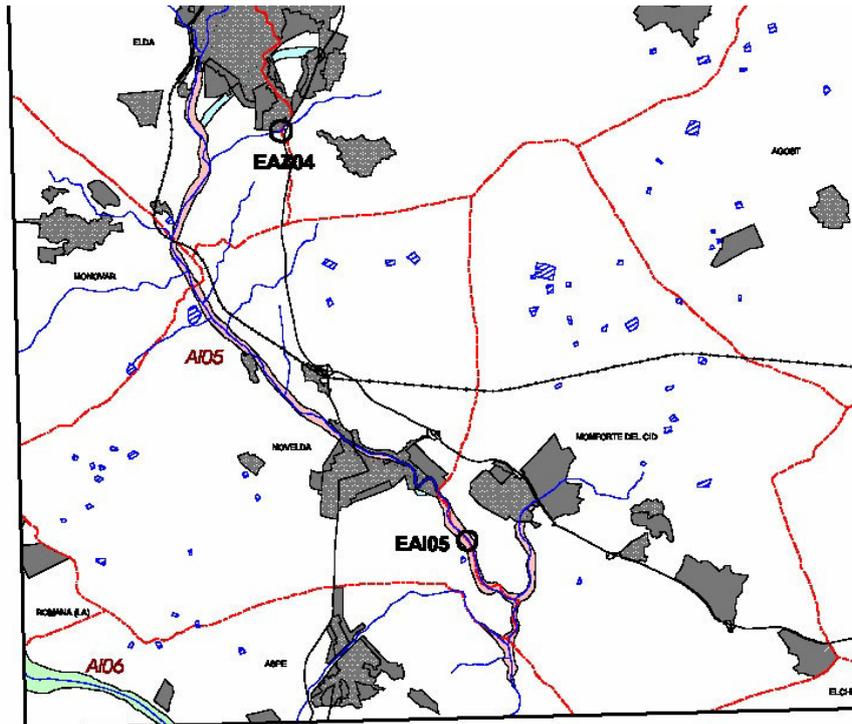
Puede apreciarse como el Barranco de la Romana presenta unas dificultades de desagüe generalizadas en la mayor parte de su cauce, las cuales vienen identificadas como áreas de peligrosidad 4 (color verde).

Ampliando con detalle el tramo que se incorpora al T.M. de Aspe, se tiene:

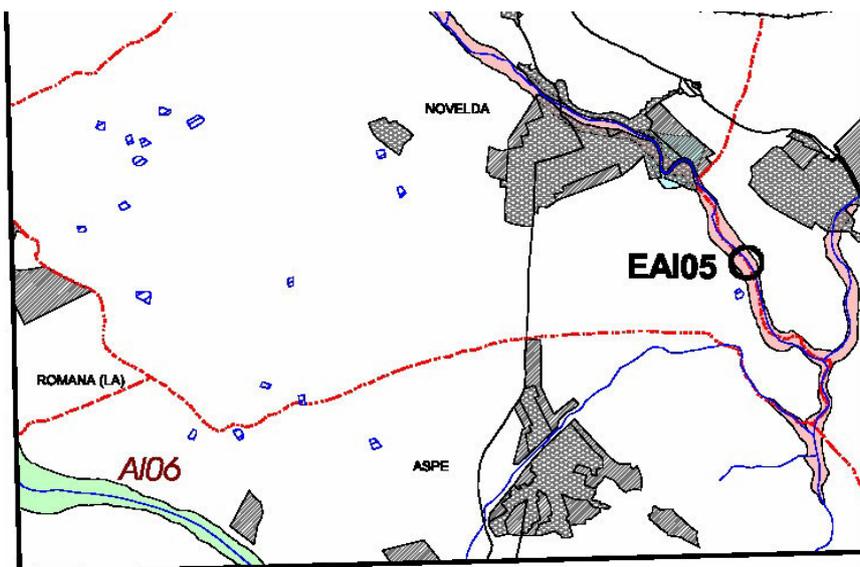


Tal y como puede apreciarse la crecida se incorpora al municipio de Aspe ya desbordado desde La Romana, en un área en la cual el cauce ha sufrido importantes modificaciones antrópicas, entre las que destaca un importante préstamo de tierras realizado sobre el mismo cauce en un punto muy próximo a la separación entre los límites municipales, y que provoca una clara discontinuidad en el perfil longitudinal del flujo.

Hacia aguas abajo, la huella de la inundación se prolonga hacia la hoja 871, en la que la delimitación de la avenida queda:



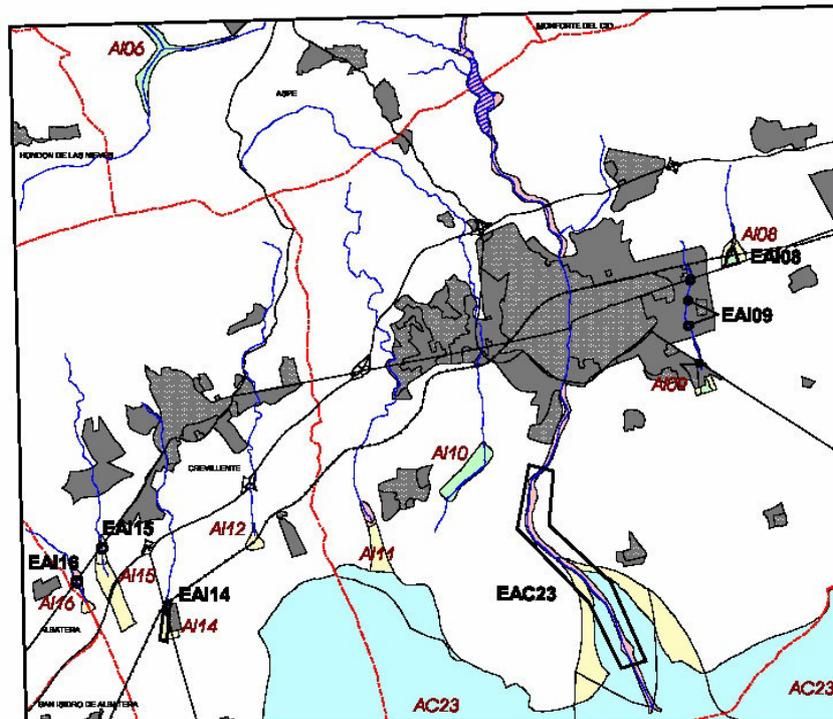
En la esquina inferior izquierda de la figura correspondiente a esta hoja 871 se identifica el T.M. de Aspe, en el que se puede ver la incorporación de la lámina de inundación AI06 acercándose al casco urbano del municipio. Sin embargo, el cruce con esta población no presenta área inundable según el PATRICOVA, en el cual únicamente se identifica el cauce cruzando la villa. Ampliando ésta lámina de inundación se tiene:



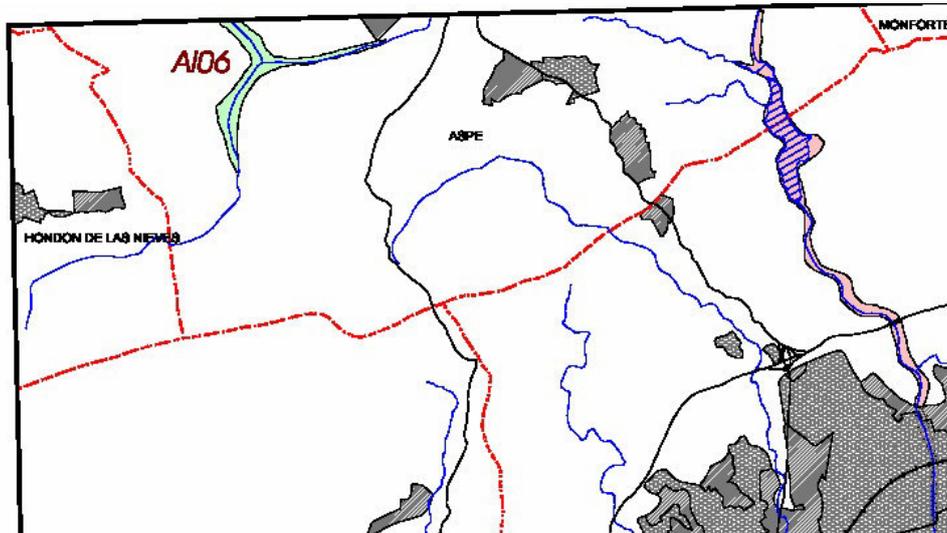
Hacia aguas abajo, al cauce del Barranco de La Romana que pasa ya a llamarse Río Tarafa, se le incorpora un afluente desde el suroeste, que se

conoce como Barranco de Las Delicias por coincidir con un camino del mismo nombre. Dicho barranco posee una cuenca vertiente que ocupa parte del término municipal de Hondón de las Nieves.

Su delimitación en el PATRICOVA se puede apreciar en la hoja 893 la cual se adjunta:



Ampliando de nuevo este tramo del Río Tarafa al cual se incorpora el Barranco de las Delicias, se tiene



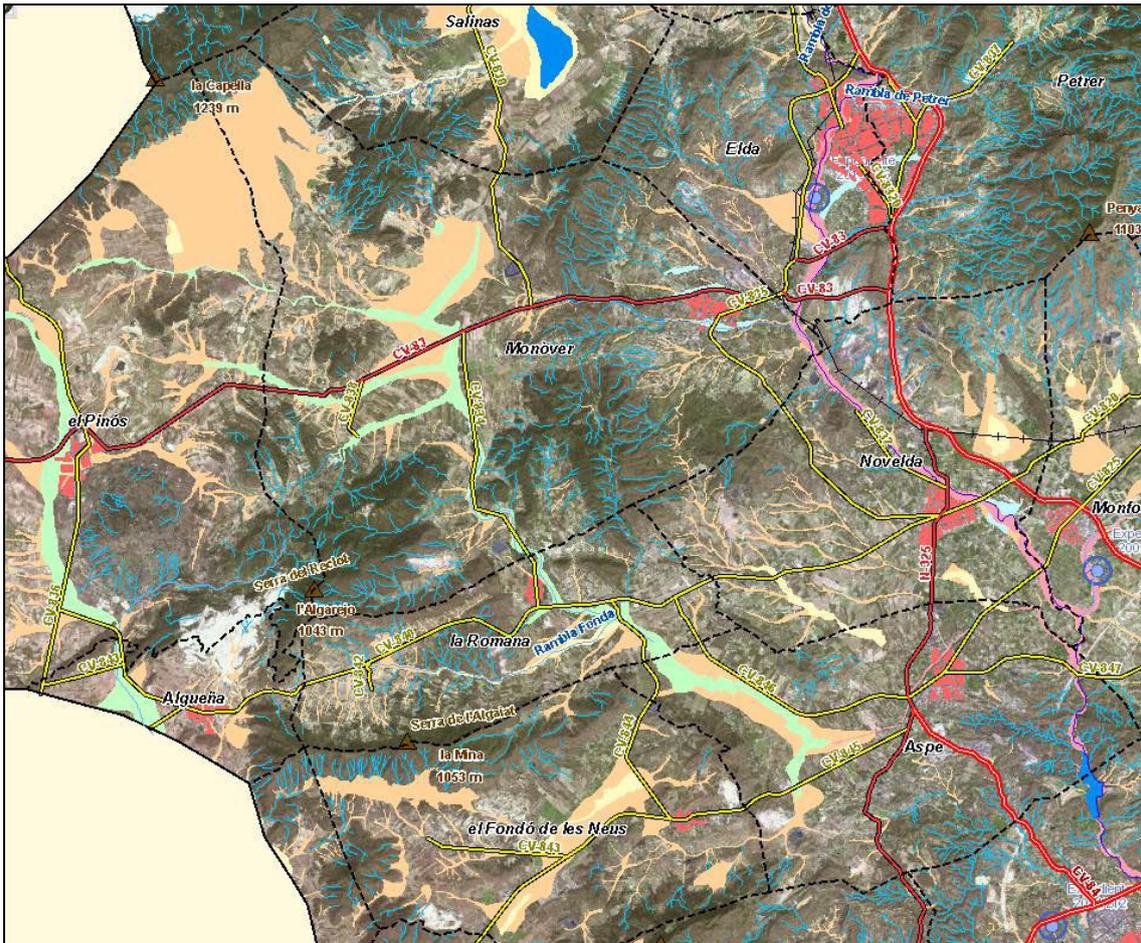
Esta información recogida en el PATRICOVA de 2003 identificó el riesgo existente en el T.M. de Aspe de sufrir daños en bienes y personas debidos a crecidas en áreas próximas a los diferentes cauces mencionados.

Por otra parte, el Río Vinalopó se incorpora al término municipal en su extremo Este, y lo hace con un pequeño tramo con riesgo de inundación según esta cartografía de 2003. La definición pormenorizada de este río queda fuera del alcance del presente estudio, lo cual no afectará a la definición de usos del suelo del PGOU de Aspe, por no tener prevista a corto plazo la ordenación del suelo próxima al río.

#### **4.2.2 PATRICOVA 2015**

En la nueva revisión del PATRICOVA realizada recientemente, los antiguos niveles de riesgo pasan a redefinirse como de peligrosidad. Además se incluye un nuevo criterio geomorfológico en lo que podría pasar a ser un nivel 7, quedando los 6 anteriores con el mismo criterio de periodo de retorno (25, 100 y 500 años), y de umbral de nivel (superior o inferior a 80 cm).

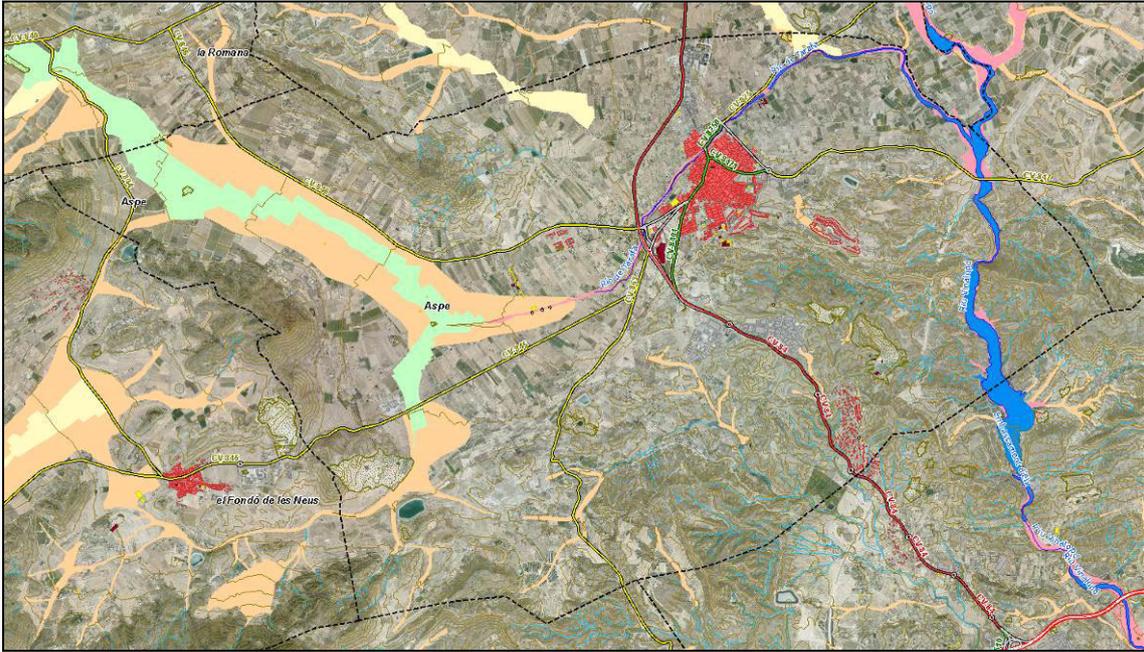
La nueva delimitación de estos riesgos para todo el trazado del Río Tarafa contemplada en la normativa de 2015, se ilustra en la figura adjunta.



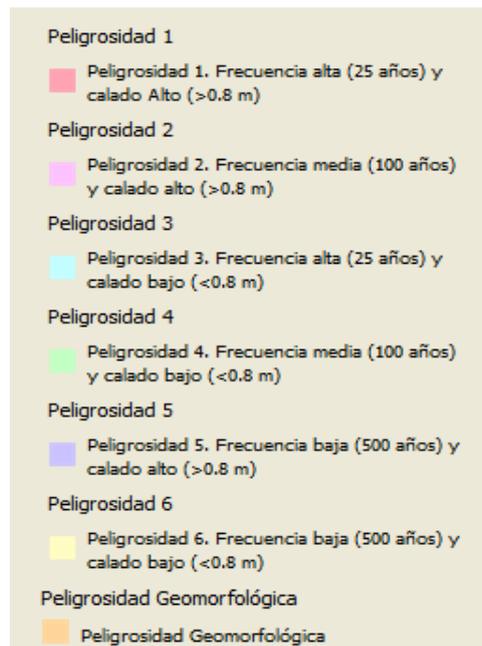
Como puede apreciarse, se identifican tres grandes zonas con peligrosidad de inundación masiva en el río. La primera de ellas, situada en la cuenca alta a la altura de Monóvar, viene condicionada por las aguas que bajan de las cumbres más altas de cabecera, que superan los 1000 m de altitud.

La segunda área conflictiva se sitúa en el entorno del Fondó de les Neus, y corresponde al tramo medio del Barranco del Tolomó. Por último, aguas arriba de Aspe, se aprecia una tercer zona de inundación masiva en lo que correspondería a la zona de flujo difuso de la Rambla Romana.

Ampliando la tercera de estas áreas, y limitándola al Término Municipal de Aspe, se tiene:



La interpretación de cada una de estas afecciones se expone en la leyenda de la figura adjunta:



En esta nueva cartografía se identifica una gran área de riesgo 4 en el entorno del Barranco de La Romana, que es la que supone la mayor extensión inundable del municipio. Además, se tiene una importante presencia de peligrosidad geomorfológica, con especial incidencia en el Barranco de Las Delicias.

También se tienen áreas de riesgo 6 que bajan desde el norte y se acaban dispersando de forma difusa entre las parcelas.

Por último, se aprecia como el riesgo de inundaciones desde el Río Vinalopó resulta mínimo en el Término Municipal, reduciéndose a pequeñas áreas marginales, probablemente por la fuerte pendiente que tiene en su margen derecha, en dirección hacia Aspe.

## **5 PLANTEAMIENTO GENERAL DEL ESTUDIO**

Según lo expuesto, el presente trabajo pretende elaborar un estudio detallado de la inundabilidad de los barrancos de La Romana, de las Delicias y del Río Tarafa, con el objetivo de disponer de una información de detalle de la inundabilidad en el Término Municipal de Aspe.

El Plan de Acción Territorial sobre Prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana define una serie de áreas de peligrosidad en el municipio, en las que se podrían sufrir daños a causa de crecidas. Esta normativa asume a su vez que la escala resulta demasiado grosera y establece a su vez la opción de desarrollar estudios de detalle en aquellas áreas en las que se prevea desarrollar algún tipo de actuación.

Los tres estudios de inundación en el T.M. de Aspe; *“Estudio hidrológico e hidráulico del Río Tarafa”, “Estudio de inundabilidad en el tramo final del Barranco de la Romana y propuesta de recuperación de cauce. (Aspe, Alicante)”* y *“Ampliación del estudio de inundabilidad en el tramo final del Barranco de la Romana y propuesta de recuperación de cauce. (Aspe, Alicante)”*, cumplen con los requisitos establecidos en PATRICOVA al desarrollar un análisis local de inundabilidad que completa la información contemplada en el análisis regional desarrollado en el propio Plan de Acción Territorial. Se dispone así de parte del municipio estudiado a escala local en cuanto a su riesgo frente a inundabilidad se refiere.

Al cumplir dichos estudios con el requisito del PATRICOVA de analizar con detalle la inundabilidad local para el Ayuntamiento de Aspe para los trabajos asociados al PGOU, se podría respetar las conclusiones obtenidas en los estudios anteriores. Sin embargo, se ha optado por realizar un nuevo trabajo a mayor nivel de detalle, cuyas mejoras fundamentales serán las siguientes:

- Mejorar los estudios hidrológicos, utilizando en esta ocasión un modelo pseudo distribuido que contemple la producción de escorrentía en cada

una de las diferentes subcuencas, así como las propagaciones de sus hidrogramas a través del sistema. En los trabajos anteriores se optó por un modelo agregado, que no permitía realizar este análisis.

- Mejorar el estudio hidráulico, desarrollando un modelo bidimensional de la zona, a diferencia de los trabajos anteriores llevados a cabo mediante modelos hidráulicos unidimensionales.

De este modo, el alcance del presente documento será el de mejorar los estudios anteriores hasta definir a nivel de detalle la delimitación de las áreas inundables reconocidas como AI06 en PATRICOVA, y que alcancen terrenos incluidos en el Término Municipal de Aspe.

En cualquier caso, se seguirá prestando una especial atención a los tramos de cauce que se identificaron como principales focos de riesgo por inundación en el municipio:

- .- Río Tarafa. Aguas arriba de la población de Aspe presentaba algunos puntos conflictivos, e incluso llegaba a generar una inundación masiva más hacia aguas arriba, en la zona de la Rambla de La Romana. Desde la población y la confluencia con el Río Vinalopó el estudio realizado en el último de los trabajos citados en los antecedentes, no recogía zonas de desbordamiento.
- .- Barranco de Las Delicias, al que a veces se le cita como Barranco del Tolomó, queda más al este y supone el principal afluente del Tarafa. Esta rambla constituye el apéndice inundable que confluye al Río Tarafa desde el sur, aguas arriba del caso urbano de Aspe. Se puede apreciar en el área de inundación AI06 del PATRICOVA.

El análisis del Río Vinalopó queda fuera del alcance del presente estudio, aunque éste ha sido deslindado por la Confederación Hidrográfica del Júcar para la definición del Dominio Público Hidráulico en su entorno. El deslinde posee un nivel de detalle y definición alto, por lo que sus resultados pueden aceptarse como estudio local.

Como resultado final se unificarán los resultados obtenidos en el presente estudio, así como en otros estudios de inundabilidad existentes; Barranco de la Romana, el análisis del Barranco de Las Delicias y el Río Tarafa a través de la villa de Aspe, y aguas abajo de la misma.

De este modo se completará el estudio de inundabilidad a escala local del área de riesgo denominada AI06 en el PATRICOVA para la totalidad del Término Municipal de Aspe.

Este documento recogerá los siguientes trabajos:

- Inundaciones históricas, cuyo objetivo será identificar episodios de crecidas en la región.
- Estudio de precipitaciones. Se realizarán diversos ajustes mediante diferentes funciones de distribución, con objeto de obtener los cuantiles de precipitación asociados a distintos periodos de retorno.
- Estudio hidrológico. Dicho análisis se realizará a nivel de detalle mediante un nuevo modelo pseudodistribuido para toda la cuenca, por no poderse aprovechar la información disponible en los trabajos existentes. El motivo es que dichos trabajos se enfocaban únicamente al Río Tarafa, o al Barranco de la Romana, quedando el análisis particular del Barranco de las Delicias fuera del alcance de los mismos.
- Análisis geomorfológico; este estudio estará destinado a definir el nuevo nivel de peligrosidad en el Término Municipal de Aspe, contemplado en la nueva normativa de 2015.
- Estudio hidráulico. Se desarrollará un modelo hidráulico bidimensional que simule la evolución de niveles en el barranco, en función de los caudales obtenidos en el estudio hidrológico.
- Definición de niveles de peligrosidad. Por último se elaborará un mapa de peligrosidad en base a la clasificación marcada por el PATRICOVA.

## **6 INUNDACIONES HISTÓRICAS**

En cuanto a antecedentes de inundación en la zona, cuya búsqueda se recomienda el artículo 17 del PATRICOVA, no se ha encontrado información detallada sobre inundaciones históricas ocasionadas por el Barranco de La Romana o del Río Tarafa. Sin embargo, sí se han identificado algunas evidencias de sus crecidas, que se expondrán en el presente apartado.

En el caso del Barranco de la Romana (tramo medio-alto del río Tarafa), ante la ausencia de un cauce definido es frecuente que su trazado se inunde ante episodios tormentosos de magnitud media o incluso baja, sin embargo no se ha encontrado documentación de crecidas al respecto, o estudios relacionados con éstas, lo cual puede estar relacionado con la escasez de población y bienes en la zona. Esta baja densidad, hace que en caso de existir pequeñas inundaciones éstas afecten sólo a zonas agrícolas de escaso valor, por lo que no resulta necesario realizar medidas correctoras, y no se han desarrollado estudios de este tipo.

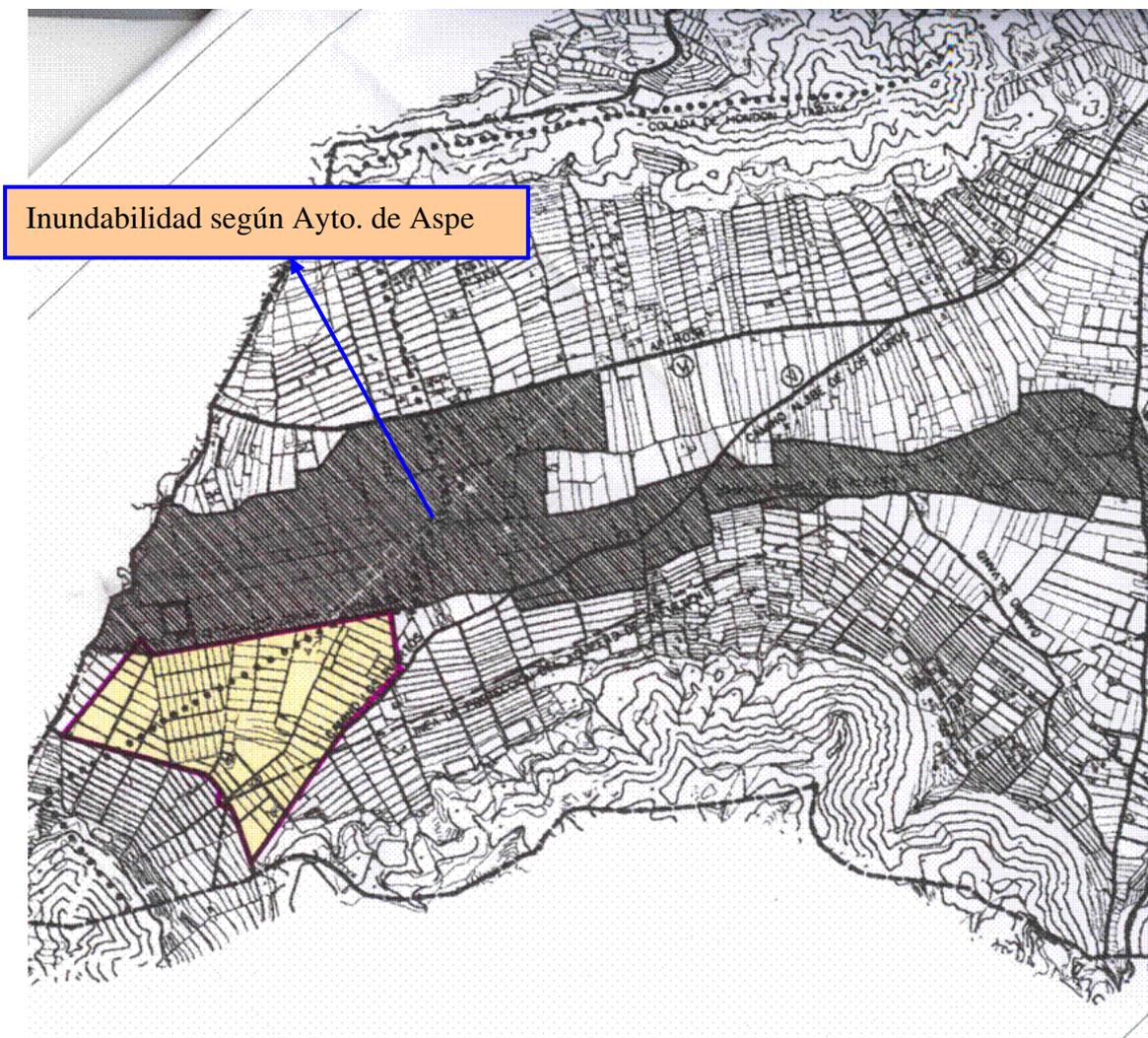
La ausencia de dichos estudios, impide examinar en ellos los posibles registros en cuanto a inundaciones históricas se refiere y por tanto apoyar y confirmar los resultados del estudio geomorfológico, así como utilizar estos datos para calibrar la hidrología e hidráulica.

En cuanto al Río Tarafa, éste presenta una elevada capacidad hidráulica al cruzar la población de Aspe, con una sección importante y una elevada pendiente. Por este motivo su probabilidad de desbordamiento será remota, lo cual puede haber salvaguardado las edificaciones en el casco urbano de Aspe frente a crecidas del río, lo cual justificaría la ausencia de registros.

Sí existe algún documento relacionado indirectamente con inundaciones disponible en el Ayuntamiento de Aspe, en el que se ha elaborado una delimitación de inundabilidad basado en lo publicado por el primer documento

del PATRICOVA (que se detallarán en el apartado siguiente). Sin embargo, desde este organismo se apunta que las diferencias existentes con el mismo se basan en inundaciones producidas años atrás, sin poder precisar desde dicho ayuntamiento cuales fueron éstas, ni la fecha concreta en la que se produjeron.

Por tanto, puede entenderse que la información contemplada en el PGOU de Aspe, supone en cierta medida una recopilación de información en cuanto a inundaciones históricas, sin poder precisarlo con un mayor detalle. Dicha información se recoge únicamente en forma de plano, que se expone en la figura siguiente.



Esta ausencia de datos de detalle hace que esta información apenas pueda ser aprovechada para calibrar el presente estudio, al no conocerse caudales, ni lluvias asociadas a éstos, y no poder relacionar la inundación provocada con su periodo de retorno de recurrencia. Sin embargo, sí proporciona algunas

conclusiones previas de que la zona norte del Término Municipal de Aspe, por donde transcurre la Rambla de la Romana, es una de las más problemáticas en lo que a inundaciones se refiere debido a la inexistencia de cauce.

También hace ilustra la irregularidad del funcionamiento hidráulico, con corrientes que ocupan las parcelas en una anchura desproporcionadamente grande, alcanzando los 900 metros en algunos puntos. Se aprecia igualmente como el flujo desbordado no tienen continuidad hacia aguas abajo, lo cual constituye zonas desbordadas de flujo inefectivo.

El comportamiento previsto que contempla esta inundación masiva en los campos, se ha contrastado con algunos propietarios de terrenos en la zona que han dado su visión subjetiva, aunque valiosa, de algunas inundaciones producidas de las que no podía precisar fechas. Según éstos, las parcelas inundadas coinciden con aquellos campos situados a menor cota tras las zonas de desbordamiento, y por tanto con parte de la mancha de inundación contemplada por el Ayuntamiento de Aspe.

Cabe recordar que una característica de la región es la escasa densidad de población, salvo la propia localidad de Aspe, por lo que las crecidas que se hayan podido presentar habrán producido inundaciones localizadas en las tierras de cultivo que se generaron tras la intervención en el antiguo cauce. Esto explica en parte la ausencia de información Municipal de un mayor detalle sobre inundaciones.

Sin embargo, sí se tiene algo de información sobre daños en infraestructuras, como el caso de la acequia del Fauquí, que tenía la misión de trasegar agua desde los manantiales de la zona. En el azud del Fauquí, cuyo objetivo era retener agua, se han encontrado en el entorno restos de antiguas construcciones que evidencian que esta obra hidráulica tuvo que ser reconstruida por crecidas del río. Según el arqueólogo Mejías López (1998, 26-30) "...a juzgar por las evidencias arqueológicas vinculadas al trazado de su acequia, podrían remontar su cronología, al menos hasta mediados del siglo

XIII. Como su situación la hacía propensa a sufrir las primeras embestidas de las avenidas del río, ha sido destruida y vuelta a reparar en numerosas ocasiones a lo largo de su dilatada historia."

Este mismo autor indica la existencia de una potente estructura que pudo corresponder a un azud en el cauce destruido en una riada en 1751, junto al acueducto de Perceval.

Existen varios azudes de pequeño tamaño en el cauce, que pudieron servir para retener y derivar las aguas que fluían por el mismo, en épocas pasadas en las que los manantiales estaban activos.

El azud superior de la Huerta Mayor, también conocido en época moderna como la presa del molino, es la situada a mayor cota. Esta represa (restaurada en 2013) alimentaba la acequia de la Huerta Mayor, que permitía suministrar agua para mover la muela del molino del señor de la villa, que se ubicaba cerca del Puente del Baño. Dicho molino estuvo en funcionamiento hasta el siglo XX.

Se han encontrado registros sobre la reconstrucción de este azud en agosto de 1718 a cargo del maestro alarife Gabriel Mira, lo que evidencia que ya a principios del siglo XVIII el río sufría crecidas de importancia.

En el año 1751 el río ocasionó una fuerte riada que de nuevo destruyó el citado azud, que tuvo que volver a reformarse, esta vez bajo la dirección del maestro Francisco Aznar.

Una nueva crecida provocó su destrucción durante la riada de septiembre de 1793, un año después de que el historiador Cavanilles la citase en su valiosa obra tras un viaje en 1791-1792, junto a los demás azudes del cauce.

Se tiene constancia que durante este episodio de 1793 las lluvias en el interior de Alicante afectaron a una amplia área de la parte media y baja del Vinalopó, ocasionando la destrucción de cosechas en Aspe y Callosa, e inundando sus

términos municipales de forma casi generalizada. La crecida arrastró árboles arrancados que contribuyeron a la destrucción de los viaductos del río Tarafa (A. Alberola Romá, 2010), de lo que se tiene constancia por los expedientes para la reconstrucción de dichos puentes.

Durante esa crecida, también quedaron arrasados en Aspe molinos, azudes, represas para riego de campos, e incluso un acueducto que abastecía de agua potable a la población. A pesar de la movilización para reparar todos estos daños lo antes posible, la escasez de recursos económicos y la complejidad de los trámites administrativos de la época retrasaron el proyecto de reparación de estos daños hasta 1797, realizado por Vicente Gascó (A. Alberola Romá, 2010; AHN, Consejos, legajo 22859).

En la figura siguiente se muestra una ilustración del Hondo de las Fuentes elaborado por Juan Bautista La Corte en 1805, con indicación de las principales infraestructuras y daños provocados por esta riada de 1793 (fuente: Gonzalo Martínez Español, 2006).



Más hacia aguas abajo del azud superior de la Huerta Mayor se localizaba el molino del Puente del Baño, junto al que se encuentra el Puente del Baño construido a mediados del siglo XIX. En una reforma de esta estructura realizada en torno al año 1940, se pudo evidenciar la existencia de antiguos sillares y estribos junto al mismo, lo que indicaría la existencia de puentes anteriores destruidos por las avenidas del Tarafa.

En las proximidades del casco urbano de Aspe se encuentra el azud de Perceval, también conocido como la rafa de la Acequia Nueva de la Huerta Mayor, y que servía para regar las tierras más alejadas de la población. En este azud de 20 m de longitud y 3.25 m de altura, construido en torno a 1830, se tiene constancia del refuerzo en su estructura después de una importante crecida del Tarafa en 1853.

En el acueducto de Perceval, próximo a él y al que se le supone una antigüedad anterior al siglo XVII, también hay evidencias de que haber sido reconstruido en diferentes ocasiones, debido a los daños generados sobre él por crecidas del río.

Por tanto, a pesar de no disponer de una información precisa sobre niveles de agua ocasionados por estas riadas, ni sobre la magnitud de las lluvias que los ocasionaron, sí hay evidencia de crecidas históricas del río Tarafa desde tiempos remotos a partir de los efectos generados de las mismas.

## **6.1 EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA POBLACIÓN EN TORNO AL CAUCE**

El núcleo urbano de Aspe se sitúa a 238 m sobre el nivel del mar, y se ubica en margen derecha del río Tarafa, sobre el piedemonte de las pequeñas sierras del Moro y Cantal de Eraes, estribaciones finales de la Sierra Negra, y que apenas se elevan 120 m sobre la población.

Existe un vínculo directo entre el desarrollo de Aspe y el propio Río Tarafa, ya que sus surgencias de agua han ayudado a fijar el asentamiento de esta población, al permitir desde tiempos remotos actividades agrícolas y mineras, básicamente. Actualmente se ha constatado que el corredor natural del río Vinalopó sirvió de vía de conexión entre la costa y la meseta ibérica, habiéndose encontrado multitud de asentamientos prehistóricos en la zona.

La población de Aspe se ha desarrolló históricamente en la margen derecha del cauce del río Tarafa, como puede verse en esta fotografía aérea de mediados del siglo XX, y en la que aún no se había producido el desarrollo urbano actual.



Como se puede apreciar el antiguo casco urbano se ubicó ligeramente elevado respecto a los campos de su entorno, por ello, el emplazamiento de población resultaba idóneo para la protección frente a inundaciones. Esta localización de la antigua villa hacía que en caso de que se produjeran desbordamientos del Tarafa en sus inmediaciones, el flujo tendería a circular hacia la margen izquierda, alejándose de la ciudad.

Actualmente, la trama urbana se ha extendido hacia ambos lados del cauce, y también hacia aguas arriba de su ubicación inicial, en dónde el curso fluvial deja de estar definido. Esto ha incrementado el riesgo de que las aguas desbordadas alcancen zonas urbanizadas.

## **6.2 COMPORTAMIENTO ACTUAL DE LA ZONA FRENTE A INUNDACIONES**

A pesar que no se ha localizado documentación concreta sobre inundaciones históricas, sí se tiene constancia de que estas han tenido lugar en el cauce del río Tarafa. Por ejemplo, como se verá más adelante, al acueducto de Perceval que conecta las acequias del Fauquí y El Alja, para poder realizar transvases entre ambas ha sido dañado o incluso destruido en diferentes crecidas del río Tarafa.

En el presente apartado se exponen algunas fotografías que se han podido tomar durante episodios de lluvias fuertes en la zona. A pesar de que no ilustran inundaciones de importancia, sí dan una idea del funcionamiento hidráulico en alguno de los puntos conflictivos de este término municipal.



Foto del Barranco de las Delicias antes de llegar a la carretera CV-845 y mirando hacia aguas arriba. Se aprecia como la escorrentía superficial baja por el mismo Camino de las Delicias, que hace de barranco.



Foto: Barranco de las Delicias aguas abajo del cruce con la CV-845, mirando hacia aguas arriba. Éste desborda de forma intermitente hacia los campos adyacentes.



Foto: El agua desborda hacia los campos de la margen derecha del Camino de las Delicias; los campos quedan encharcados.



Foto: Cruce del Camino Viejo del Hondón con el hipotético curso de agua procedente de la Rambla de la Romana y del Barranco de las Delicias, punto situado aguas arriba de la reaparición de cauce del Río Tarafa, mirando hacia aguas abajo. La inexistencia de obras de drenaje hace que el flujo circule sobre el camino.



Foto: Cauce del Río Tarafa, que aparece con toda su sección tras el cruce con el Camino Viejo del Hondón.



Foto: El Camino Viejo del Hondón hace igualmente de cauce, bajando a través de él la escorrentía superficial. Los coches circulan por la parte central del camino que es el único sitio transitable.



Foto: Camino de acceso al polideportivo, mirando hacia aguas abajo, que hace también de rambla incluso para lluvias reducidas.



Foto del Camino Viejo del Hondón aproximándose a la población de Aspe, mirando hacia aguas abajo. Circular a través de él en situación de lluvia se antoja complicado.



Foto: A través del Camino de la Romana circula también un cierto caudal en superficie para periodos de retorno reducidos. Bajo el puente el agua se encharca, aunque desagua hacia su margen izquierda buscando el cauce del Río Tarafa.



Foto: El parque situado a la altura del cruce del camino anterior con el Río Tarafa, sirve de cauce al que desaguan los tubos drenajes que se distinguen al fondo.



Foto realizada en el punto anterior hacia aguas abajo. El agua cruza sobre la carretera por coronación y se incorpora al cauce que está a menor cota a su entrada a Aspe. Este punto de la carretera es muy peligroso, con grave riesgo de pérdida de vidas humanas en caso de arrastre de algún coche hacia el cauce.



Foto del cruce del Barranco de las Delicias con la CV-845, mirando desde Aspe hacia Hondón de las Nieves; se aprecia como el camino hace de barranco. Este cruce es peligroso pues el agua alcanza transversalmente a los vehículos que cubren esta ruta muy frecuentada. Es fácil que algún coche se vea arrastrado por la corriente.



Foto realizada en dirección contraria de la foto anterior, y desde el otro extremo, mirando hacia Aspe.



Foto realizada en mitad del cruce, mirando hacia aguas abajo del Camino de las Delicias; la riada ocupa la totalidad del camino que desaparece bajo el agua. El flujo desborda por la margen derecha, pasando a los campos. Transitar por este camino en condiciones de crecida resultará extremadamente peligroso.



Foto: Cauce del Río Tarafa, entre el camino del Tolomó y el de las Delicias.



Foto: El flujo circula a través de las terrazas, anegando totalmente las parcelas.

## **7 ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO**

La cuenca del Río Tarafa tiene una orientación NW-SE en su cabecera, conocida como la Rambla de la Romana, quedando delimitada por los relieves de la Sierra del Reclot, Cerro de Algesar y Sierra de Beltrans. Aguas abajo, el curso bordea la Sierra de Horna y el valle adquiere una dirección SE-NW hasta su desembocadura en el Río Vinalopó.

Los relieves de la zona son en general de poca entidad, no llegando a los 700 metros. Destacan los 1.239 metros de la Sierra de Salinas y los 1.043 metros de la Sierra de Reclot.

En esta región resulta característica la presencia de glacis, que son formaciones geomorfológicas consistentes en amplios planos inclinados que dan continuidad al pie de las montañas hacia los barrancos. Estas formaciones abundan tanto en el Alto Vinalopó, como en el Medio, y su presencia es constante en la cuenca del Río Tarafa.

El clima de la zona es de tipo semiárido, con veranos secos y cálidos e inviernos húmedos con temperaturas suaves. Las precipitaciones medias anuales son escasas, siendo éstas muy intensas y de corta duración. Esta distribución de las precipitaciones condicionará en gran medida el comportamiento de los cursos fluviales de la zona, que suelen ser de carácter torrencial, y a menudo coincidentes con caminos tal y como se aprecia en la figura adjunta, correspondiente a la Rambla de la Romana.



En el presente apartado se estudiará la geomorfología de la región, incluyendo el análisis de los diferentes cursos fluviales que conforman la cuenca del Río Tarafa hasta su desembocadura en el Río Vinalopó, así como su comportamiento y las posibles afecciones a los terrenos colindantes.

## **7.1 GEOLOGÍA**

Desde el punto de vista geológico, la zona objeto de estudio se encuentra en la parte oriental de las zonas externas de las cordilleras Béticas. En ella se pueden diferenciar dos tipos de formaciones; las correspondientes a la Zona Subbética delimitando la zona occidental, y la Zona Prebética, correspondiente al resto de los bordes de la cuenca. (Mapa geológico 1:50.000, Hoja 870 Pinoso).

El entorno de la cuenca del Vinalopó se constituye sobre una gran depresión de origen tectónico conocida como la Fosa Estructural Triásica del Vinalopó, con una longitud de unos 60 km y que salva un desnivel cercano a los 500 metros. Se trata de una región muy afectada por procesos tectónicos y por un intenso diapirismo.

Las áreas que abarcan los tramos Alto y Medio Vinalopó conforman un gran corredor de orientación NW-SE, que abre paso a las aguas en dirección al mar. El cauce objeto de estudio tiene precisamente esta orientación.

En el Alto Vinalopó esta depresión se rodea de alineaciones montañosas de orientación prebética, es decir; SW-NE. En el Medio Vinalopó también se encuentran algunas estribaciones que prolongan las anteriores, como la Sierra del Fraile o las montañas de Salinas, que se siguen prolongando hacia la región septentrional en el valle de Beneixama, entre la Fontarella y la Solana, todas ellas manteniendo su componente bética.

### **7.1.1 ZONA SUBBÉTICA**

Los materiales más antiguos de esta zona corresponden a las arcillas y yesos del Keuper, que afloran principalmente al SE de Aspe y actúan de nivel de despegue en el cabalgamiento subbético-prebético. Sobre este nivel descansan dolomías y calizas del Lias, que pueden alcanzar espesores superiores a los 500 metros. El Jurásico Superior está representado por un

conjunto de margas y calizas nodulosas de menor espesor que las unidades infrayacentes.

El Cretácico se presenta formado por margas y margocalizas, mientras que el Eoceno lo hace por medio de calizas arenosas y margas.

### **7.1.2 ZONA PREBÉTICA**

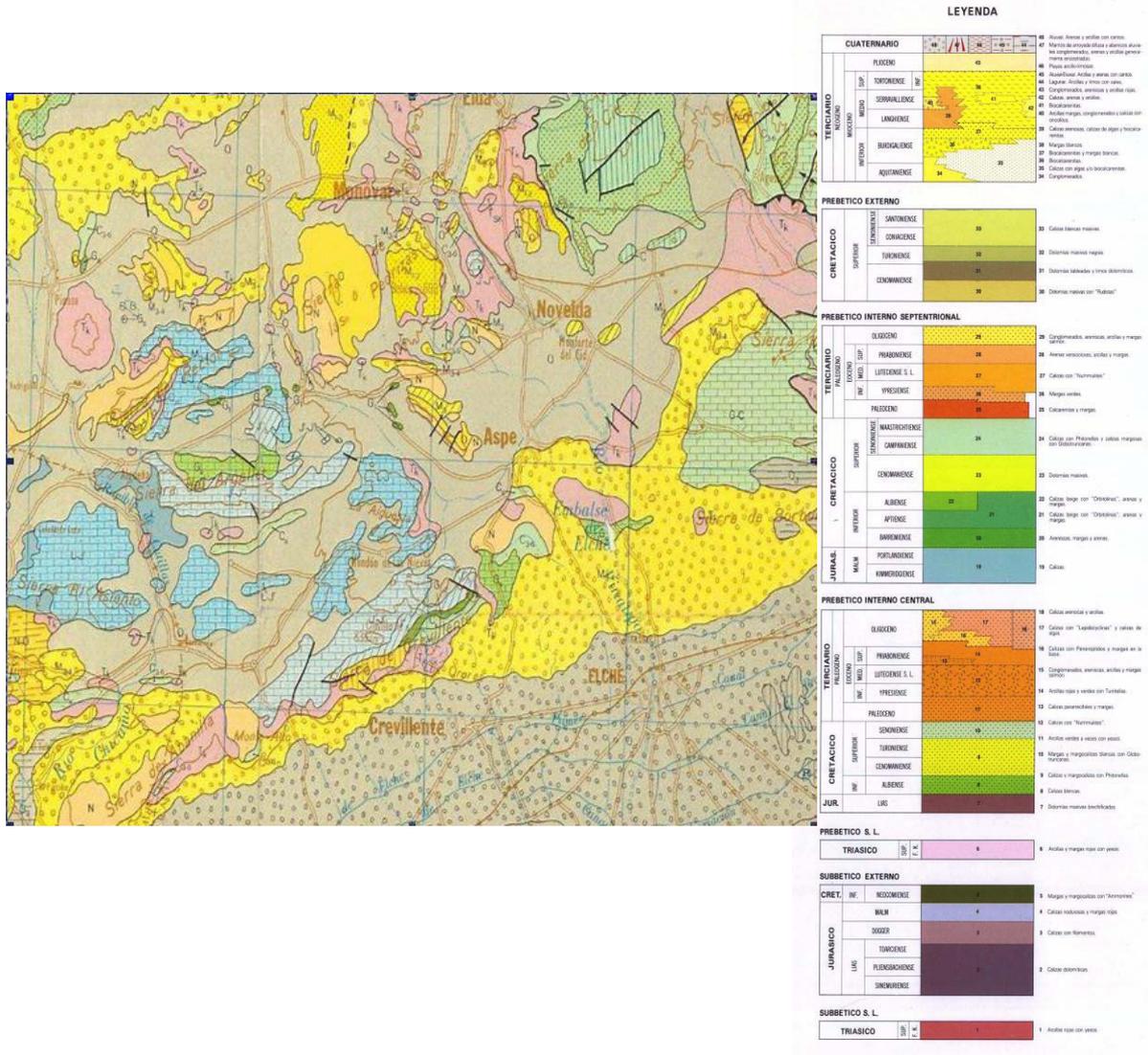
Los materiales más antiguos de esta zona son de edad Albiense, y consisten en margas y margocalizas arenosas grises, de espesor superior al centenar de metros. Afloran en diferentes puntos a lo largo de la carretera Aspe-Crevillente y en la desembocadura con el Vinalopó.

El Eoceno está representado por un conjunto de calizas, areniscas, margas y margocalizas, llegando a potencias superiores a los 200 metros. Los materiales Oligocenos son también calizas y margas, aunque su espesor es inferior al de los anteriores materiales. Por último, el Mioceno aparece conformado por calizas y margas grises, con alguna intercalación de conglomerados al sur de Aspe.

### **7.1.3 MATERIALES CUATERNARIOS**

Estos depósitos conforman la mayor parte de la cuenca objeto de este estudio, tapizando la práctica totalidad de los fondos de valle. Son materiales de origen detrítico (conglomerados, arenas y arcillas) que, si bien en ocasiones afloran como acumulaciones de cantos angulosos, aparecen antropizados en casi su totalidad con una edafización bien desarrollada.

En la figura siguiente se representa un esquema geológico regional. Éste corresponde a la hoja 72 (Elche) del Mapa Geológico de escala 1:200.000.



## **7.2 CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA**

Los cursos fluviales de la cuenca son generalmente difusos, trasegando caudal únicamente en épocas de grandes lluvias.

La geología regional ha influido de forma directa en la estructura hidrológica del entorno de Aspe, ubicado en el Vinalopó medio. Uno de los aspectos más influyentes en la red hidrológica es la presencia de una sucesión alternante de horts y fosas en el territorio, con dirección predominante suroeste - noroeste, que viene motivada por una tectónica de fractura, asociada a su vez a la alta sismicidad histórica de la región. De este modo, desde Aspe hacia Villena se pueden identificar multitud de fajas diapíricas. El movimiento de estas fallas ha ido ocasionando a lo largo del tiempo la creación de zonas casi aisladas y endorreísmos en las márgenes del Vinalopó. Por ejemplo, una de esas grandes fosas fue utilizada para la construcción del pantano de Elda en el siglo XVIII, aprovechando también su geología margo-caliza del terciario.

Un ejemplo de dichos endorreísmos se tiene en la zona de los Hondones, donde su propia toponimia ilustra la cartografía de la zona, aunque también resultan ilustrativas las zonas de Pla Mañá, Úbeda, y El Hondo, en el entorno de Monóvar.

Históricamente, estas zonas deprimidas conformaban humedales interiores, que fueron explotados a partir del siglo XVIII debido al desarrollo agrícola y a la escasez de aguas de la región, acabando finalmente desecados.

A pesar su carácter pasado de zonas húmedas apenas llega a vislumbrarse en la actualidad, en aguaceros de elevada magnitud el agua sigue circulando hacia estas áreas deprimidas, por lo que actualmente pueden llegar a inundarse con precipitaciones de elevada intensidad.

En algunas de estas zonas el endorreísmo no resulta completo, por lo que si la inundación presenta un elevado nivel de agua, la cubeta puede llegar a superar su capacidad de almacenamiento y verter hacia una nueva salida natural. Esto es lo que pasa con la cubeta del Pla Mañá, que para niveles elevados se acaba conectando con la Rambla de la Romana, que a su vez, acaba confluyendo al Río Tarafa.

Por la margen derecha del Vinalopó, se genera una estructura hidrográfica en el corredor Novelda - Monforte del Cid - Aspe.

En esta zona se identifican cuencas de pequeño tamaño que son capaces de generar elevados caudales pico en poco tiempo, con máximos por encima de 100 m<sup>3</sup>/s en cuencas de apenas 50 km<sup>2</sup>. La explicación de este comportamiento se basa en diferentes factores, entre los que cabe destacar su elevada pendiente, la escasez de vegetación y sobre todo, la geología de la región con presencia de margas del periodo Cretácico y Mioceno, o arcillas y yesos del Trías. Estos dos últimos factores contribuyen de forma directa a elevar los coeficientes de escorrentía de los suelos. Se trata por tanto de cauces efímeros pero de elevada peligrosidad.

El cauce principal es el del Río Tarafa, que discurre en dirección SW-NE, atravesando la localidad de Aspe en su curso hacia su desembocadura en el Vinalopó por la margen derecha de éste último, en el límite oriental de la cuenca. Este río es uno de los principales afluentes del Vinalopó.

El tramo noroccidental corresponde a la mencionada "Rambla de la Romana" y no presenta un cauce definido en su parte baja, llegando incluso a desaparecer debido a la elevada antropización de la zona. Ésta se debe básicamente a aprovechamientos agrícolas que aterraron el cauce hace apenas unas décadas. Dicho cauce actúa como una verdadera rambla, llevando grandes volúmenes de agua y sedimentos en época de lluvias. En el caso del transporte sólido, la elevada pendiente en la zona hace que la capacidad del curso para acarrear material sea elevada.

Tanto la amplitud en la divagación del cauce como el arrastre de material en suspensión provoca desbordamientos en épocas de avenidas, generando perjuicios a los terrenos agrícolas colindantes. Por el contrario, el tramo final del río entre Aspe y la desembocadura en el Vinalopó, aparece encauzado de manera artificial; esto hace que presente un cauce bien definido, y que el riesgo de inundación en los terrenos adyacentes sea escaso e incluso nulo.

En la figura siguiente se ilustra la hidrología e hidrogeología de la zona de estudio. De nuevo la fuente de información corresponde al Mapa geológico de escala 1:200.000, Hoja 72 Elche.



LEYENDA LITOLÓGICA

HOLOCENO	①	1- Arcillas y limos IMPERMEABLE
	②	2- Arenas, arcillas y limos PERMEABLE
PLEISTOCENO	③	3- Gravas y arenas MUY PERMEABLE
	④	4- Areniscas PERMEABLE
PLIOCENO	⑤	5- Limas y arcillas IMPERMEABLE
	⑥	6- Margas IMPERMEABLE
	⑦	7- Areniscas, arenas y limos PERMEABLE
CRETÁCICO	⑧	8- Calizas y areniscas PERMEABLE
	⑨	9- Calcareonitas MUY PERMEABLE
	⑩	10- Calizas MUY PERMEABLE
	⑪	11- Rocas volcánicas IMPERMEABLE
TRIÁSICO	⑫	12- Margas y margocalizas IMPERMEABLE
	⑬	13- Calizas y margas PERMEABLE
JURÁSICO	⑭	14- Calizas MUY PERMEABLE
	⑮	15- Arcillas y arenas IMPERMEABLE
	⑯	16- Calizas y margas PERMEABLE
CRETÁCICO SUPERIOR	⑰	17- Calizas MUY PERMEABLE
	⑱	18- Margas y margocalizas IMPERMEABLE
CRETÁCICO INTERIOR	⑲	19- Calizas MUY PERMEABLE
	⑳	20- Calizas y margas PERMEABLE
CRETÁCICO INFERIOR	㉑	21- Dolomitas MUY PERMEABLE
	㉒	22- Arenas y/o arcillas PERMEABLE Y/O IMPERMEABLE
	㉓	23- Calizas y margocalizas PERMEABLE
CRETÁCICO INFERIOR	㉔	24- Margas, margocalizas o arcillas y dolomitas IMPERMEABLE
	㉕	25- Calizas y/o dolomitas MUY PERMEABLE
CRETÁCICO INFERIOR	㉖	26- Dolomitas y calizas MUY PERMEABLE
	㉗	27- Dolomitas MUY PERMEABLE
	㉘	28- Dolomitas PERMEABLE
PERMIANO	㉙	29- Rocas carbonatadas y metabasitas MUY PERMEABLE A IMPERMEABLE
	㉚	30- Arcillas y yesos IMPERMEABLE
DEVONIANO	㉛	31- Dolomitas PERMEABLE
	㉜	32- Esquistos y cuarcitas IMPERMEABLE
PRECAMBRICO		

### **7.3 GEOMORFOLOGÍA**

La nueva normativa del PATRICOVA de 2015 introduce un nuevo concepto de peligrosidad geomorfológica, asociándolo a los que sería un séptimo de nivel de riesgo frente a inundaciones no contemplado en la norma de 2003. Éste se refiere a aquellas zonas susceptibles de sufrir daños frente a riesgos geomorfológicos. Por ejemplo, se incluirán en este nivel la activación de posibles paleocauces, conos aluviales, áreas con riesgo de flujos hiperconcentrados, o tramos que puedan sufrir cambios geomorfológicos severos, consecuencia de crecidas de acarreo o transporte sólido de cualquier tipo (por ejemplo, restos de vegetación). Estas zonas resultan a menudo difíciles de delimitar, ya que pueden estar inactivas durante muchas décadas, por lo que es habitual que no se tenga una percepción de riesgo sobre ellas.

Analizando de forma global la cuenca del Tarafa, se aprecia como los materiales cuaternarios se encuentran delimitados al Oeste por los relieves Subbéticos; al Sur, por la prolongación oriental de la Sierra de Crevillente; y al Norte, por los materiales neógenos de las Sierras de Horna y Salinas. En su borde oriental, como ya se ha comentado, los materiales se prolongan por la cuenca del Río Vinalopó.

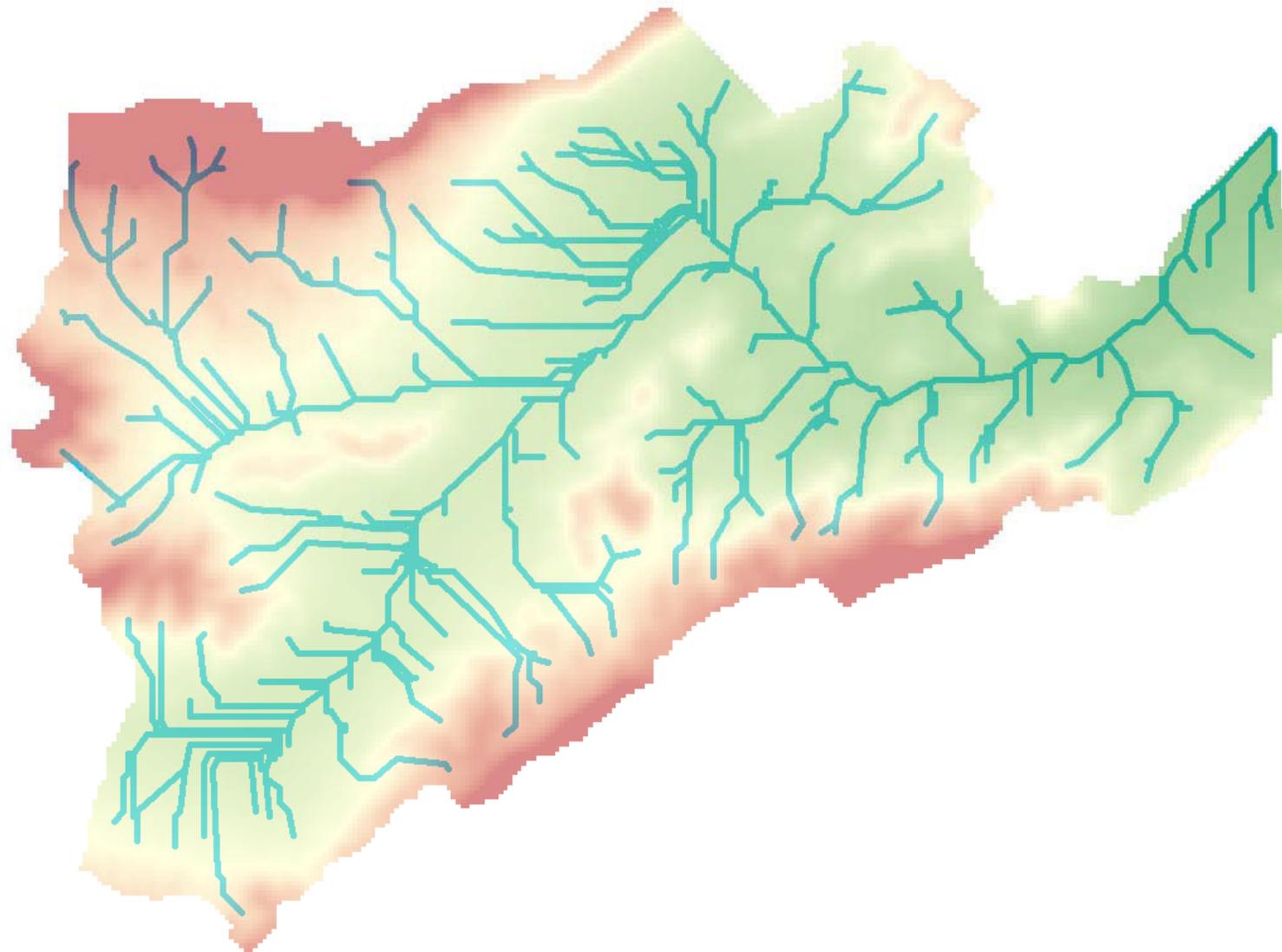
Como en la mayoría de valles con esta configuración, los materiales aluviales presentan dos tipos principales de morfologías: depósitos aluviales, y abanicos aluviales y mantos de arroyada difusa. Los primeros son arenas y arcillas con niveles conglomeráticos producto de aportes efímeros, y se sitúan tapizando el fondo del valle en las zonas más próximas al cauce. En cuanto a los segundos están formados por conglomerados, arenas y arcillas, generalmente encostrados. Se sitúan en las zonas más próximas a los relieves escarpados que conforman los límites de la cuenca, y en ocasiones se disponen formando superficies planas de escasa pendiente denominadas glacis.

Estos depósitos se encuentran frecuentemente cultivados, con un encostramiento edáfico desarrollado. Estos glaciares aparecen indentados con conos de deyección, generados por pequeños torrentes que depositan la carga de forma repentina al perder velocidad.

Además, se ha descrito en los apartados anteriores, existe una gran fosa tectónica en la región de Hondón de los Frailes y Hondón de las Nieves, con una extensión de unos 70 km<sup>2</sup> y una altitud de en torno a 400 m, rodeada de formaciones jurásicas que se elevan por encima de los 800 m en la sierra de Crevillente o incluso 1000 m en la de Argallat. Esta zona apenas tiene una pendiente media del 2%, muy inferior a la pendiente media de los valles por la margen derecha del Vinalopó. Las intrusiones triásicas que se han producido en el interior de la fosa han generado áreas aisladas de carácter endorreico, tal y como vienen definidas en su propia toponimia. Para crecidas pequeñas, el agua se almacena en ellas, pero para precipitaciones importantes el agua puede rebosar buscando nuevas vías de escape.

El Barranco del Tolomó, también conocido como Barranco de Las Delicias, constituye un desagüe de esa fosa de Hondón de las Nieves, que presenta una evolución remontante. Se podría decir por tanto que tiene funciones de cauce en su tramo medio y bajo, pero un paleocauce en su tramo alto. Al drenar este barranco esta depresión tectónica que ilustra el mismo topónimo del "Hondón", rodeada de elevaciones del periodo Terciario, fuerza al trazado de este barranco a tener una configuración extraña, con diferentes cambios de dirección casi en ángulo recto.

En la figura siguiente se ilustra este aspecto, mediante un modelo digital de este barranco de Las Delicias.

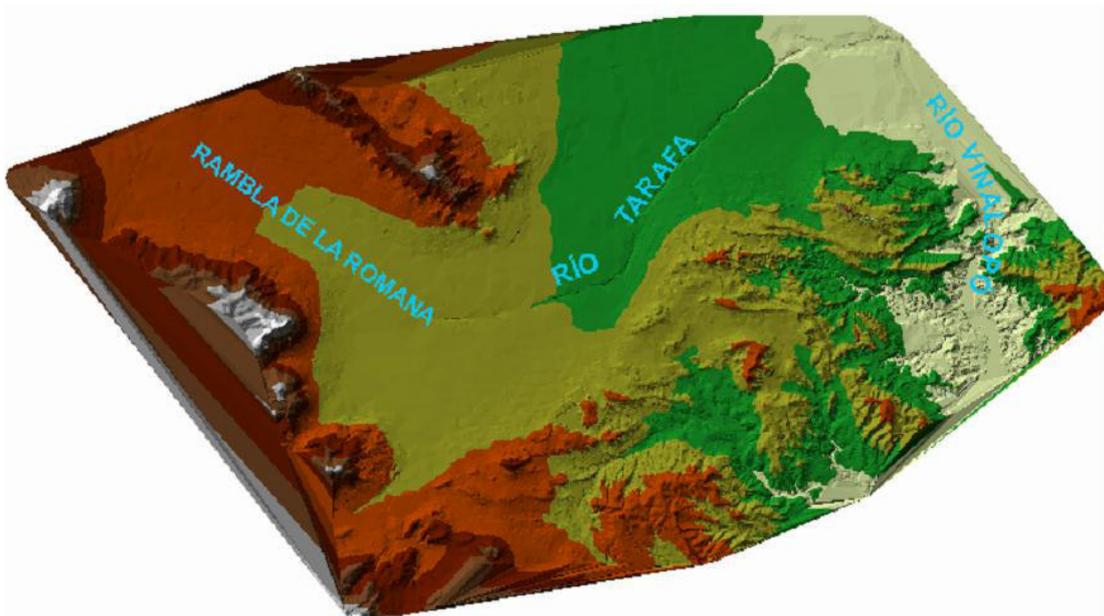


**Figura. Modelo de Elevación Digital de la cuenca del Barranco de las Delicias.**

Desde el punto de vista litológico los suelos presentan una gran diversidad de materiales, con depósitos de cantos, gravas, arenas, limos y arcillas. También pueden encontrarse restos de materia orgánica en las terrazas más próximas a los cauces.

La escasa cubierta general asociada al clima semiárido, da lugar a multitud de acarcavamientos, algunos con carácter de pequeñas ramblas sin denominación. Esto da lugar a pequeños torrentes de escaso recorrido que presentan un funcionamiento intermitente, con un trazado sinuoso y encajado en el relieve.

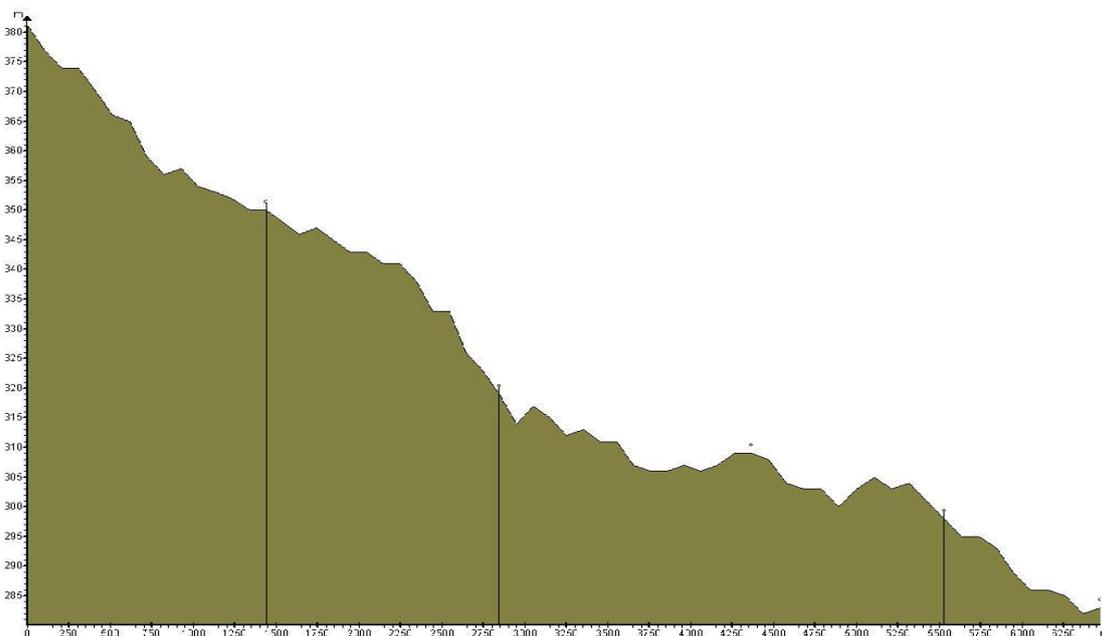
A continuación se presenta un modelo digital del terreno realizado para la cuenca del Río Tarafa en el entorno del Término Municipal, objeto del presente estudio. Aproximadamente en el punto en el que la Rambla de La Romana pasa a denominarse Río Tarafa, confluyen desde el sur las aguas procedentes del Barranco de Las Delicias.



En este modelo digital se distinguen de forma clara las zonas más deprimidas de las más montañosas. Se aprecia igualmente lo encajado que queda el Río Tarafa en comparación con el cauce de la Rambla de la Romana, que resulta tan difuso que apenas puede distinguirse en el modelo. Esto se debe a los aterramientos agrícolas realizados en este entorno.

Como ya se ha comentado con anterioridad, el comportamiento de los cursos fluviales en la cuenca es torrencial en su mayoría, sobre todo en la Rambla de la Romana. En la mayor parte del año apenas discurre caudal por la misma; pero en épocas de lluvias se originan desbordamientos.

Este carácter torrencial está muy vinculado a las pendientes en la cuenca; en la figura siguiente se ilustra la distribución de pendientes a lo largo de la Rambla de la Romana.

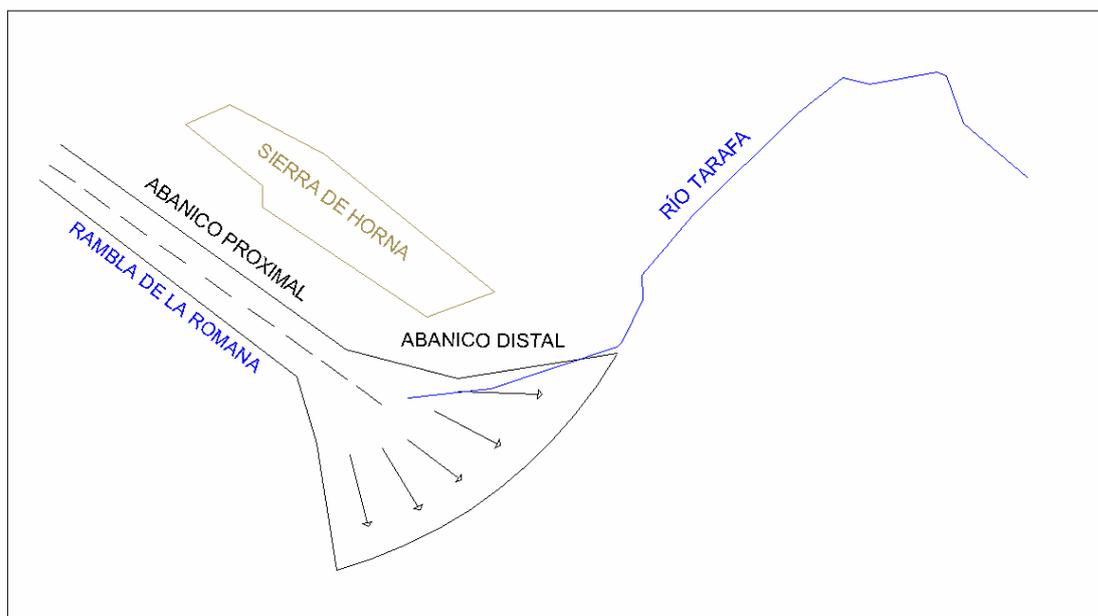


Como puede observarse en este gráfico de pendientes de la Rambla de la Romana hay un tramo inicial con una pendiente mayor, de unos 3.000 metros de longitud aproximadamente. Dicho tramo correspondería a la parte proximal del abanico; desde este punto comenzaría la zona distal del mismo, con una pendiente mucho menor.

El comportamiento del curso fluvial en esta zona es el típico de los cauces que discurren sobre abanicos aluviales; en épocas de lluvias el agua puede discurrir por cualquier punto a lo largo de toda la formación, normalmente formando un conjunto de pequeños canales braided que se desplazan lateralmente con

facilidad. La zona de la Rambla de la Romana correspondería a la parte proximal del abanico, más cercana a las zonas elevadas y con mayores pendientes que el resto. En la parte distal del abanico el curso pierde energía y deposita el material acarreado desde la rambla. Configura una zona de menor pendiente y mayor amplitud, con forma característica de media luna. El cauce tiene capacidad para desplazarse a lo largo de toda su superficie, mucho mayor que en la parte proximal; esto provoca que las afecciones a las propiedades que se asientan sobre esta zona sean frecuentes.

En la figura siguiente se presenta un esquema explicativo de la confluencia entre la Rambla Romana y el Río Tarafa, que se produce de forma difusa al no existir cauce en este tramo final.

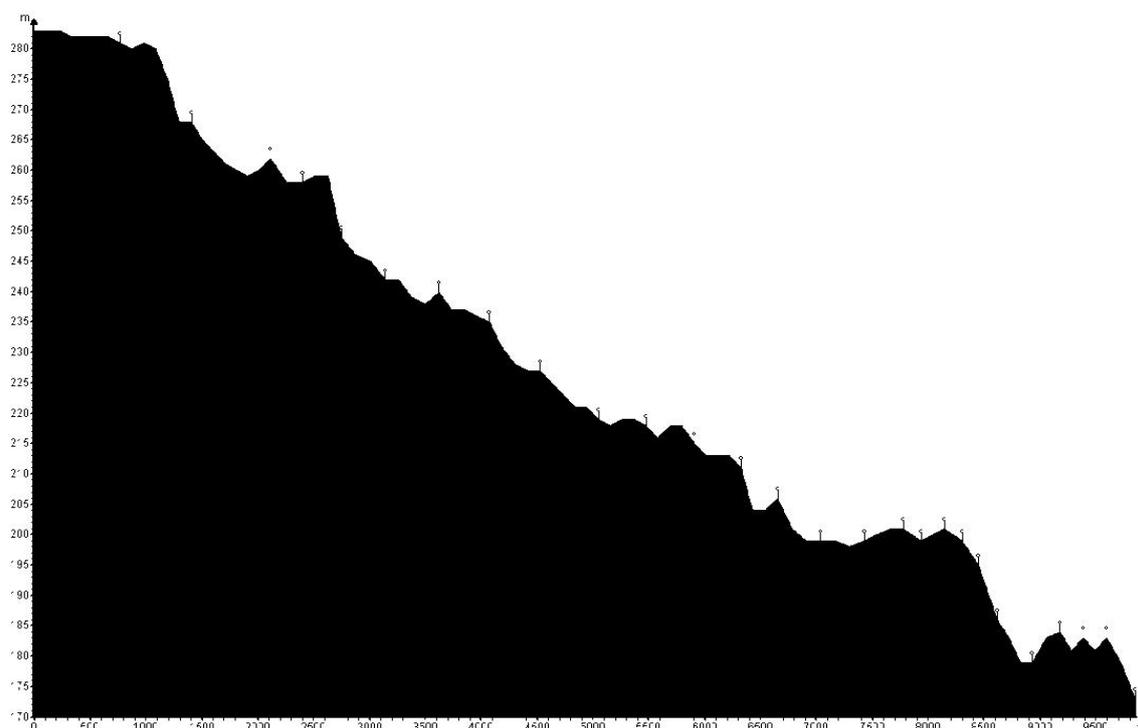


El Río Tarafa discurre actualmente por la margen izquierda del abanico aluvial y su capacidad de desbordamiento se centra en los terrenos situados en la margen derecha del mismo, ya que a su izquierda se encuentra limitado por el escarpe de la Sierra de Honda. Dichos terrenos presentan unos niveles inferiores en el entorno de los caminos del Tolomó y de las Delicias. Este último coincide con el principal afluente del Río Tarafa en la región; el Barranco de las Delicias. La cuenca vertiente del Barranco de las Delicias presenta una

superficie importante, de 73.72 km<sup>2</sup>, y se incorpora al valle del Río Tarafa entre dos elevaciones montañosas conformando un cono aluvial que salva un desnivel importante. Sobre este cono aluvial discurre el denominado Camino de las Delicias, siguiendo su línea de máxima pendiente.

Desde que el cauce del Río Tarafa reaparece tras la desaparición de la Rambla de la Romana, y hasta su desembocadura en el Río Vinalopó, éste presenta un cauce muy marcado. En algunos tramos se intuye incluso la intervención humana en la conformación del cauce. De este modo, aunque en alguno de sus tramos la pendiente sea importante como se observa en el gráfico, las épocas de avenidas se ven amortiguadas y los daños en ambas márgenes del río se minimizan hasta casi desaparecer.

En la figura adjunta se identifica la distribución de pendientes a lo largo del Río Tarafa.



## **7.4 CONCLUSIONES**

El Río Tarafa en su entrada al Término Municipal de Aspe (zona de la Rambla de la Romana) no posee un cauce bien definido, debido principalmente a la antropización en forma de transformaciones agrarias. Dado que la mayor parte del año no discurre agua por la misma, los problemas se centran en la época de lluvias. El tipo de precipitaciones características de este tipo de clima, cortas e intensas, hace que se origine un flujo torrencial que ayudado por las elevadas pendientes que presenta alguno de los tramos, arrastra material que luego depositará en el tramo distal del abanico aluvial. La amplitud en la divagación del cauce en esta zona no es muy elevada, por lo que la afección a las propiedades adyacentes tampoco lo es.

En el tramo distal la pendiente disminuye notablemente y se depositan los materiales transportados desde aguas arriba. La divagación en esta zona es mayor, con una amplitud que abarca toda la superficie del abanico. En esta parte, también colonizada por cultivos, los daños a las fincas son mayores y afectan a una mayor superficie.

Por tanto un encauzamiento de toda esta zona, desde los relieves de la Sierra del Reclot hasta la cabecera del Río Tarafa, al sur de la Sierra de Horna, mejoraría notablemente la situación de las propiedades de la zona.

Destaca igualmente la importante entrada lateral por la margen derecha del Río Tarafa, procedente del Barranco de las Delicias, y que se produce de forma difusa al no tener un cauce claramente definido. El flujo de este barranco se concentra en un pequeño cono aluvial a la entrada del valle del Río Tarafa, que a pesar de sus dimensiones, no muy relevantes, presenta una gran peligrosidad durante las crecidas. El elevado riesgo existente en este cono aluvial se debe al importante desnivel que presenta, y al fuerte estrechamiento del Barranco de las Delicias antes de incorporarse al cono, lo que genera una fuerte concentración de energía en el flujo de crecida.

## **8 SITUACIÓN ACTUAL**

### **8.1 RÍO TARAFÁ**

En el presente apartado se exponen algunas fotografías de los puntos más significativos del tramo final del Río Tarafa, desde aguas arriba hacia aguas abajo.

En primer lugar se muestra el interior del cauce del Tarafa antes de llegar al casco urbano de Aspe, es decir, previo al cruce con la N-330. Como puede apreciarse, el cauce presenta una gran amplitud.



A continuación se muestra la obra de drenaje transversal realizada para el cruce del Río Tarafa con la CV-84 (antigua N-325), vista desde aguas arriba de dicha carretera, en dirección hacia el pueblo.

Se trata de tres colectores de gran tamaño, el central mayor que los otros dos laterales. Aunque se trata de elementos de gran capacidad de evacuación, el transporte sólido de una gran crecida que arrastre sólidos y vegetación, podría obstruirlos parcial o totalmente.



A la salida de esos tres colectores, el cauce se convierte en un parque en el que desaguan directamente los mismos. Se trata por tanto de un tramo de elevada peligrosidad, debido a la concentración de flujo que se genera en este tramo, y a las altas velocidades esperables a la salida de los conductos.



En la figura siguiente se muestra una vista aérea de este parque, en donde puede apreciarse el encaje de éste entre dos de las principales vías de comunicación que dan servicio a la localidad.



Este parque continúa con uno de los puntos más peligrosos del trazado, el cruce con la carretera local CV-846 de Aspe a La Romana, en la que el tránsito de vehículos es frecuente. La crecida la atravesaría transversalmente con una velocidad importante, tras la acumulación de energía generada por la concentración del flujo aguas arriba de los conductos, por lo que el riesgo de que en este punto pudiera haber daños personales resulta evidente.



Lindando con la carretera, se dispone de un sumidero de escasa capacidad que colabore a trasegar parte del flujo por debajo de la vía.

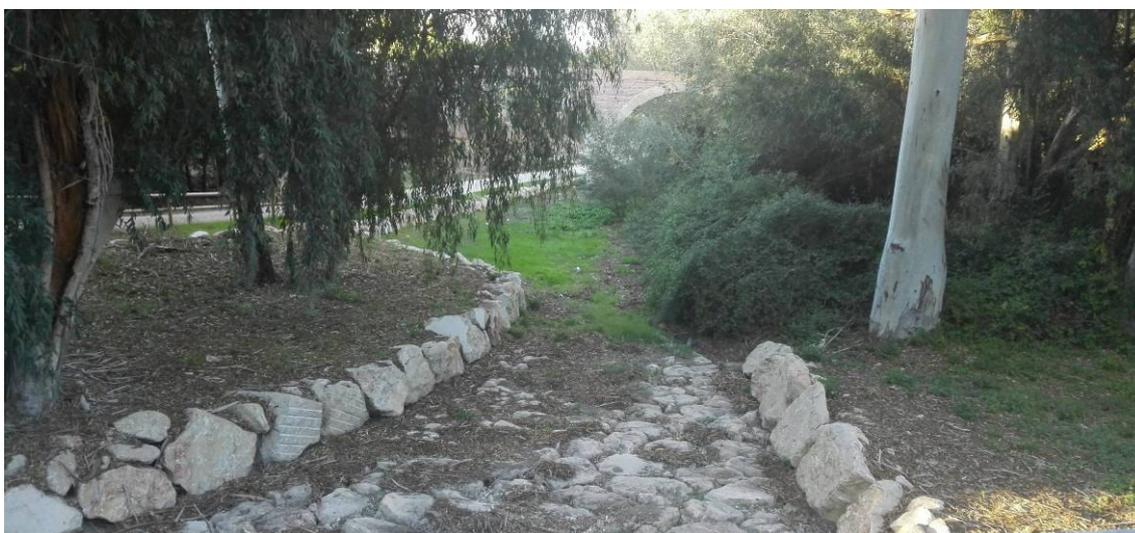


Para escorrentías de escasa magnitud, éste cumplirá con su función de forma adecuada, pero para crecidas de elevado periodo de retorno el flujo pasará por encima del sumidero, y atravesará transversalmente la carretera. Además, el transporte sólido combinado con la rejilla de protección puede generar la obstrucción de parte del mismo, reduciendo más aún su capacidad.

En la figura siguiente se muestra el desagüe de este sumidero, en forma de marco rectangular. Resulta evidente sólo a simple vista que la capacidad de éste resulta muy inferior a la de los tres conductos dispuestos en la N-330.



Aguas abajo del anterior cruce, el cauce linda ya a su derecha con la trama urbana de Aspe. Su entorno presenta un aspecto arreglado, aunque su capacidad hidráulica resulta escasa.



Continuando por el curso fluvial se llega al acueducto del Hondo de las Fuentes, o acueducto de Perceval, destinado a transvasar agua entre las acequias del Fauquí y El Aljau. Este acueducto ha sido destruido en varias ocasiones por las crecidas del Tarafa, siendo esta última reconstrucción de aproximadamente 1840.



Desde esta zona comienza un encauzamiento realizado recientemente, que acondiciona el curso de aguas bajas del río, según se ilustra en la figura adjunta, realizada al comienzo del mismo.



A 430 metros aguas abajo del acueducto, se localizan dos infraestructuras transversales al cauce que se muestran en la fotografía adjunta. La primera de ellas consiste en un paso con un pequeño puente que da continuidad a un camino local. La segunda consiste en un pequeño azud.



A unos 75 m aguas abajo de este punto se localiza una pasarela peatonal ligeramente elevada sobre un badén existente sobre el cauce, y que ha sido llevada a cabo en la restauración fluvial realizada recientemente.



Siguiendo el curso del río, a 50 metros se encuentra una nueva pasarela de madera también peatonal, ésta ligeramente elevada respecto al lecho del río.



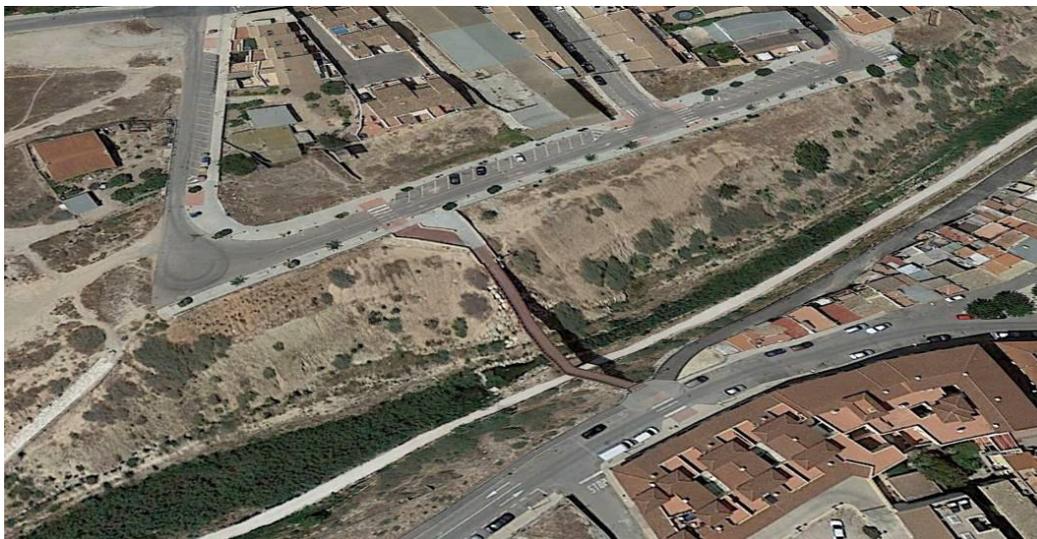
Inmediatamente aguas abajo de esta última pasarela, se localiza un pequeño azud, según puede apreciarse en la imagen aérea siguiente, obtenida del google earth.



A unos 300 m aguas abajo del anterior azud, se tiene un nuevo dique transversal que represa el flujo del Tarafa.



A 105 metros aguas abajo de dicho dique, se encuentra la pasarela que conecta la calle Luis Calatayud y la Circunvalación Castell, permitiendo el acceso entre el casco urbano de Aspe y su polígono situado al norte.



En la parte inferior de esta pasarela, inmediatamente aguas arriba de la misma, hay otro pequeño dique transversal rebajado en su parte central.



En la imagen siguiente se ilustra la pasarela anterior vista desde aguas abajo.



Continuando el curso fluvial se encuentra el puente de la Avenida Constitución, que da continuidad a la arteria principal del casco urbano de Aspe y conduce directamente al centro de la villa desde el acceso norte de la N-325. Se trata por tanto de una infraestructura muy transitada. Esta obra de paso se ilustra en la figura siguiente.



En este tramo el cauce va muy encajado como se aprecia en la vista realizada desde dicho puente hacia aguas arriba, y en la que puede verse al fondo la pasarela de acceso al polígono.



Ya saliendo de la población, se encuentra el último puente del entramado urbano de Aspe, que da continuidad a la CV-847. En su siguiente vista realizada desde aguas arriba se aprecia la amplitud del cauce en este cruce.



Mientras que desde aguas abajo, se tiene:



A unos 500 m aguas abajo de Aspe, mirando desde aguas arriba hacia aguas abajo, se puede apreciar la elevada pendiente y rugosidad del cauce del Río Tarafa.



A unos 750 m aguas abajo de la población de Aspe se localiza una balsa en el interior del cauce, que sirve de conexión con la depuradora de la localidad.



La rotura de esta balsa, cuya imagen aérea se ilustra en la figura adjunta, podría provocar daños adicionales debido a la onda de rotura.



La vegetación palustre que se muestra en la siguiente foto sobre la margen izquierda a la altura de la balsa, mirando hacia aguas abajo, indica la existencia de un caudal constante, probablemente por salidas de la depuradora.



A continuación se muestra el cauce del Tarafa a unos 300 m aguas arriba de la confluencia con el Vinalopó, mirando hacia aguas arriba, en donde se puede apreciar como el afluente se ensancha en su tramo final.



Por último se muestra la confluencia entre el Tarafa y el Vinalopó (a la izquierda) que queda más bajo, tal y como se aprecia en los árboles que están dentro de su cauce, en donde se ven sólo sus copas. La foto está hecha mirando hacia aguas abajo del Vinalopó.



## **8.2 BARRANCO DE LAS DELICIAS**

En cuanto al barranco de las Delicias, también se han identificado alguno de los puntos de su trazado, en lo que a inundaciones se refiere, y que se ilustran en las fotografías adjuntas.



Foto: Sección de estrechamiento al inicio del cono aluvial mirando hacia aguas arriba, en donde arranca el Camino de las Delicias, y el barranco que lleva su nombre.



Foto del Camino de las Delicias a 500 metros aguas abajo del punto anterior, y mirando hacia aguas arriba. Se puede apreciar la elevada pendiente de este tramo. El camino va por el interior del barranco.



Aguas abajo el cauce se estrecha y sufre dos curvas pronunciadas. Foto hecha desde la margen derecha, a la entrada de la primera curva mirando hacia aguas arriba.



Foto: Salida de la segunda curva, vista desde la margen izquierda.

### **8.3 CONCLUSIÓN INICIAL RESPECTO A LAS OBRAS DE PASO**

Los cruces que se producen entre un cauce y las infraestructuras que se requieren para cruzarlo, pueden suponer un elemento de riesgo ante inundaciones, al embalsar o retener el flujo, generando un incremento de calados aguas arriba y un incremento de la velocidad hacia aguas abajo.

En el caso del río Tarafa, los puentes principales en el entorno del casco urbano de ASPE son los siguientes:



**Puente 1:** Situado a las afueras de la población, da continuidad a la CV-847, por lo que presenta un tráfico elevado.

**Puente 2:** Situado en la Avenida Constitución da continuidad a la arteria principal del casco urbano de Aspe, y conduce directamente al centro de la villa desde el acceso norte de la N-325. Al igual que el caso anterior, se trata de una infraestructura muy transitada.

**Puente 3:** Pasarela que conecta la calle Luis Calatayud y la Circunvalación Castell, permitiendo el acceso entre el casco urbano de Aspe y su polígono situado al norte.

La conclusión preliminar que se extrae del diseño de estos puentes, a falta de los resultados que pueda proporcionar el modelo hidráulico, es que todos ellos parecen haberse diseñado con una holgura suficiente que minimice su afección potencial a la inundación.

## **9 ANÁLISIS CLIMATOLÓGICO**

### **9.1 CLIMATOLOGÍA REGIONAL**

El clima de esta región se caracteriza como mediterráneo continental, con un balance de lluvias escasas y una apreciable amplitud térmica estacional. La temperatura media máxima está en torno a los 24º, con máximos puntuales por encima de 40 grados, mientras que la media mínima es de unos 11º, con mínimos puntuales de -5º.

Estas variaciones tan extremas en los máximos se producen por las olas puntuales de calor o frío, pero no suelen ser frecuentes a lo largo del año, ni prolongadas en el tiempo, abarcando apenas unos días o semanas. En el caso de las máximas absolutas se suelen producir entre los meses de junio y agosto, por la incidencia de las masas de aire cálido procedentes del norte de África. En el segundo, las mínimas suelen deberse a olas de frío generadas por la llegada de aire del ártico, que pueden llegar a producir heladas.

La pluviometría resulta baja, con valores medios anuales de unos 300 mm según la serie histórica, aunque en las estaciones del Vinalopó alto se llega a los 380 mm. El año más lluvioso de la serie histórica fue el 1989, con 687 mm en Novelda, mientras que para encontrar el más seco hay que remontarse al año 1961, con sólo 127 mm (Fuente: Pérez Cueva, A.J.).

Las lluvias resultan muy irregulares, concentrándose en la primavera y sobre todo en el otoño, estación en la que suelen tener un fuerte carácter torrencial, con fenómenos convectivos de mesoescala (gota fría) que ocasionan registros importantes en escasas horas. Estas intensidades de precipitación en la región vienen condicionadas por las elevaciones montañosas del Terciario que provocan un efecto barrera sobre las nubes que se adentran desde el mediterráneo, favoreciendo su descarga.

A pesar de esas lluvias tan fuertes, los valores anuales son escasos, según se ha indicado. Con estos registros tan bajos el grado de aridez resulta elevado, especialmente en la época estival. Además, los elevados ratios de insolación (de unas 2800 h anuales) y la baja humedad, generan una evapotranspiración potencial muy elevada, de casi 900 mm anuales.

Todo esto provoca que los cauces sean efímeros, sin corriente de agua permanente, como el Tarafa. Sólo hay algunas excepciones en la comarca, como ciertos tramos del Vinalopó en donde sí llega a circular una corriente continua de apenas medio metro cúbico por segundo, por ejemplo, en el entorno de Santa Eulalia.

Estas características climatológicas en la región, obligaron a sus habitantes a desarrollar multitud de obras para la disposición y transporte de recursos hídricos. Es por ello habitual encontrar multitud de obras hidráulicas de origen remoto, incluso medieval, como azudes, pozos, boqueras, acueductos, etc. Un ejemplo de estas obras de regulación hidráulicas se tiene en las presas de Sax, Elda y Petrer, que datan de los siglos XVII y XVIII. También a recurrir a fuentes y manantiales para desarrollar la actividad agrícola (muy extendida en la comarca). Un ejemplo de estas captaciones se tiene en la sociedades de propietarios de La Esperanza, Descuido o La Trinidad. La primera era una sociedad minera cuyo objetivo en 1870 era la búsqueda de lignito, pero al no encontrarlo, se centra en la derivación de las aguas subterráneas que aparecían en sus galerías. En 1882 la mina Descuido proporcionaba agua a Aspe. Mientras que la sociedad minera de La Trinidad comenzó en 1887 la explotación de aguas subterráneas en Aspe. Sin embargo no eran las únicas, como las minas Redención, Humildad o Humanidad, ésta última en la margen izquierda del río Tarafa.

Según los archivos Histórico Provincial y de la Diputación Provincial de Alicante, en Aspe se identifican hasta 24 galerías de captación, algunas de las cuales corresponden a las minas antes mencionadas (M. Antequera et al.). El

caudal de muchas de estas galerías queda en torno a los 20 - 30 litros por segundo, aunque alguna de ellas, como La Alianza, alcanza los 60 litros/s.

Todo esto da a entender el esfuerzo en este territorio por captar las aguas del subsuelo, e ilustran de forma significativa la naturaleza hidrológica de este territorio.

Algunos de estos sistemas de captación de recursos hídricos que en gran medida persisten actualmente. En concreto, en la zona de estudio cabe destacar el conocido como "Acequión" de Aspe, la Acequia Superior de la Huerta Mayor, o la Acequiecita. También la antigua Acequia del Fauquí, que tomaba las aguas directamente del río Tarafa y cuyo origen se remonta a época musulmana. El reparto del agua en Aspe según las distribuciones de riego históricas, se recoge en las ordenanzas de "Riego Mayor y Fauquí" aprobadas el 30 de diciembre de 1884. Actualmente existen otras dos comunidades de regantes; la "Acequia nueva de la zona baja de la huerta mayor", aprobada en abril de 1990, y la "Virgen de las nieves" de junio de 1993.

## **9.2 ESTUDIO DE PRECIPITACIONES**

### **9.2.1 ANÁLISIS REGIONAL DE CUANTILES DE LLUVIA MÁXIMA DIARIA**

La precipitación máxima diaria anual requerida para el cálculo de la curva IDF se ha estimado basándose en la metodología planteada a partir del Estudio Regional de Precipitación del Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX.

La aplicación MAXPLU desarrollada por el CEDEX está basada en la tesis doctoral "*El modelo de función de distribución SQRT-ETmax en el análisis regional de máximos hidrológicos: Aplicación a lluvias diarias*" (1996) de D. Javier Ferrer Polo.

El MAXPLU permite obtener los valores de precipitación máxima diaria asociada a distintos períodos de retorno  $T$ , conocidas las coordenadas UTM del punto de interés dentro de la zona peninsular. Ésta a su vez utiliza otra

aplicación adicional (MAXDAT) como archivo intermedio para la definición de la cuenca.

Los cuantiles de precipitación máxima diaria anual estimados para el Barranco de las Delicias se detallan a continuación en la tabla adjunta para los períodos de retorno de interés. El coeficiente de variación estimado para la zona de estudio tiene el valor de **0,52**.

<b>T [años]</b>	<b>P<sub>d</sub> [mm]</b>
25	96
50	113
100	131
200	150
500	177

Dichos valores serán los cuantiles de precipitación diaria máxima anual considerados en la cuenca de vertiente al Barranco de las Delicias procedentes del estudio regional, según la metodología marcada por el CEDEX.

## **9.2.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE PRECIPITACIONES**

Para contrastar los resultados del estudio regional de precipitaciones y de la tormenta de diseño obtenida en el apartado anterior, se ha realizado un análisis estadístico de la serie de datos disponible.

En dicho análisis de frecuencia se han empleado los datos de precipitación registrados en la estación meteorológica de Aspe, perteneciente al Instituto Nacional de Meteorología. Ésta estación está situada 3 kilómetros al noroeste del punto de desagüe de la cuenca del Barranco de las Delicias al Río Tarafa, y se ubica en las coordenadas U.T.M.: 694743, 4247109.

No se han realizado ajustes en otras estaciones del entorno geográfico de la cuenca del Barranco de las Delicias. La estación del Instituto Nacional de Meteorología de Hondón de las Nieves, situada dentro de la zona de estudio, cuenta solamente con registros de precipitaciones diarias desde el año 1993, siendo además éste incompleto. Al tratarse de una serie demasiado corta, se ha optado por no considerar su información por no ser representativa desde el punto de vista estadístico (a pesar de su proximidad geográfica), pudiendo distorsionar la serie más larga; es decir, Aspe.

Otras estaciones cercanas disponen igualmente de series de registros cortas e incompletas: Tal es el caso, por ejemplo, de la estación Crevillente situada a sur del Barranco de las Delicias, la cual dispone de datos de precipitación diaria desde el año 1990. Algo parecido ocurre con la serie de lluvias procedente de la estación La Romana, que aunque cuenta con datos desde 1976, no dispone registros todos los años.

A partir de los datos correspondientes a la estación pluviométrica de Aspe se pueden hallar los estadísticos principales, entre ellos la media de la precipitación diaria máxima anual calculada en **46 mm**, o el coeficiente de variación de la misma variable aleatoria que resulta igual a **0,52**.

### **9.2.3 AJUSTES A LAS FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN**

A partir de la serie de precipitaciones antes expuesta, se han realizado diversos ajustes a diferentes funciones de distribución habitualmente utilizadas, cuyos resultados se presentan a continuación.

Se exponen igualmente los test estadísticos llevados a cabo para cotejar la bondad de los ajustes realizados. Los parámetros óptimos las funciones de distribución analizadas se han estimado mediante el método de la Máxima Verosimilitud.

#### **1.- Función de distribución SQRT-ETmax**

La expresión de dicha función de distribución es la siguiente:

$$F(x) = \exp \left[ -k \left( 1 + \sqrt{\alpha x} \right) \exp \left( -\sqrt{\alpha x} \right) \right]$$

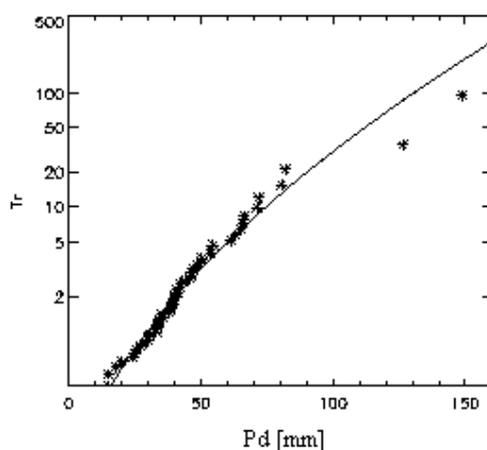
En donde:

- $\alpha$  es el parámetro de escala
- $k$  el parámetro de forma.

Los resultados obtenidos de este ajuste han sido los siguientes:

<b>T [años]</b>	<b>P<sub>d</sub> [mm]</b>
25	93
50	112
100	130
500	176

La bondad del ajuste de la función de distribución SQRT-ETmax a los datos P<sub>d</sub> [mm], se expone en la gráfica siguiente:



El resultado de este ajuste proporciona el siguiente valor para los parámetros:

- $\alpha = 0.891$
- $k = 40.61$

## 2.- Función de distribución GEV

La expresión de la función de distribución GEV es la siguiente:

$$F_X(x_i) = \exp \left[ - \left( 1 - \beta \frac{(x_i - x_o)}{\alpha} \right)^{\frac{1}{\beta}} \right]$$

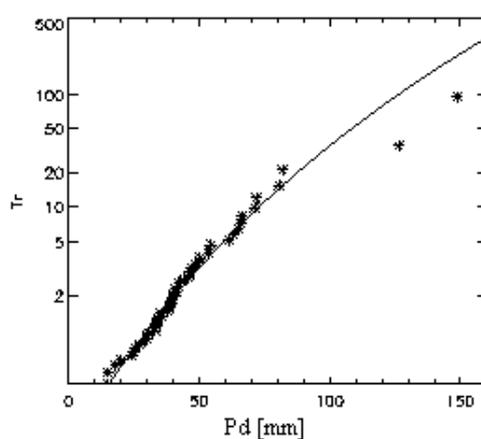
En donde:

- $\alpha$  es el parámetro escala
- $\beta$  representa el parámetro de forma
- $x_o$  se refiere al parámetro de posición.

Los resultados obtenidos para este ajuste quedan:

T [años]	P <sub>d</sub> [mm]
25	93
50	109
100	126
500	172

La bondad del ajuste de la función de distribución GEV a los datos de precipitación diaria, se expone en la gráfica adjunta:



El resultado de este nuevo ajuste proporciona el siguiente valor para los parámetros de la GEV:

- $\alpha = 14.5$
- $\beta = -0.127$
- $x_0 = 35.32$

### 3.- Función de distribución Exponencial

La expresión de esta función de distribución es la siguiente:

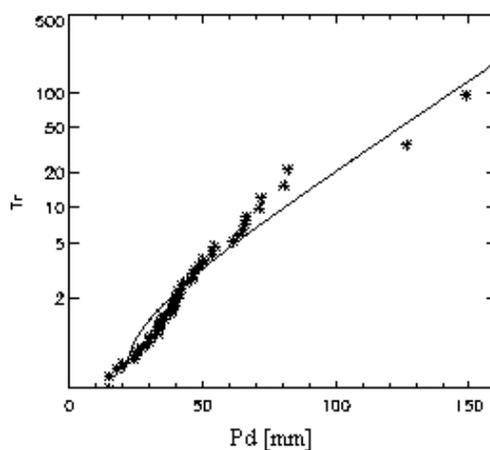
$$F(x) = 1 - \exp[-\beta(x - x_0)]$$

siendo  $x > x_0$  y  $\beta > 0$ .

Los resultados obtenidos en este caso para la precipitación diaria resultan:

T [años]	P <sub>d</sub> [mm]
25	106
50	124
100	142
500	186

La bondad del ajuste de la función de distribución exponencial a los datos de precipitación diaria, queda en este caso:



En este caso, los parámetros de la función de distribución exponencial quedan:

- $x_0 = 19.0$
- $\beta = 0.037$

#### **4.- Función de distribución Lognormal**

La expresión de la función de distribución lognormal o LN2, es la siguiente:

$$f_X(x) = \frac{1}{x\sqrt{2\pi}\sigma_Y} e^{-\frac{(\ln x - \mu_Y)^2}{2\sigma_Y^2}}$$

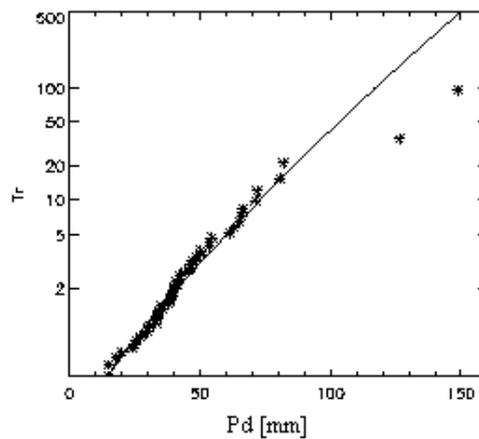
En donde:

- $\mu_Y$  representa la media de la variable tipificada.
- $\sigma_Y$  se refiere a la desviación estándar de la variable tipificada.

Los resultados obtenidos para la precipitación diaria se presentan en la tabla siguiente:

T [años]	P <sub>d</sub> [mm]
25	90
50	104
100	117
500	150

La bondad del ajuste de la función de distribución lognormal a los datos de precipitación diaria, queda:



Tras de este nuevo ajuste los parámetros de la función de distribución lognormal quedan:

- $\sigma_Y = 0.447$
- $\mu_Y = 3.72$

### 5.- Función de distribución TCEV

La función de distribución TCEV, es la composición de dos dobles exponenciales, y sigue la expresión:

$$F_X(x) = \exp(-\lambda_1 e^{-\theta_1 x} - \lambda_2 e^{-\theta_2 x})$$

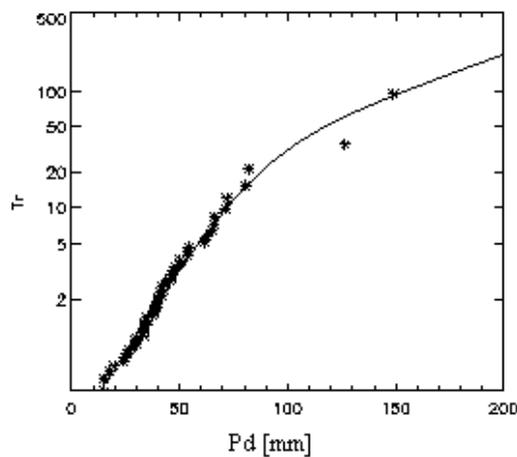
En donde:

- $\lambda_1$  y  $\theta_1$  son los parámetros de forma y de escala correspondientes a eventos “ordinarios”.
- $\lambda_2$  y  $\theta_2$  representan los parámetros de eventos “extraordinarios”.

Los resultados obtenidos en este caso para la precipitación diaria resultan:

T [años]	Pd [mm]
25	94
50	117
100	153
500	249

La bondad del ajuste de la función de esta distribución a los datos de precipitación diaria, queda en este caso:



Los parámetros de ajuste de la función de distribución TCEV quedan:

- $\lambda_1 = 11.49$
- $\theta_1 = 0.07$
- $\lambda_2 = 0.11$
- $\theta_2 = 0.016$

## 6.- Función de distribución EV1 (Gumbel)

Por último se ajusta a la función de distribución Gumbel a pesar de que ésta se desaconseja para episodios convectivos; su expresión es:

$$F_X(x_i) = \exp[-\lambda \exp(-\theta x_i)]$$

En donde:

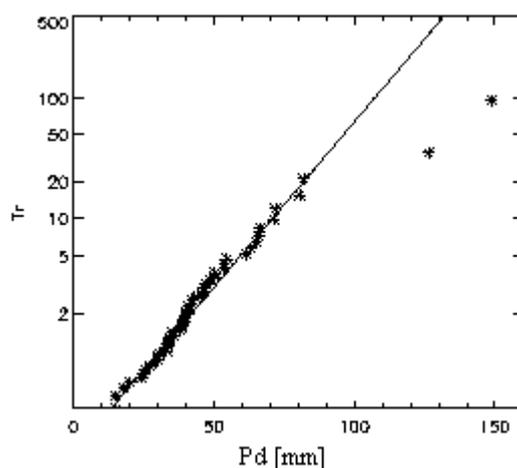
- $\lambda$  es el parámetro de forma.
- $\theta$  representa el parámetro de escala.

Los resultados obtenidos en este caso para la precipitación diaria resultan para la función Gumbel:

T [años]	P <sub>d</sub> [mm]
25	85
50	96
100	107
500	132

Se constata como efectivamente el ajuste a una función de distribución Gumbel pueden estar quedando del lado de la inseguridad, al resultar sus resultados los más bajos de todos los ajustes realizados.

La bondad del ajuste de la función de distribución Gumbel a los datos de precipitación diaria, se ilustran en la figura siguiente:



Por último, los parámetros correspondientes a la función de distribución Gumbel (EV1) quedan:

- $\lambda = 10.75$
- $\theta = 0.065$

### **9.3 CONCLUSIONES DEL AJUSTE**

A modo de resumen, y para comparar los cuantiles estimados mediante las distintas funciones de distribución ajustadas a la serie de Pd máxima anual (mm) procedente de la estación de Aspe, se ilustran los resultados obtenidos de forma conjunta en la siguiente tabla:

<b>T [años]</b>	<b>SQRT-ETmax</b>	<b>GEV</b>	<b>EXP</b>	<b>LN2</b>	<b>TCEV</b>	<b>EV1</b>
<b>25</b>	<b>93</b>	<b>93</b>	<b>106</b>	<b>90</b>	<b>94</b>	<b>85</b>
<b>50</b>	<b>112</b>	<b>109</b>	<b>124</b>	<b>104</b>	<b>117</b>	<b>96</b>
<b>100</b>	<b>130</b>	<b>126</b>	<b>142</b>	<b>117</b>	<b>153</b>	<b>107</b>
<b>500</b>	<b>176</b>	<b>172</b>	<b>186</b>	<b>150</b>	<b>249</b>	<b>132</b>

Tras los ajustes realizados y a partir de la bondad de ajuste de los datos, se puede apreciar que las distribuciones SQRT-ETmax, GEV y TCEV son las que presentan mejor ajuste a los datos de precipitación diaria máxima anual, coincidiendo además que estas distribuciones son las recomendadas por el Comité Nacional Español de Grandes Presas CNEGP (1997) para el análisis de precipitaciones extremas en España.

Por otra parte se aprecia igualmente que la distribución Exponencial presenta un buen ajuste en la cola derecha de la función ajustada, a pesar de no reproducir correctamente el comportamiento de la serie muestral en cuanto períodos de retorno bajos.

En cambio, el ajuste obtenido mediante las distribuciones EV1, LN2 indica una clara subestimación de los cuantiles correspondientes a los períodos de retorno elevados, y por tanto no sería aconsejable su empleo.

A la vista de los cálculos realizados, la estimación de los caudales pico procedentes del Barranco de las Delicias no presentarán significativas diferencias empleando los cuantiles de precipitación diaria máxima anual del análisis regional (CEDEX) ó los cuantiles de análisis de frecuencia llevado a cabo en la estación de Aspe mediante las distribuciones SQRT-ETmax, GEV o TCEV; es decir, las que han proporcionado resultados más fiables.

Por todos estos motivos, se adoptará como tormenta de diseño los resultados correspondientes al análisis regional.

### **9.3.1 TORMENTA DE DISEÑO**

Finalmente, descartando aquellos ajustes que se han comentado en el apartado anterior, se opta por tomar una media entre las dos funciones de distribución que mejor representan la reproducción de fenómenos extremos convectivos (SQRT-ETmax y TCEV), por tratarse de los que generan mayores daños para periodos de retorno elevados.

Esto nos proporcionará los siguientes resultados para cada periodo de retorno, redondeados a un valor entero, y que serán los considerados como lluvia de diseño diaria para el presente trabajo.

<b>T [años]</b>	<b>Precipitación (mm/día)</b>
<b>25</b>	<b>94</b>
<b>50</b>	<b>115</b>
<b>100</b>	<b>143</b>
<b>500</b>	<b>213</b>

## **10 ELABORACIÓN DEL MODELO HIDROLÓGICO**

### **10.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS CAUCES ESTUDIADOS**

Para este trabajo se realizará un estudio de los dos principales cauces que atraviesan el Término Municipal de Aspe, que son los siguientes:

- Río Tarafa en su tramo final, antes de su confluencia con el Vinalopó.
- Barranco de las Delicias, también conocido como el barranco del Tolomó.

Existen otros barrancos de menor tamaño en el Término Municipal de Aspe, que no han sido analizados por no ser objeto de este estudio, que se centra en los cauces principales.

El Río Vinalopó linda con el Término Municipal, pero tampoco ha sido objeto de este trabajo. En cualquier caso, la posible afección por inundaciones en su entorno resultaría mínima, al quedar las zonas pobladas de Aspe muy alejadas de éste.

#### **10.1.1 RÍO TARAFA**

El Río Tarafa es un curso fluvial que se sitúa en la margen derecha del tramo medio del Río Vinalopó, siendo uno de sus principales afluentes. Su cuenca vertiente es de aproximadamente 215 km<sup>2</sup> (sin incluir el cauce del Tolomó), y drena parte de Sierra de Salinas, Sierra de Argallet, Sierra de la Sima, Sierra de las Pedrizas y la Sierra del Reclot.

El Tarafa presenta un cauce bien definido de unos 19 km en su tramo final, pero en el entorno de la comarca de La Romana el cauce desaparece, ocupado por usos agrícolas que han aterrado su cauce. Esto provoca que el flujo se vea obligado a circular a través de los campos.

Aunque su pendiente media resulta elevada, por encima del 2%, hay tramos con muy poca pendiente debido a los glacis que atraviesan. Se tienen incluso áreas sin apenas inclinación que generan muy poca escorrentía, pero que sin embargo pueden activarse para elevados periodos de retorno. Este funcionamiento se tiene en la parte alta de la cuenca.

Entre de la población de Aspe hasta la confluencia con el Vinalopó, el cauce presenta una amplia sección con puntos en los que alcanza gran calado, disponiendo de una capacidad de evacuación importante. La profundidad de este tramo indica la elevada pendiente del río, así como la consistencia blanda de los terrenos que cruza. Sin embargo, en el tramo final, se expande significativamente y su pendiente disminuye de forma considerable, generando un lecho de gran amplitud y prácticamente horizontal. En ese tramo el Tarafa comienza incluso a generar meandros.

Existe una obra de toma dentro del cauce, ubicada aproximadamente a un kilómetro aguas abajo del pueblo, consistente en una balsa con un pequeño aliviadero lateral. Esta obra hidráulica, apenas presentará una afección importante al flujo, pues la crecida pasará sobre ella generando únicamente un cierto aumento de calados.

Aproximadamente a la altura de dicha balsa, existe un cambio evidente en la vegetación del cauce. Hacia aguas arriba ésta resulta muy frondosa, incluso con arbolado que interfiere con el flujo en una posible crecida. La presencia de la balsa puede estar favoreciendo dicha vegetación debido a que ésta fuerza un estado de humedad permanente aguas arriba de la misma. Hacia aguas abajo la vegetación pasa a ser arbustiva, y en el tramo final próximo al Río Vinalopó, la vegetación se reduce considerablemente.

Tradicionalmente el río presentaba un pequeño caudal constante, alimentado por diversas fuentes que emanan de forma continua por la naturaleza kárstica de la geología regional. Sin embargo, el descenso del nivel freático por la sobreexplotación agrícola, así como que se secan las antiguas fuentes de "La

Rafa" y "La Rafica", acabaron convirtiendo el cauce en la típica rambla seca mediterránea.

### **10.1.2 BARRANCO DE LAS DELICIAS**

La cuenca vertiente del Barranco de las Delicias está situada al sur de la provincia de Alicante, y pertenece a los términos municipales de Fondó de les Neus, Aspe y Fondó de les Frailes. Ésta abarca las hojas 892 y 893 a escala 1:10.000 del Servicio Cartográfico Valenciano, y drena parte de la Sierra de los Frailes, la zona sur de la Sierra de la Cava y el norte de la Sierra de Crevillente.

El Barranco de las Delicias presenta una cuenca importante, con una superficie total de 73,52 km<sup>2</sup>, considerando como el punto de desagüe de la misma (para bajos periodos de retorno) la confluencia de aguas drenadas en zonas próximas al camino de las Delicias y el Río Tarafa, en el Término Municipal de Aspe. La longitud de este curso fluvial es de 17,1 km, con una pendiente media de 4,3 centésimas. Su tiempo de concentración es casi 5 horas. Esta cuenca se encuentra en una región árida, en la cual se hallan numerosas zonas endorreicas.

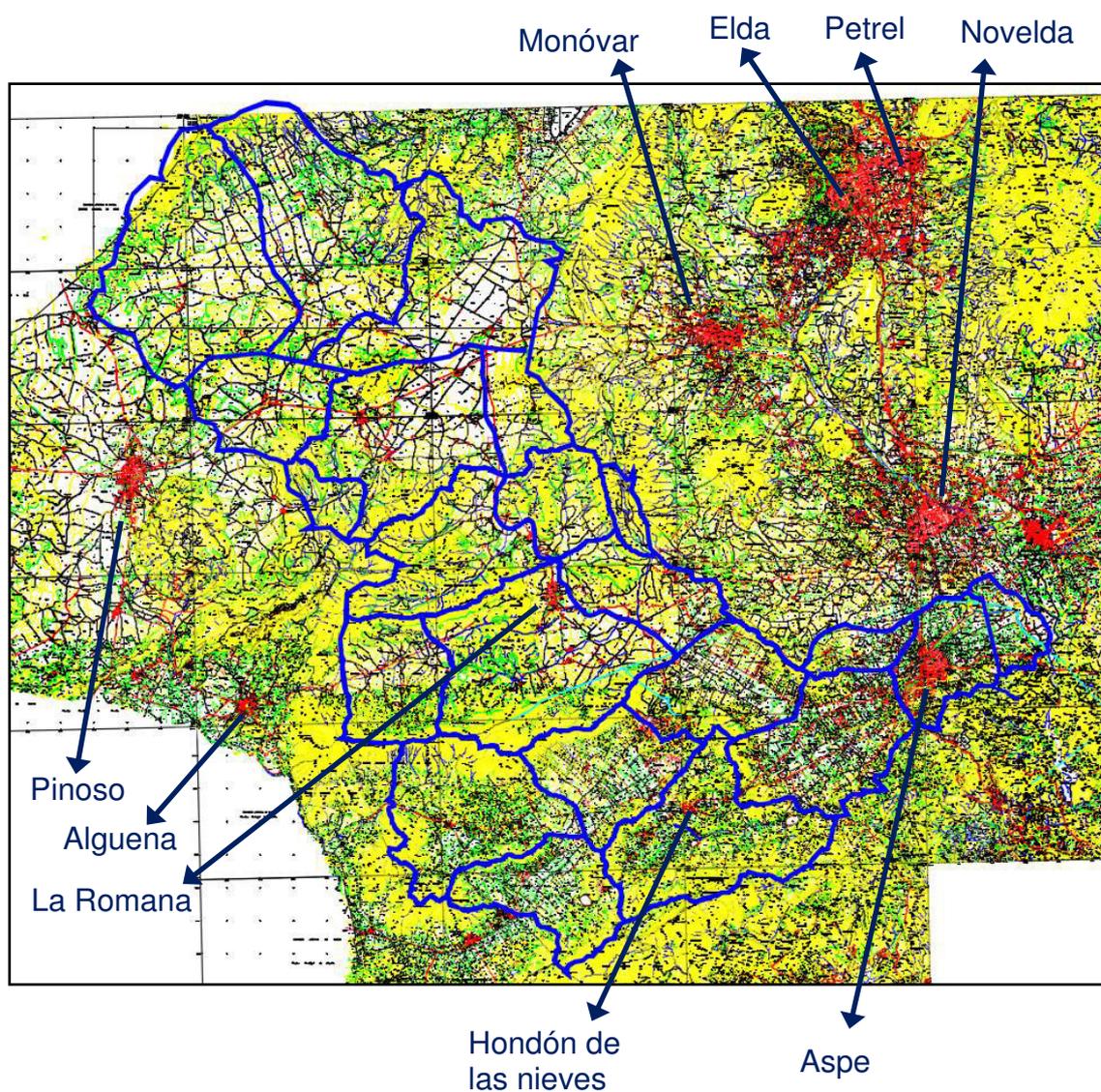
Para periodos de retorno elevados, se detecta en este barranco un funcionamiento que puede variar sustancialmente con respecto a las crecidas de bajo periodo de retorno. El motivo es la existencia de un cono aluvial en las proximidades de Aspe, ya en zona final del barranco, según se desprende del estudio geomorfológico realizado en el presente informe. Por este motivo para caudales importantes el flujo puede acabar repartiéndose a través de dicho cono, por lo que las aguas recorrerán una extensión importante hasta ir desaguando al Río Tarafa paulatinamente, y a través de su margen derecha.

Por ello el flujo seguirá rutas alternativas, encontrando en su red de drenaje al Camino del Tolomó. Dicho camino se adapta aproximadamente a una línea de máxima pendiente del cono aluvial, y en su parte baja (la más próxima a Aspe y al Río Tarafa) se haya deprimido con respecto a los terrenos de su entorno. Este hecho, hace que al Barranco de las Delicias se le conozca en ocasiones

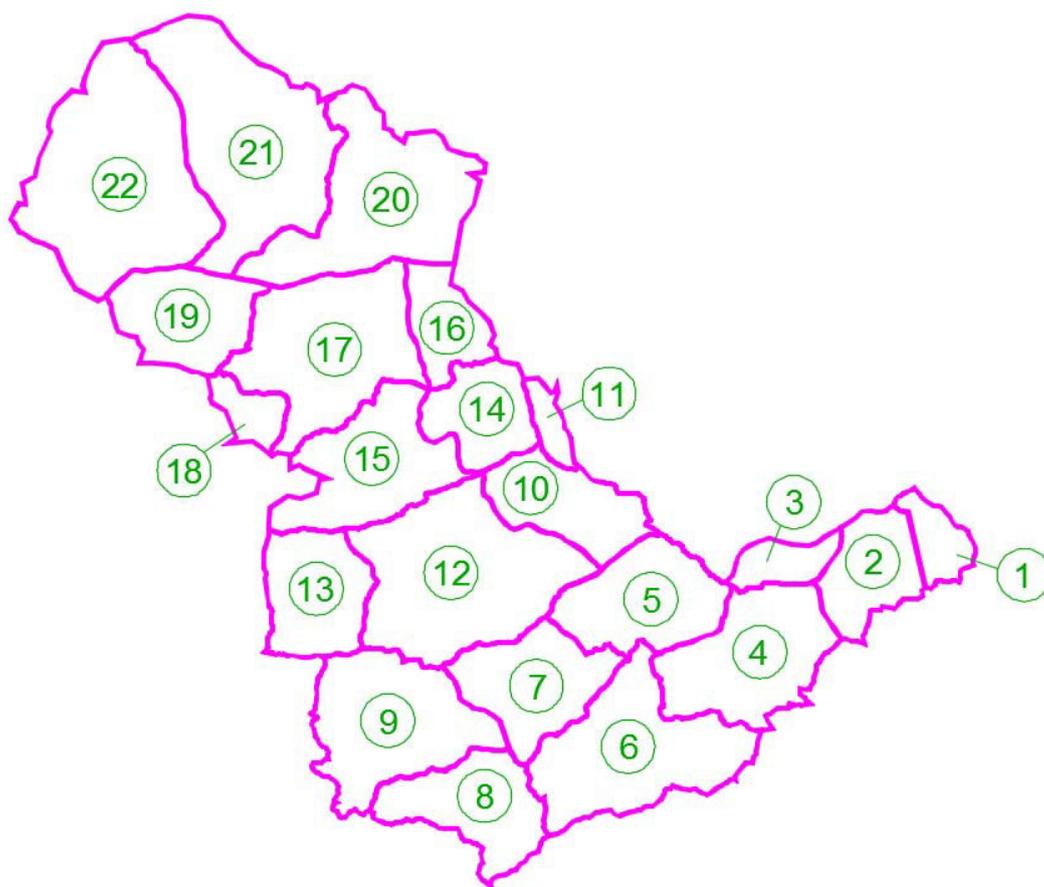
como Barranco del Tolomó. Se mantendrá en cualquier caso la notación referida al Barranco de las Delicias, por ser ésta la principal trayectoria del flujo.

## **10.2 CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA VERTIENTE**

La cuenca del río Tarafa se divide en una serie de subcuencas para llevar a cabo el análisis hidrológico. El objetivo será obtener los caudales en diferentes tramos del cauce, para ver la respuesta en cada zona del sistema ante el aguacero de diseño.



La numeración de esas subcuencas se ilustra en la figura adjunta:



De entre estas subcuencas, las definidas como 6, 7, 8 y 9, así como parte de la 4, corresponden a la cuenca vertiente del barranco de las Delicias. Las principales características de estas subcuencas, se exponen en la tabla adjunta:

Subcuenca	Area (km <sup>2</sup> )	Cota máx (m)	Cota pto más alejado (m)	Cota mín (m)	Recorrido cauce (km)
1	3.76	264.2	218.6	185.9	3961
2	8.35	339.9	339.9	200.8	5854
3	3.74	514.4	514.4	234.6	3910
4	15.84	581.5	581.5	240.7	6122
5	12.91	656.1	656.1	293.2	6357
6	19.54	789.2	648.6	311.2	7913
7	12.11	775.2	775.2	367.2	6408
8	11.40	818.7	653.8	408.5	5751

Subcuenca	Area (km <sup>2</sup> )	Cota máx (m)	Cota pto más alejado (m)	Cota mín (m)	Recorrido cauce (km)
9	17.88	1053.2	949.5	409.1	7512
10	10.06	685.9	662.9	349.7	4386
11	2.18	851.7	845.4	477.8	3419
12	25.43	1046.4	1046.4	352.5	9835
13	10.78	1086.2	1055.1	519.9	5749
14	8.35	851.7	796.9	428.6	3940
15	15.12	1055.1	1042.9	458.7	7764
16	6.57	842.8	689.7	479.3	5427
17	20.60	959.4	792.3	477.0	6742
18	3.24	887.1	831.4	618.8	3191
19	10.93	831.4	831.4	565.2	5877
20	21.65	866.8	774.6	506.4	6913
21	25.93	1264.8	1264.8	542.6	7809
22	29.14		727.0	558.6	8552

### 10.2.1 DELIMITACIÓN DE LA CUENCA

Aunque la delimitación de la cuenca del Río Tarafa se ha expuesto en el apartado anterior de forma directa, ésta no resulta sencilla de obtener. El motivo es que las subcuencas S20, S21 y S22 acaban vertiendo a una zona semiendorreica situada en el Término Municipal de Monóvar, junto a la pedanía de Mañar.

Para periodos de retorno reducidos, la escorrentía superficial queda recogida casi en su totalidad por esa zona, por lo que en el análisis hidrológico se ha considerado que apenas contribuye al caudal del Tarafa. Sin embargo, según va incrementándose la precipitación, el flujo puede rebasar la zona conocida como El Derramador, y fluir hacia el barranco de La Romana.

Por este motivo se ha considerado que la contribución de estas tres cuencas será del 5% para  $T=25$  años, del 15% para  $T=100$  años y subirá hasta el 40% para el  $T=500$  años, habiendo considerado estos porcentajes a estima, ya que resulta muy complejo conocer el comportamiento real de esta contribución.

### **10.2.2 USOS DEL SUELO**

En general, la cuenca del Río Tarafa presenta una gran superficie cultivada sobre formaciones geológicas de tipo glacis, antes mencionadas. En general los suelos son pobres, aunque se asientan mayoritariamente sobre una geología caliza y margosa. Esto provoca que la respuesta del sistema sea muy variable según la estructura de la lluvia. Por ejemplo, con lluvias de elevada duración, aunque tengan una cierta magnitud, la escorrentía se genera de forma prolongada, por lo que los picos de crecida no son muy elevados. Sin embargo, con tormentas de elevada intensidad se supera la capacidad de infiltración de las formaciones kársticas en las zonas de cabecera, y se supera igualmente la capacidad de retención en los campos de cultivo del tramo intermedio del Tarafa, por lo que se pueden generar importantes ondas de crecida. En estos procesos, el estado de humedad inicial del suelo influye igualmente de forma decisiva en la respuesta hidrológica.

Se trata por tanto de un río con tipos de respuestas muy heterogéneas según la estructura de la lluvia, aspecto que no se considera en la normativa urbanística del Patricova.

Debido a las características climáticas antes comentadas, la vegetación natural de la zona es la asociada a escasa presencia hídrica, sin flujo continuo. Abunda por ello el monte bajo, combinado con especies arbóreas como el pino o la carrasca. También se encuentra presencia de olmos en las riberas de los cauces, aunque estos están en retroceso ante las intervenciones antrópicas.

A pesar de la escasez de recursos en la región se identifica una gran extensión de terreno cultivado, la gran mayor parte de secano. Existen también algunos cultivos de regadío, pero que requieren de un aporte hídrico importante debido

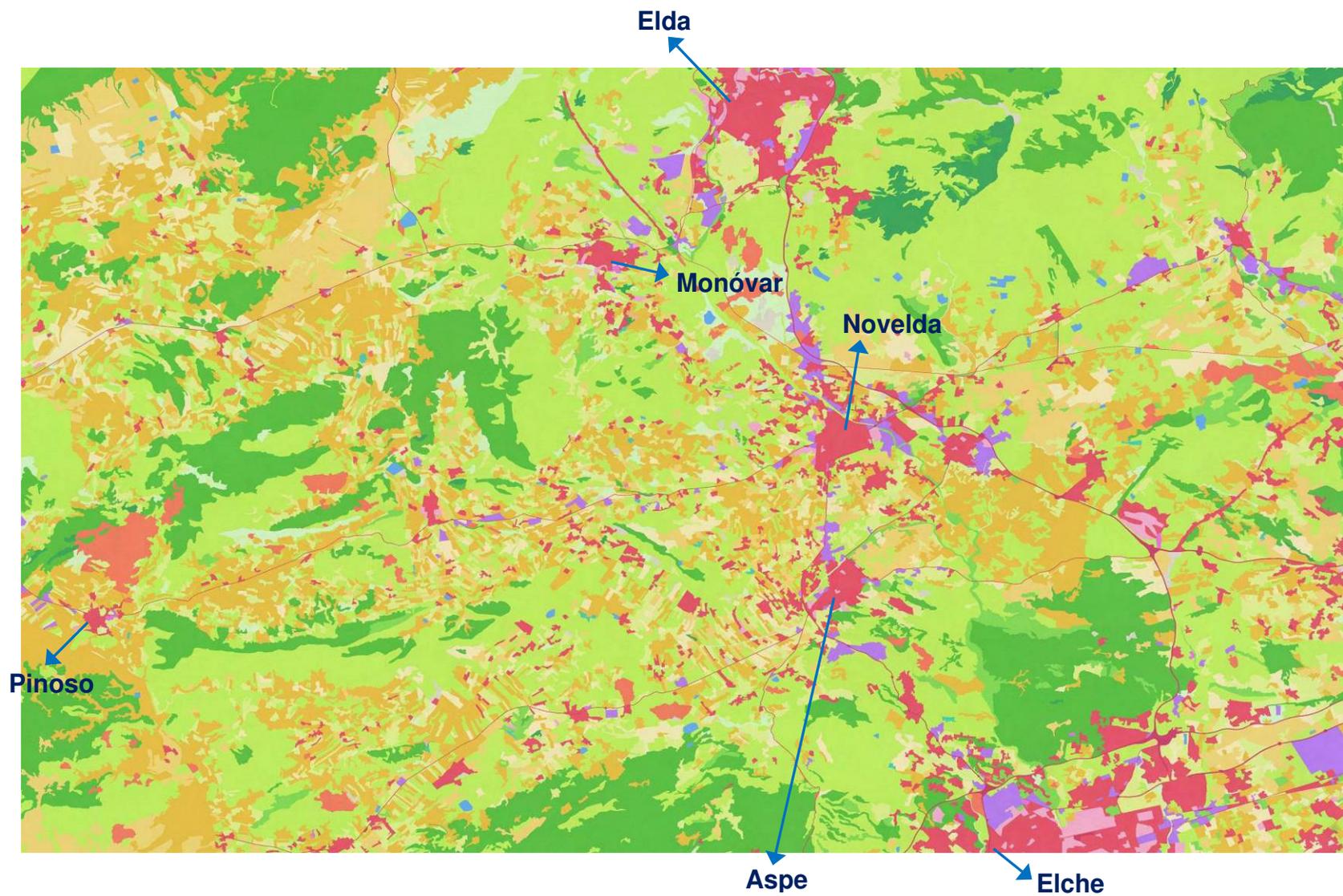
a la elevada evapotranspiración comentada anteriormente. Estas zonas regadas se remontan bastante en el tiempo, según indica el propio Cavanilles al describir como "vergeles" las huertas de Monforte, Aspe y Novelda.

Este autor cita que en Aspe se desarrollaban zonas de huerta que se regaban desde los caudales procedentes de diversos manantiales que surgían dentro del mismo Río Tarafa, y que eran derivadas a diferentes alturas mediante azudes construidos en el lecho del cauce (Cavanilles, 1797, vol. II, pág. 187). Estas fuentes permitieron la creación de pequeñas zonas de huerta de origen musulmán, como así confirma la toponimia árabe de las tres acequias; Fauqui, Rafica y Aljau (M. Hernández y A. Morales, Universidad de Alicante).

El municipio de Aspe constituye un ejemplo de la evolución de los regadíos en la comarca, que pasó de 1740 hectáreas en 1957, a cerca de 3600 hectáreas en 1994. Sin embargo, en las dos últimas décadas se ha invertido este efecto, comenzando a producirse el abandono de algunas áreas de cultivos marginales en los últimos años, especialmente por la crisis de la uva de mesa, de modo que en el año 2005 la superficie de regadíos descendió hasta las 2443 hectáreas. Esta reciente reducción ha propiciado que los coeficientes de escorrentía hayan evolucionado al alza.

En resumen, en las zonas más elevadas de la cuenca predomina el bosque mediterráneo con abundante presencia de pinos, y con densidad media alta de monte bajo. En las zonas menos abruptas la densidad forestal resulta inferior. Por el contrario, los glaciares y las zonas bajas están ocupadas casi al completo por grandes extensiones agrícolas, entre las que se combina el secano y los cultivos de regadío, con amplia presencia de viñedos. También hay áreas urbanas cuyas aguas generadas acaban fluyendo hacia los cauces.

A partir de la fotografía aérea del 2012 y del mapa Siose de usos del suelo, se han obtenido los usos del suelo existentes en la zona.



**Figura: Mapa de usos del suelo en el entorno del Río Tarafa**

La interpretación de dichos usos del suelo es la siguiente:

**LEYENDA**

- Cultivos herbáceos
- Combinaciones de cultivos
- Cultivos leñosos
- Dehesas
- Prados
- Combinaciones de cultivos y vegetación
- Pastizal
- Matorral
- Combinaciones de arbolado, matorral y pastizal
- Arbolado forestal
- Terrenos con escasa vegetación
- Terrenos sin vegetación
- Coberturas húmedas
- Coberturas de agua
- Coberturas de agua con vegetación asociada
- Urbano
- Primario
- Industrial
- Terciario
- Equipamientos
- Infraestructuras de transporte
- Infraestructuras de suministro
- Infraestructuras de gestión de residuos

Al resultar esta atomización de usos excesiva para el objetivo que se pretende, se agrupan en seis bloques que presentan una producción de esorrentía similar. A partir de ellos, los usos del suelo de las cuencas vertientes se exponen en la tabla adjunta:

Cuenca	Urbano y viales	Monte bajo	Bosques densidad media	Regadio	Terreno sin cultivar	Secano	Total área (Km <sup>2</sup> )
1	0.038	0.184	0.000	1.409	1.291	0.838	3.76
2	2.263	0.937	0.000	2.755	0.423	1.972	8.35
3	0.037	0.429	0.000	1.230	0.362	1.682	3.74
4	0.306	2.938	0.000	5.902	1.831	4.863	15.84
5	0.146	1.541	1.157	3.077	2.879	4.110	12.91
6	0.377	4.315	2.483	3.148	2.659	6.558	19.54
7	0.121	1.033	0.289	1.356	3.358	5.953	12.11
8	0.114	1.847	0.359	2.085	2.225	4.770	11.4

9	0.265	5.218	0.186	2.484	3.355	6.372	17.88
10	0.101	1.707	0.000	1.851	2.206	4.195	10.06
11	0.022	1.053	0.655	0.000	0.252	0.198	2.18
12	0.682	3.507	2.811	4.584	2.915	10.931	25.43
13	0.108	2.954	0.950	0.000	2.450	4.318	10.78
14	0.084	1.652	1.836	0.205	0.819	3.754	8.35
15	0.218	4.433	6.059	1.284	1.033	2.093	15.12
16	0.066	0.685	0.310	1.652	0.712	3.145	6.57
17	0.484	3.412	3.286	2.593	3.282	7.543	20.6
18	0.032	0.659	0.703	0.000	0.360	1.486	3.24
19	0.168	0.721	0.285	0.000	1.374	8.382	10.93
20	0.249	1.633	1.484	1.102	2.125	15.057	21.65
21	0.259	1.836	2.473	1.569	4.402	15.391	25.93
22	0.291	1.903	3.688	0.427	3.025	19.806	29.14
TOTAL	6.431	44.597	29.014	38.713	43.338	133.417	295.51

Cabe indicar que tanto los bosques claros como los densos, presentan una pendiente superior al 3%, y corresponde a las zonas más elevadas que no interesan para el cultivo. Por otra parte, los terrenos de cultivo presentan una pendiente en general inferior al 3%, al encontrarse en las zonas de glaciares, además de estar aterrizados para facilitar el laboreo.

Para los viales y caminos, debido a la dificultad de obtener su superficie real, se ha considerado un 1% de la superficie de cada subcuenca. A ella, se le añadirá la superficie impermeable de las poblaciones, en caso de existir.

### **10.3 MODELO DE INFILTRACIÓN**

Para el desarrollo del presente trabajo, se utiliza como referencia el modelo de infiltración del Soil Conservation Service (SCS) de los Estados Unidos, por ser uno de los métodos más extendidos y experimentados. Según dicha metodología, el umbral de escorrentía ( $P_o$ ) es el único parámetro necesario

para evaluar la infiltración según la expresión propuesta por el SCS. Éste depende de cuatro variables que engloban buena parte de las características físicas de la zona de estudio:

- Tipo de suelo, atendiendo con especial interés a la capacidad drenante del terreno.
- Cubierta del suelo.
- Pendiente del terreno.
- Condiciones previas de humedad del complejo suelo-vegetación.

La relación entre el umbral de escorrentía y las tres primeras variables es de tipo tabular; los valores de umbral de escorrentía así calculados deben corregirse en función de la cuarta variable. A tal efecto, el SCS define tres estados previos de humedad del suelo, en función de la precipitación total de los cinco días anteriores, que determinan el factor corrector del  $P_o$  obtenido anteriormente.

En el presente estudio, para la determinación del parámetro  $P_o$  se han utilizado las tablas adaptadas de las del Soil Conservation Service para condiciones previas de humedad de suelo de tipo medio.

Uso del suelo	Pend.	Carac hidrológicas	Po			
			A	B	C	D
<b>Barbecho</b>	> 3%	R	15	8	6	4
		N	17	11	8	6
	< 3%	R/N	20	14	11	8
<b>Cultivo en hilera</b>	> 3%	R	23	13	8	6
		N	25	16	11	8
	< 3%	R/N	28	19	14	11
<b>Cereales de invierno</b>	> 3%	R	29	17	10	8
		N	32	19	12	10
	< 3%	R/N	34	21	14	12
<b>Rotación cultivos pobres</b>	> 3%	R	26	15	9	6
		N	28	17	11	8
	< 3%	R/N	30	19	13	10
<b>Rotación cultivos densos</b>	> 3%	R	37	20	12	9
		N	42	23	14	11
	< 3%	R/N	47	25	16	13
<b>Praderas</b>	> 3%	P	24	14	8	6
		M	53	23	14	9
		B	70	33	18	13
		MB	80	41	22	15
	< 3%	P	58	25	12	7
		M	80	35	17	10
		B	120	55	22	14
		MB	250	100	25	16
<b>Plant. Aprovech. forestal</b>	> 3%	P	62	28	15	10
		M	80	34	19	14
		B	100	42	22	15
	< 3%	P	75	34	19	14
		M	95	42	22	15
		B	150	80	25	16
<b>masa forestal (bosque, monte bajo)</b>	> 3%	muy clara	40	17	8	5
		clara	60	24	14	10
		media	75	34	22	16
		espesa	90	47	31	23
		buena	120	65	43	33
	< 3%	muy clara	40	17	8	5
		clara	60	24	14	10
		media	75	34	22	16
		espesa	90	47	31	23
		buena	120	65	43	33
<b>Roca permeable</b>	> 3%		3	3	3	3
	< 3%		5	5	5	5
<b>Roca impermeable</b>	> 3%		2	2	2	2
	< 3%		4	4	4	4

Como puede apreciarse en la tabla anterior, el Soil Conservation Service clasifica los suelos en cuatro grupos para diferenciar el agua que son capaces de absorber al finalizar una tormenta de larga duración, suponiendo una humectación previa y la posibilidad de esponjamiento y sin contar con la protección de la vegetación. Es decir, lo que hace esta metodología es clasificar los suelos en función de sus características hidrológicas.

Estos cuatro grupos que define el Soil Conservation Service, quedan de la siguiente forma:

- **Grupo A:** Suelos con poco potencial de escorrentía y alto grado de infiltración aunque estén muy húmedos. Profundos y de texturas gruesas (arenosas o areno-limosas), están excesivamente drenados ( $K > 10^{-2}$  cm/s).
- **Grupo B:** Cuando están muy húmedos y tienen una capacidad de infiltración moderada. La profundidad del suelo es de media a profunda y su textura franco-arenosa, franco-arcillosa, franco-arcillo-arenosa o franco-limosa, según la terminología del U.S. Department of Agriculture. Están desde bien a moderadamente drenados ( $10^{-2}$  cm/s  $> K > 10^{-4}$  cm/s).
- **Grupo C:** Cuando están muy húmedos, la infiltración es lenta. Consisten principalmente en suelos en capas que impiden el movimiento del agua hacia abajo. La profundidad del suelo es inferior a la media y su textura es franco-arcilloso, franco-arcillosa-limosa, limosa o arcillo-arenosa. Son suelos perfectamente drenados ( $10^{-4}$  cm/s  $> K > 10^{-6}$  cm/s).
- **Grupo D:** Suelos con gran potencial de escorrentía. Cuando están muy húmedos, la infiltración es muy lenta. Consisten principalmente en suelos arcillosos, con un gran potencial de esponjamiento, suelos con nivel freático permanentemente alto y con horizontes de arcilla en

la superficie o próximos a ella. Están pobremente o muy pobremente drenados ( $K < 10^{-7}$  cm/s).

En general podría decirse que los suelos tipo A corresponden a una textura areno gravosa, los tipo B tienen una composición areno limosa, los C pasan a ser más impermeables, con una composición limo arcillosa, mientras que por último los tipo D son terrenos con alta componente en arcillas.

### **10.3.1 OBTENCIÓN DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA $P_0$**

Identificando las características del suelo en la región a partir del análisis geológico realizado, la cuenca del Río Tarafa está compuesta básicamente por arenas con cierto contenido de arcillas, en la zona central y baja de sus cuencas, situadas a cotas menores. Eso da lugar a un drenaje moderado en estos tramos, que son producto de aportes efímeros y se sitúan tapizando el valle. Estas superficies corresponderían básicamente a depósitos Cuaternarios.

Por otro lado, en las zonas elevadas y con altas pendientes (de origen Terciario y Jurásico) predominan los suelos margosos y calizos con drenaje imperfecto. Combinando a continuación los resultados obtenidos en cuanto a usos, pendiente y tipología de suelos, se obtiene el valor de umbral de escorrentía de las diferentes subcuencas.

Según la clasificación a efectos del umbral de escorrentía, se podría decir que en la zona objeto de estudio predominan dos tipos de suelos:

- Suelo tipo B en la parte baja y media de la cuenca.
- Suelo tipo C en las zonas de las mayores pendientes y parte alta de la cuenca.

Combinando a continuación los resultados obtenidos en cuanto a usos y tipología de suelos, se obtiene el valor de umbral de escorrentía para tipología de suelo:

Tipo suelo	Urbano y viales	Monte bajo	Bosques densidad media	Frutales en regadío	Terreno sin cultivar	Secano
<b>B</b>	2	24	34	20	14	19
<b>C</b>	2	14	22	12	11	12
<b>Valor Po</b>	2	19	27.5	16	12.5	15.5

Una vez ya se tienen los coeficientes de escorrentía a adoptar por tipo de uso, se calcula el porcentaje del área de cada subcuenca (en %) afectada por cada uso de suelo, según la tabla adjunta:

Cuenca	Urbano y viales	Monte bajo	Bosques densidad media	Regadío	Terreno sin cultivar	Secano	Total
1	1.00	4.89	0.00	37.47	34.35	22.29	100
2	27.10	11.22	0.00	32.99	5.07	23.62	100
3	1.00	11.47	0.00	32.89	9.67	44.97	100
4	1.93	18.55	0.00	37.26	11.56	30.70	100
5	1.13	11.94	8.96	23.83	22.30	31.84	100
6	1.93	22.08	12.71	16.11	13.61	33.56	100
7	1.00	8.53	2.39	11.20	27.73	49.16	100
8	1.00	16.20	3.15	18.29	19.52	41.84	100
9	1.48	29.18	1.04	13.89	18.76	35.64	100
10	1.00	16.97	0.00	18.40	21.93	41.70	100
11	1.00	48.30	30.05	0.00	11.57	9.08	100
12	2.68	13.79	11.05	18.03	11.46	42.98	100
13	1.00	27.40	8.81	0.00	22.73	40.06	100
14	1.00	19.78	21.99	2.46	9.81	44.96	100
15	1.44	29.32	40.07	8.49	6.83	13.84	100
16	1.00	10.43	4.72	25.14	10.84	47.87	100
17	2.35	16.56	15.95	12.59	15.93	36.62	100
18	1.00	20.34	21.70	0.00	11.10	45.86	100
19	1.54	6.60	2.61	0.00	12.57	76.69	100
20	1.15	7.54	6.85	5.09	9.82	69.55	100
21	1.00	7.08	9.54	6.05	16.98	59.36	100

Cuenca	Urbano y viales	Monte bajo	Bosques densidad media	Regadio	Terreno sin cultivar	Secano	Total
22	1.00	6.53	12.66	1.47	10.38	67.97	100
TOTAL	2.18	15.09	9.82	13.10	14.67	45.15	100

Ponderando por las áreas afectadas por cada uso de suelo, se obtiene los coeficientes de escorrentía medios para cada una de las subcuencas, que se exponen en la tabla siguiente:

Cuenca	Urbano y viales	Monte bajo	Bosques densidad media	Regadio	Terreno sin cultivar	Secano	Po final
Po -->	2.000	19.000	27.500	16.000	12.500	15.500	
1	2.000	92.979	0.000	599.574	429.322	345.452	14.693
2	54.204	213.210	0.000	527.904	63.323	366.060	12.247
3	2.000	217.941	0.000	526.203	120.856	697.086	15.641
4	3.864	352.412	0.000	596.162	144.492	475.862	15.728
5	2.262	226.793	246.456	381.348	278.757	493.455	16.291
6	3.859	419.575	349.450	257.769	170.100	520.210	17.210
7	2.000	162.073	65.628	179.158	346.604	761.945	15.174
8	2.000	307.833	86.601	292.632	243.969	648.553	15.816
9	2.964	554.485	28.607	222.282	234.550	552.383	15.953
10	2.000	322.396	0.000	294.441	274.118	646.347	15.393
11	2.000	917.752	826.261	0.000	144.610	140.780	20.314
12	5.364	262.025	303.982	288.415	143.285	666.262	16.693
13	2.000	520.649	242.347	0.000	284.114	620.863	16.700
14	2.000	375.904	604.671	39.281	122.680	696.850	18.414
15	2.884	557.057	1102.001	135.873	85.400	214.560	20.978
16	2.000	198.097	129.756	402.314	135.521	741.971	16.097
17	4.699	314.699	438.665	201.398	199.150	567.556	17.262
18	2.000	386.451	596.682	0.000	138.735	710.895	18.348
19	3.074	125.334	71.706	0.000	157.136	1188.664	15.459
20	2.300	143.312	188.499	81.441	122.691	1077.984	16.162
21	2.000	134.531	262.273	96.815	212.191	920.017	16.278
22	2.000	124.080	348.044	23.445	129.744	1053.511	16.808
TOTAL	4.352	286.739	270.003	209.608	183.319	699.795	16.538

En la columna final de la tabla anterior, se obtendrían por tanto los coeficientes de escorrentía Po para cada una de las cuencas vertientes consideradas. Es decir, lo que se ha realizado es ponderar el coeficiente Po de cada subcuenca por el porcentaje del área en la que contribuye a la generación de escorrentía.

### 10.3.2 ABSTRACCIONES HIDROLÓGICAS

Las abstracciones hidrológicas suponen pérdidas de la lluvia neta que no contribuyen a la generación del hidrograma, al quedar una parte de la lluvia retenida en la cubierta vegetal, aunque también en pequeñas depresiones del terreno. Cuanto más densa es ésta, y aunque su capacidad de retención sea limitada, habrá una mayor cantidad de agua que no llegue a alcanzar el suelo.

Para el presente trabajo se ha considerado la capacidad de retención de la cubierta vegetal siguiente:

- Suelo urbano y viales: 0 mm.
- Monte bajo: 7 mm
- Bosques de densidad media: 18 mm
- Cultivos en regadío: 6 mm
- Cultivos de secano: 3 mm
- Terreno sin cultivar: 2 mm

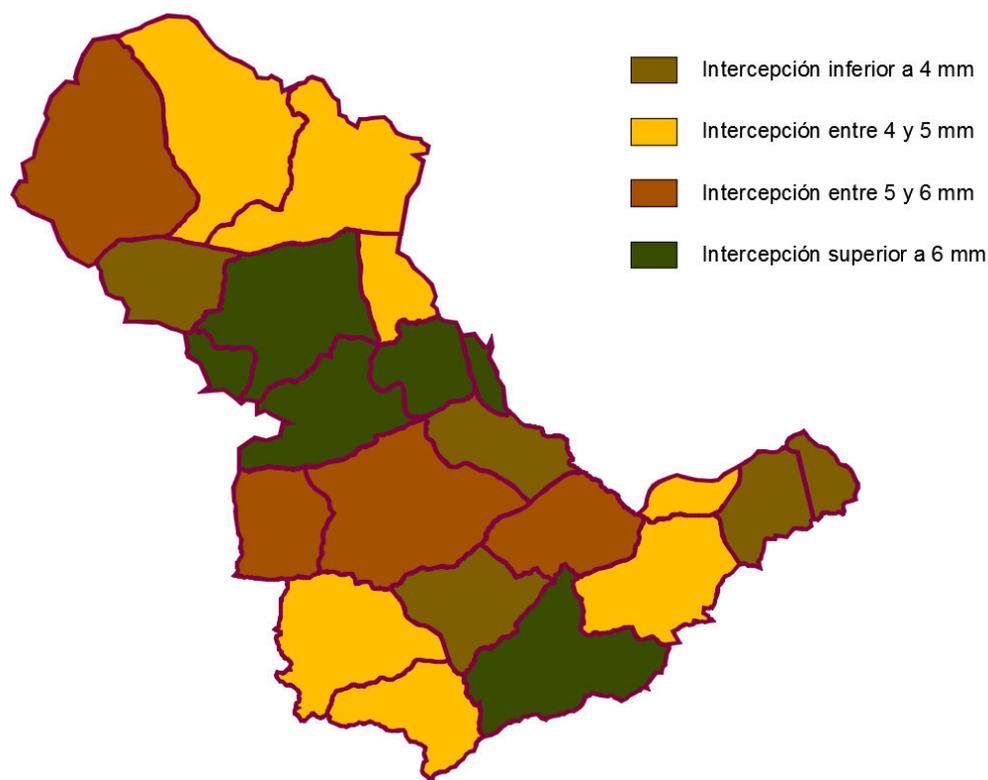
Ponderando estas abstracciones según el porcentaje de uso de suelo que se tiene en cada subcuenca, y que se ha obtenido anteriormente, se elabora la siguiente tabla, expresada en mm de lluvia.

<b>Cuenca</b>	<b>Urbano y viales</b>	<b>Monte bajo</b>	<b>Bosques densidad media</b>	<b>Regadío</b>	<b>Terreno sin cultivar</b>	<b>Secano</b>	<b>Total</b>
<b>Abstr.→</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>18</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
1	0	0.34	0.00	2.25	0.69	0.67	<b>3.95</b>
2	0	0.79	0.00	1.98	0.10	0.71	<b>3.57</b>
3	0	0.80	0.00	1.97	0.19	1.35	<b>4.32</b>
4	0	1.30	0.00	2.24	0.23	0.92	<b>4.69</b>
5	0	0.84	1.61	1.43	0.45	0.96	<b>5.28</b>
6	0	1.55	2.29	0.97	0.27	1.01	<b>6.08</b>
7	0	0.60	0.43	0.67	0.55	1.47	<b>3.73</b>
8	0	1.13	0.57	1.10	0.39	1.26	<b>4.44</b>
9	0	2.04	0.19	0.83	0.38	1.07	<b>4.51</b>

Cuenca	Urbano y viales	Monte bajo	Bosques densidad media	Regadio	Terreno sin cultivar	Secano	Total
<b>Abstr.→</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>18</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
10	0	1.19	0.00	1.10	0.44	1.25	<b>3.98</b>
11	0	3.38	5.41	0.00	0.23	0.27	<b>9.29</b>
12	0	0.97	1.99	1.08	0.23	1.29	<b>5.55</b>
13	0	1.92	1.59	0.00	0.45	1.20	<b>5.16</b>
14	0	1.38	3.96	0.15	0.20	1.35	<b>7.04</b>
15	0	2.05	7.21	0.51	0.14	0.42	<b>10.33</b>
16	0	0.73	0.85	1.51	0.22	1.44	<b>4.74</b>
17	0	1.16	2.87	0.76	0.32	1.10	<b>6.20</b>
18	0	1.42	3.91	0.00	0.22	1.38	<b>6.93</b>
19	0	0.46	0.47	0.00	0.25	2.30	<b>3.48</b>
20	0	0.53	1.23	0.31	0.20	2.09	<b>4.35</b>
21	0	0.50	1.72	0.36	0.34	1.78	<b>4.70</b>
22	0	0.46	2.28	0.09	0.21	2.04	<b>5.07</b>

En la columna final derecha de la tabla anterior se exponen los valores de las abstracciones hidrológicas que serán consideradas en el modelo hidrológico para cada subcuenca.

En la figura siguiente se representan las diferentes capacidades de infiltración en cada una de las subcuencas del sistema.



Las subcuencas 20, 21 y 22 presentan unas infiltraciones intermedias a pesar de tener una cierta masa forestal. El motivo es que cuentan igualmente con amplias extensiones de cultivos, la mayor parte de secano.

### **10.3.3 NÚMERO DE CURVA**

El coeficiente de escorrentía se establece como la relación existente entre la escorrentía superficial que se genera tras un aguacero, y la precipitación que ha caído. Éste parámetro se puede representar de diferentes maneras, como por ejemplo, a partir del  $P_o$  realizado en el apartado anterior.

Para el modelo hidrológico a emplear se utiliza el método del número de curva, CN (Curve Number), que presenta la siguiente relación con el  $P_o$ :

$$P_o = 5080 / CN - 50.8$$

Por tanto, a partir de los valores de infiltración obtenidos anteriormente para cada subcuenca, su número de curva quedaría:

<b>Cuenca</b>	<b>Po</b>	<b>CN</b>
1	14.69	77.57
2	12.25	80.57
3	15.64	76.46
4	15.73	76.36
5	16.29	75.72
6	17.21	74.70
7	15.17	77.00
8	15.82	76.26
9	15.95	76.10
10	15.39	76.75
11	20.31	71.43
12	16.69	75.27
13	16.70	75.26
14	18.41	73.40
15	20.98	70.77
16	16.10	75.94
17	17.26	74.64
18	18.35	73.47
19	15.46	76.67
20	16.16	75.86
21	16.28	75.73
22	16.81	75.14
TOTAL	16.54	75.44

Los números de curva oscilan por tanto entre 70 y 80, aproximadamente.

#### **10.4 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA LLUVIA**

Para la obtención de la distribución temporal de la lluvia, se aplica la nueva Norma de Drenaje Superficial 5.2 – IC, aprobada recientemente por orden ministerial el 10 de marzo de 2016.

#### **10.4.1 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN DE LA CUENCA**

Para obtener el tiempo de concentración de la cuenca se realiza un seguimiento del trazado máximo del agua desde el punto más alejado de la cuenca, situado en la Sierra de Salinas, que proporciona un valor de 32559 metros.

Además, las características principales de la cuenca son las siguientes:

- Cota máxima: 1264.8 metros, en la Sierra de Salinas.
- Cota mínima: 185.9 metros, en la confluencia con el Vinalopó.
- Diferencia de cota: 1078.9 metros
- Pendiente media de la cuenca: 0.03314
- Recorrido a través del cauce principal.

Aplicando la expresión del apartado 2.2.2.5 de la Norma de Drenaje Superficial 5.2–IC, se tiene:

$$t_c = 0.3 \cdot L_c^{0.76} \cdot J_c^{-0.19}$$

Operando por las características del cauce:

$$t_c = 0.3 \cdot 32,559^{0.76} \cdot 0.03314^{-0.19} = 8.089 \text{ horas}$$

#### **10.4.2 DURACIÓN DE LA TORMENTA**

Aplicando la teoría del método racional, se supondrá una duración del aguacero igual al tiempo de concentración de la cuenca.

#### **10.4.3 FACTOR DE INTENSIDAD**

A partir del factor de intensidad del apartado 2.2.2.4 de la instrucción, se tiene:

$$F_a = \left( \frac{I_1}{I_d} \right)^{3,5287-2,5287 \cdot t^{0,1}} = 11.5^{3,5287-2,5287 \cdot 8.089^{0,1}} = 2.7357$$

Este concepto del factor de intensidad de la nueva instrucción nace de la antigua curva intensidad-duración-frecuencia que se recomendaba en la antigua norma 5.2-IC, con la siguiente expresión:

$$\frac{i(t)}{i(d)} = \left[ \frac{i(1)}{i(d)} \right]^{\frac{28^{0,1} - t^{0,1}}{28^{0,1} - 1}}$$

Donde:

- $i(t)$  es la intensidad media de la tormenta de diseño [mm/h]
- $i(d)$  es intensidad media diaria [mm/h] obtenida con los valores de  $P_d$  [mm] máxima diaria anual
- $i(1)$  representa la intensidad media de la tormenta de 1 hora de duración
- $t$  es la duración considerada en horas.

La relación entre la intensidad horaria y la diaria (denominada factor de torrencialidad) se obtiene a partir de un estudio regional reflejado en un mapa en la mencionada Instrucción 5.2-IC. Para la cuenca de estudio le corresponde el valor de **11,5**.

Aplicando la teoría del método racional, la metodología asume la tormenta de diseño igual al tiempo de concentración de la cuenca. Por tanto, se supondrá esa duración del aguacero como situación más desfavorable.

#### 10.4.4 FACTOR DE REDUCCIÓN AREAL

Para tener en cuenta la no uniformidad espacial de la lluvia, ésta debe ser corregida por un coeficiente de reducción areal si la superficie de la cuenca es mayor de 1 Km<sup>2</sup>.

Este coeficiente tiene la siguiente expresión:

$$K_A = 1 - \frac{\log A}{15}$$

En donde "A" representa la superficie de la cuenca en Km<sup>2</sup>, que para la cuenca de estudio es de 295.51 km<sup>2</sup>, el resultado obtenido es de **K<sub>A</sub> = 0,835**.

#### **10.4.5 INTENSIDAD MEDIA DIARIA DE PRECIPITACIÓN CORREGIDA**

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

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

donde:

- *I<sub>d</sub>* (mm/h) Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno *T*.
- *P<sub>d</sub>* (mm) Precipitación diaria correspondiente al período de retorno *T*.
- *K<sub>A</sub>* (adimensional) Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca.

Esto proporcionará los siguientes valores de intensidad de precipitación media para cada periodo de retorno:

T [años]	Precipitación (mm/día)	Intensidad media diaria en 24 horas (mm/h)
25	94	3,270
50	115	4,001
100	143	4,975
500	213	7,411

#### **10.4.6 INTENSIDAD MEDIA CORRESPONDIENTE AL INTERVALO DE DURACIÓN DESEADO**

La intensidad media correspondiente al intervalo de duración deseado  $I_t$ , se obtendrá a partir de la operación siguiente:

$$I_t \text{ (mm/h)} = I_d * 2.7357$$

#### **10.4.7 CORRECCIÓN POR NO UNIFORMIDAD TEMPORAL DE LA LLUVIA**

Para subsanar el efecto de la no uniformidad temporal de la lluvia, ya que ésta no presenta una intensidad constante durante todo el evento, se aplica la expresión del coeficiente de uniformidad temporal  $K$ , que es función del tiempo de concentración de la cuenca (en horas):

$$K = 1 + \frac{t_c^{1,25}}{t_c^{1,25} + 14} = 1 + \frac{8.089^{1,25}}{8.089^{1,25} + 14} = 1.4935$$

#### **10.4.8 INTENSIDAD MÁXIMA DE LA TORMENTA DE DISEÑO**

Aplicando las correcciones anteriores a la intensidad media diaria, se obtiene la intensidad pico de la lluvia:

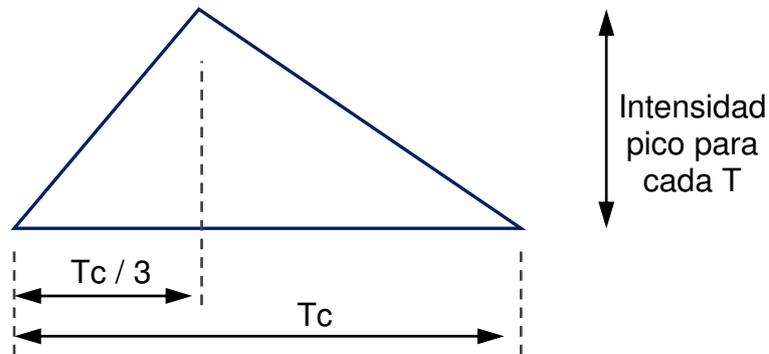
T [años]	Intensidad media diaria en 24 horas (mm/h)	Intensidad media en el intervalo considerado (mm/h)	Intensidad pico tras corrección por no uniformidad temporal (mm/h)
25	3,270	8.947	13.362
50	4,001	10.946	16.347
100	4,975	13.611	20.328
500	7,411	20.273	30.278

#### **10.4.9 HIETOGRAMA DE DISEÑO**

Finalmente, para la elaboración del modelo hidrológico se introducirá un hietograma que permita simular esta tormenta sobre la cuenca objeto de estudio. La lluvia seleccionada consistirá en un hietograma triangular, con una duración igual al tiempo de concentración (base del triángulo), que se

aproximará a 8h. Por otra parte, su altura será la intensidad pico obtenido para cada periodo de retorno, en mm/h.

El esquema de esta lluvia se expone en la figura adjunta:



Considerando intervalos de tiempo de 1h, el hidrograma anterior queda:

Tiempo (h)	T25	T50	T100	T500
0	0	0	0	0
1	4.454	5.449	6.776	10.093
2	8.908	10.898	13.552	20.185
3	13.362	16.347	20.328	30.278
4	11.135	13.623	16.940	25.232
5	8.908	10.898	13.552	20.185
6	6.681	8.174	10.164	15.139
7	4.454	5.449	6.776	10.093
8	2.227	2.725	3.388	5.046
9	0	0	0	0

Para la elaboración del modelo hidrológico finalmente se opta por considerar un intervalo de tiempo de 30 min. En tal caso el hidrograma se deberá ver modificado, ya que representa intensidades en el intervalo horario:

Tiempo (h)	T25	T50	T100	T500
0	0	0	0	0
0.5	1.114	1.362	1.694	2.523
1	2.227	2.725	3.388	5.046
1.5	3.341	4.087	5.082	7.570

2	4.454	5.449	6.776	10.093
2.5	5.568	6.811	8.470	12.616
3	6.681	8.174	10.164	15.139
3.5	6.124	7.492	9.316	13.877
4	5.568	6.811	8.470	12.616
4.5	5.012	6.131	7.624	11.356
5	4.454	5.449	6.776	10.093
5.5	3.898	4.768	5.929	8.832
6	3.341	4.087	5.082	7.570
6.5	2.784	3.406	4.235	6.309
7	2.227	2.725	3.388	5.046
7.5	1.671	2.044	2.541	3.785
8	1.114	1.362	1.694	2.523
8.5	0.557	0.681	0.847	1.262
9	0	0	0	0

## **11 ANÁLISIS HIDROLÓGICO**

### **11.1 ELABORACIÓN DEL MODELO**

Para simular la escorrentía producida por la precipitación sobre las cuencas, así como la laminación de este sistema, se ha hecho uso del programa HEC-HMS, versión 4.0 desarrollado por el USACE (USACE 2000).

Se trata de un programa de hidrología que permite el cálculo de crecidas en un sistema complejo, y puede utilizarse de forma pseudodistribuida y agregada. El modelo permite emplear para la producción y propagación de escorrentía los métodos más habituales que se emplean en los procesos hidrológicos.

Así puesta, para la producción de escorrentía puede utilizar las ecuaciones del SCS, Green y Ampt, pérdidas exponenciales, o Smith, entre otros. En cuanto a la traslación del hidrograma unitario de Snyder, de Clark, de Clark modificado, del SCS, entre otros.

Para la propagación en cauces incluye los métodos de Muskingum, Muskingum-Cunge, pulsos modificados, onda cinemática o T lag. El modelo también permite seleccionar entre diferentes ecuaciones para el flujo base (recesión, depósito lineal), considerar pérdidas por infiltración y abstracciones hidrológicas.

#### **11.1.1 ESQUEMA CONCEPTUAL**

En la figura siguiente se expone el esquema conceptual del nuevo modelo planteado. Como puede apreciarse se han considerado las 22 subcuencas analizadas previamente, así como 20 tramos de cauce en los que se considerará la posible laminación.

Este modelo permite tener en cuenta no sólo lo que contribuye cada una de las subcuencas en la generación de escorrentía del hidrograma final, sino también

obtener el desfase entre los picos de las crecidas en cada una de ellas. Así, por ejemplo, las cuencas situadas más hacia aguas abajo, como las S1, S2 y S3, desaguan tan rápidamente que apenas tienen solape de su caudal pico con las subcuencas intermedias de la cuenca.

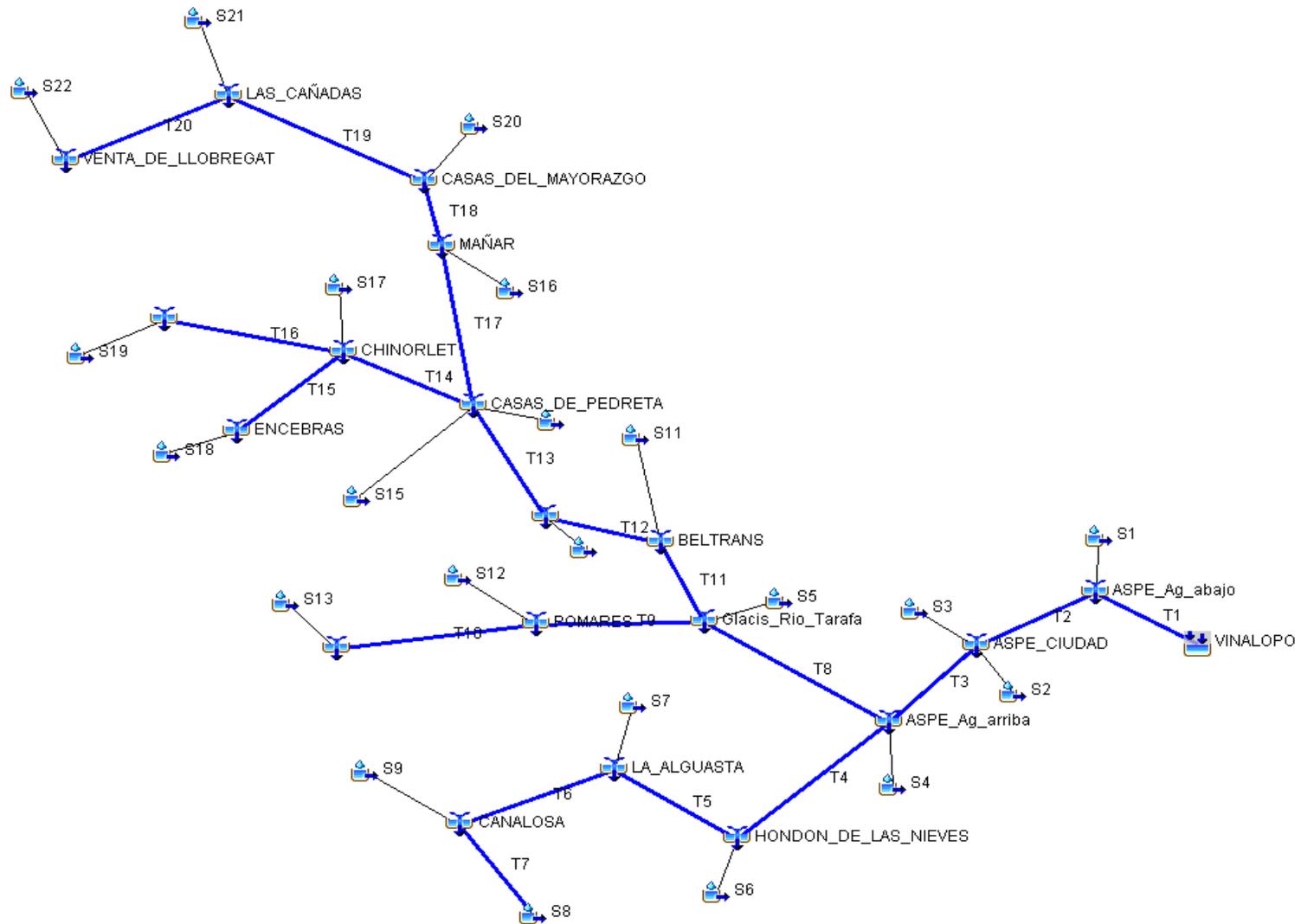


Figura: Esquema conceptual del modelo hidrológico HMS para toda la cuenca del Río Tarafa



Figura: Ubicación en el territorio de algunos de los puntos más relevantes del modelo hidrológico, en el tramo final del Río Tarafa

### **11.1.2 PRINCIPALES PARÁMETROS DE LA SIMULACIÓN**

De entre las diferentes opciones posibles que proporciona el programa se han seleccionado los siguientes parámetros de la simulación:

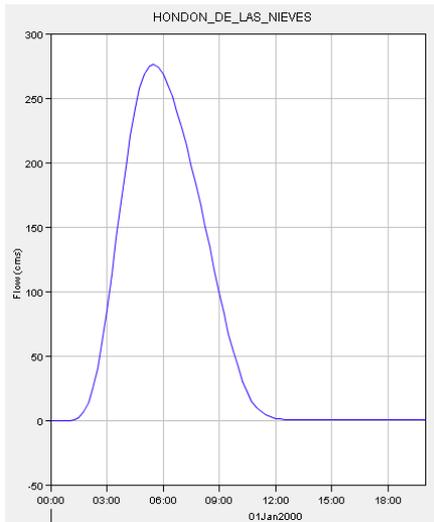
- Cálculo de infiltración durante la tormenta: El método empleado ha sido el del Número de Curva del SCS.
- Transformación Lluvia-Escorrentía: El método empleado ha sido el Hidrograma unitario sintético del SCS, mediante el tiempo de retardo o  $t_{lag}$ , introducido en minutos.
- Traslación del hidrograma través de cauces: Se ha empleado el método Muskingum, incluido en la aplicación HMS.
- Tiempo de simulación: se ha considerado de 20 h, muy superior a las 8 h del tiempo de concentración de la cuenca.
- Intervalos de cálculos. El intervalo de cálculo ha sido de 15 minutos.

### **11.2 RESULTADOS OBTENIDOS. T = 500 AÑOS**

A continuación se exponen los resultados más relevantes para el periodo de retorno intermedio, de 500 años. Los resultados que se expondrán en este apartado serán los de los puntos de mayor interés, exponiendo el resto en el anejo de cálculos hidrológicos.

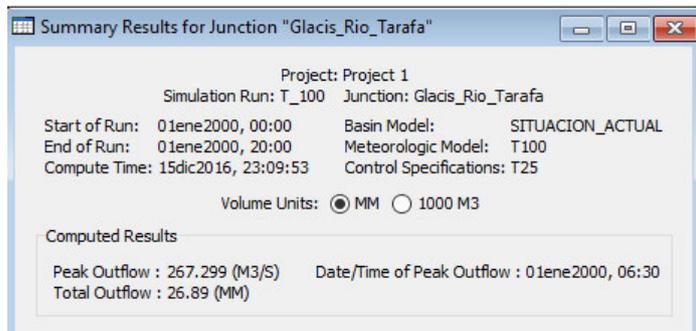
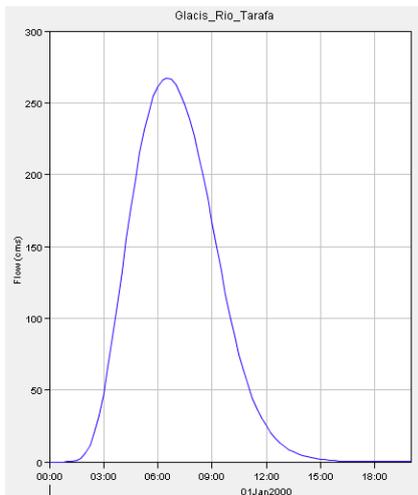
#### **11.2.1 BARRANCO DE LAS DELICIAS**

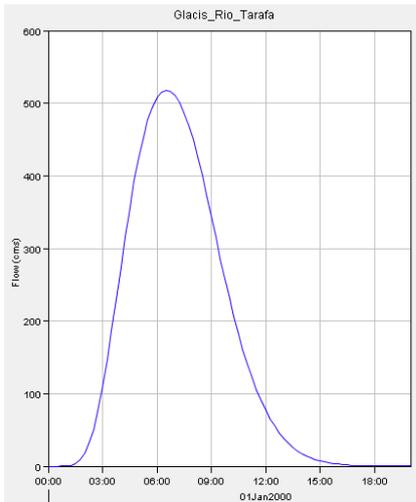
El hidrograma que se tiene en el punto del modelo denominado "Hondón de las Nieves" se corresponde a los caudales esperables en el Barranco de las Delicias a la entrada del cono aluvial. Este hidrograma se expone en la figura adjunta:



### 11.2.2 RÍO TARAF A LA ENTRADA DEL TÉRMINO MUNICIPAL

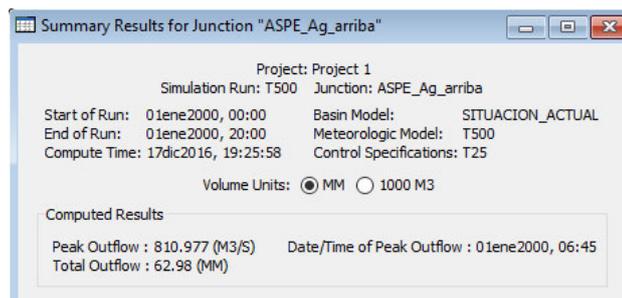
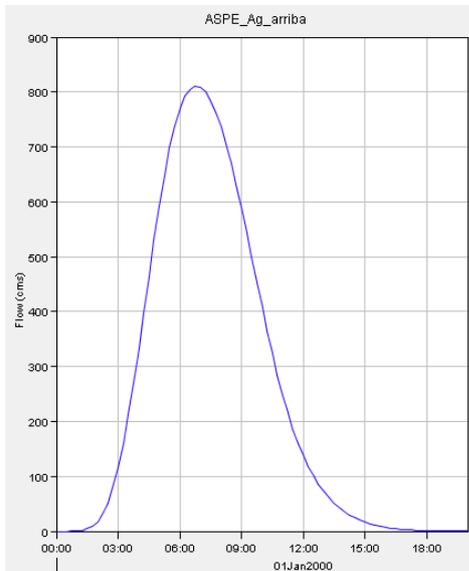
Este punto se corresponde con el modelo en el nodo "Glacis Rio Tarafa". En él se obtienen los siguientes resultados:





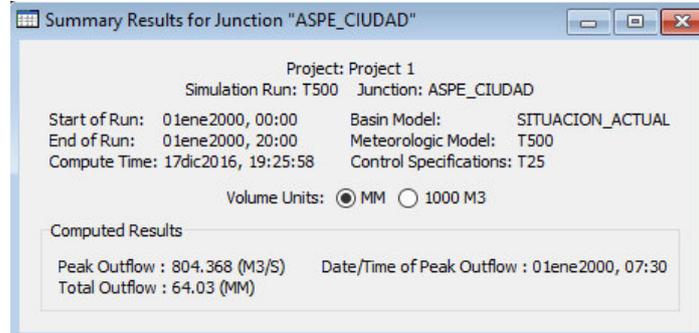
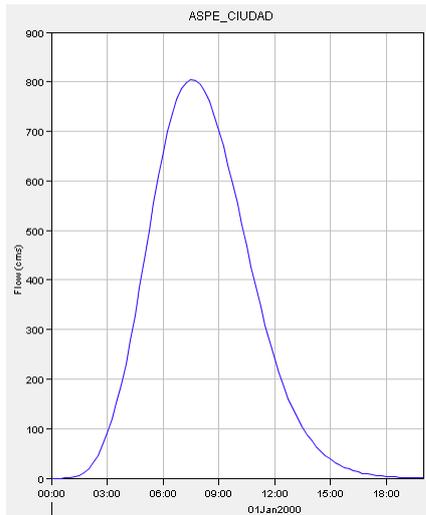
### 11.2.3 RÍO TARAFA EN SU CONFLUENCIA CON EL BCO DE LAS DELICIAS

Esta ubicación se corresponde con el punto en donde se encuentran las crecidas de ambos cauces, punto que se ha definido en el modelo como el nodo "Aspe Ag Arriba", se obtienen los siguientes resultados:



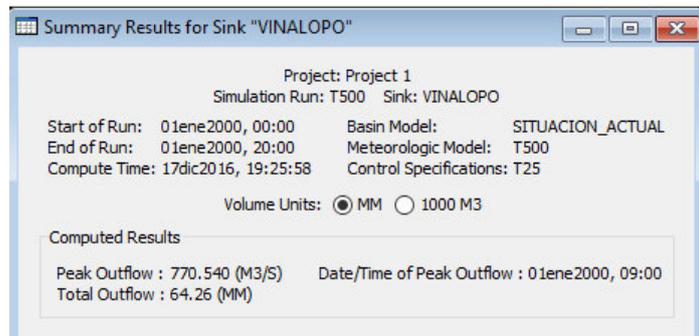
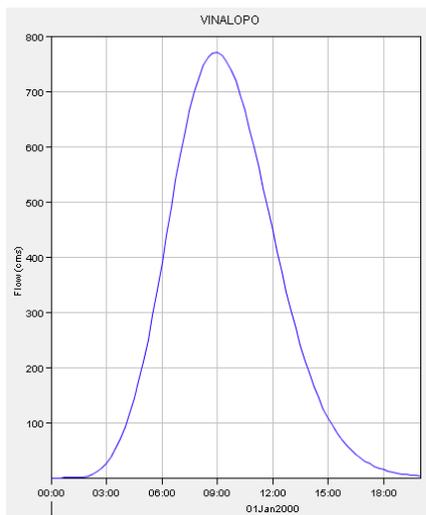
### 11.2.4 POBLACIÓN DE ASPE

Este nodo se corresponde con el cruce con la población, punto que se ha definido en el modelo como el nodo "Aspe Ciudad", se obtienen los siguientes resultados:



### 11.2.5 DESEMBOCADURA EN EL VINALOPO

Finalmente, en la desembocadura al río Vinalopó se tiene:



### 11.2.6 RESUMEN DE LOS RESULTADOS NUMÉRICOS DE LA SIMULACIÓN

Los caudales pico para cada nodo del sistema, se exponen en la tabla adjunta:

Elemento del sistema	Area drenada (km <sup>2</sup> )	Q pico	Instante del pico	Volumen (10 <sup>3</sup> m3)
S22	29.14	31.985	05:00	18.37
VENTA_DE_LLOBREGAT	29.14	31.985	05:00	18.37
T20	29.14	30.562	06:00	18.37
S21	25.93	27.332	08:30	18.97
LAS_CANADAS	55.07	52.576	06:30	18.65

Elemento del sistema	Area drenada (km <sup>2</sup> )	Q pico	Instante del pico	Volumen (10 <sup>3</sup> m3)
T19	55.07	51.313	07:15	18.65
S20	21.65	25.134	04:45	19.27
CASAS_DEL_MAYORAZGO	76.72	69.348	06:30	18.82
T18	76.72	68.659	07:00	18.82
S16	6.57	32.300	04:00	81.59
MAÑAR	83.29	89.704	06:15	23.78
T17	83.29	87.197	07:00	23.78
S17	20.60	97.153	04:15	78.18
S19	10.93	55.028	04:00	83.92
CULEBRON	10.93	55.028	04:00	83.92
T16	10.93	52.539	05:00	83.92
S18	3.24	15.021	04:00	75.66
ENCEBRAS	3.24	15.021	04:00	75.66
T15	3.24	14.760	04:30	75.66
CHINORLET	34.77	162.874	04:30	79.75
T14	34.77	146.894	05:45	79.75
S15	15.12	63.193	04:30	68.70
S14	8.35	38.565	04:00	75.46
CASAS_DE_PEDRETA	141.53	311.098	05:45	45.38
T13	141.53	304.739	06:15	45.38
S10	10.06	50.964	04:00	83.63
LA_ROMANA	151.59	339.450	06:00	47.91
T12	151.59	338.209	06:15	47.91
S11	2.18	9.492	04:00	70.53
BELTRANS	153.77	344.773	06:15	48.23
T11	153.77	336.626	07:00	48.23
S12	25.43	120.700	04:30	79.77
S13	10.78	52.266	04:00	80.09
SOLANA ALTA	10.78	52.266	04:00	80.09
T10	10.78	50.203	04:45	80.09
POMARES	36.21	170.390	04:30	79.87
T9	36.21	148.896	06:00	79.87
S5	12.91	62.865	04:15	80.76
Glacis_Rio_Tarafa	202.89	518.186	06:30	55.95
T8	202.89	503.182	07:15	55.95
S9	17.88	88.066	04:15	82.06
S8	11.40	56.474	04:00	82.39
T7	11.40	56.066	05:00	82.39
CANALOSA	29.28	142.112	04:30	82.19
T6	29.28	140.891	05:15	82.19

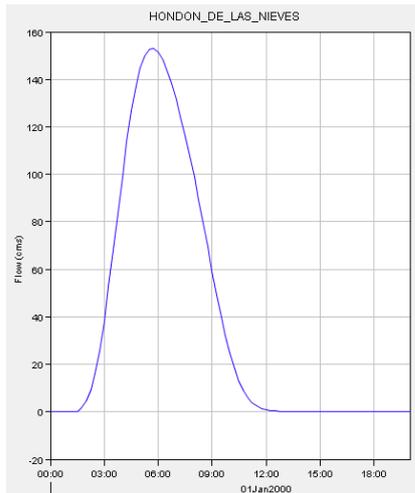
<b>Elemento del sistema</b>	<b>Area drenada (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Q pico</b>	<b>Instante del pico</b>	<b>Volumen (10<sup>3</sup> m3)</b>
S7	12.11	61.317	04:00	84.28
LA_ALGUASTA	41.39	195.865	05:00	82.80
T5	41.39	195.299	05:45	82.80
S6	19.54	91.576	04:15	78.38
HONDON_DE_LAS_NIEVES	60.93	275.882	05:30	81.38
T4	60.93	273.835	06:30	81.38
S4	15.84	78.505	04:00	82.35
ASPE_Ag_arriba	279.66	810.977	06:45	62.98
T3	279.66	779.477	07:45	62.98
S2	8.35	45.571	04:00	90.78
S3	3.74	18.805	04:00	82.84
ASPE_CIUDAD	291.75	804.368	07:30	64.03
T2	291.75	776.949	08:30	64.01
S1	3.76	19.255	04:00	85.08
ASPE_Ag_abajo	295.51	780.740	08:30	64.28
T1	295.51	770.540	09:00	64.26
VINALOPO	295.51	770.540	09:00	64.26

### **11.3 RESULTADOS OBTENIDOS. T = 100 AÑOS**

A continuación se exponen los resultados más relevantes para el periodo de retorno intermedio, de 100 años. De nuevo se expondrán los resultados en los puntos de mayor interés, exponiendo el resto en el anejo de cálculos hidrológicos.

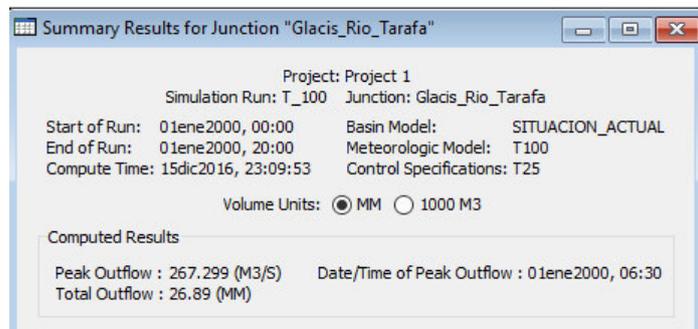
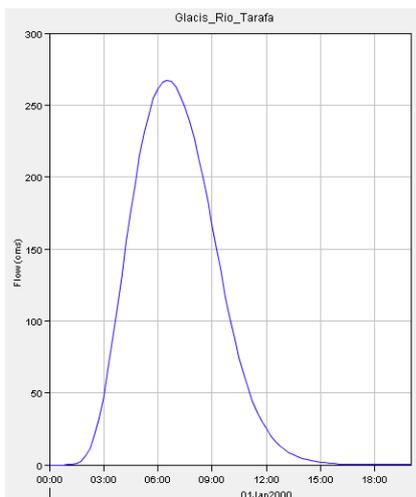
#### **11.3.1 BARRANCO DE LAS DELICIAS**

El hidrograma del Barranco de las Delicias a la entrada del cono aluvial situado en el nodo denominado "Hondón de las Nieves" se expone en la figura adjunta:



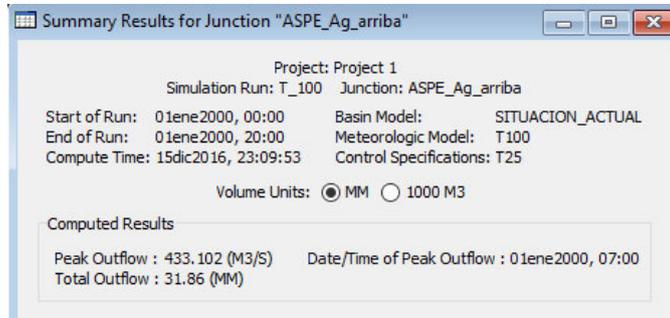
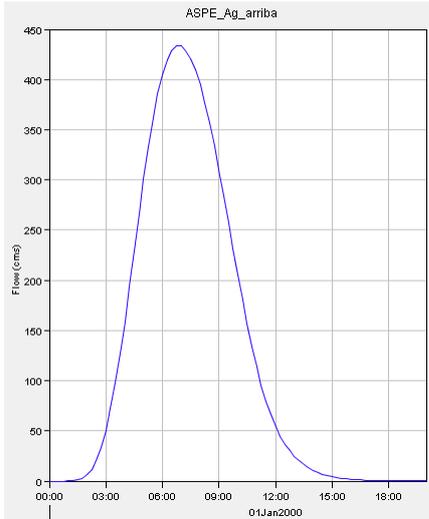
### 11.3.2 RÍO TARAF A LA ENTRADA DEL TÉRMINO MUNICIPAL

Este punto se corresponde con el modelo en el nodo "Glacis Rio Tarafa". En él se obtienen los siguientes resultados:



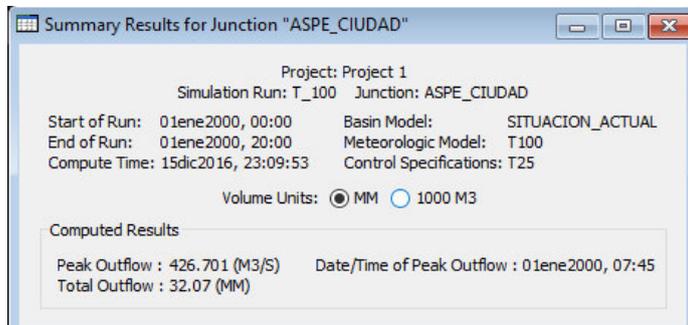
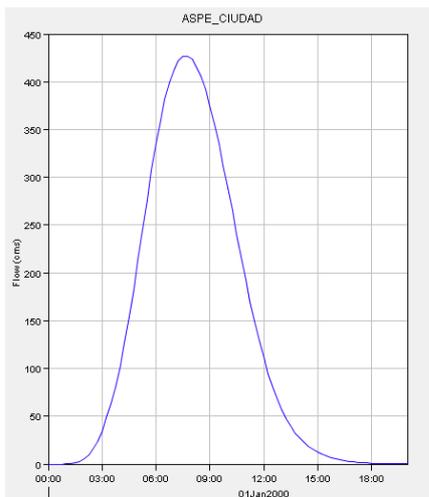
### 11.3.3 RÍO TARAF A EN SU CONFLUENCIA CON EL BCO DE LAS DELICIAS

En el punto de confluencia que se ha definido en el modelo como el nodo "Aspe Ag Arriba", se obtienen los siguientes resultados:



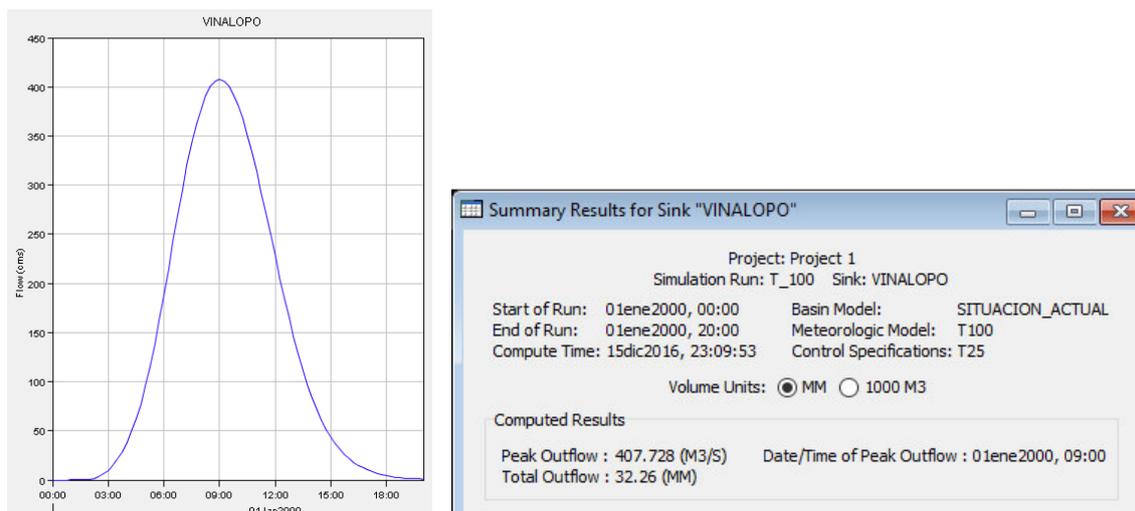
### 11.3.4 POBLACIÓN DE ASPE

En el entorno de la población, punto que se ha definido en el modelo como el nodo "Aspe Ciudad", se obtienen los siguientes resultados:



### 11.3.5 DESEMBOCADURA EN EL VINALOPO

En la desembocadura al río Vinalopó, se tiene:



### 11.3.6 RESUMEN DE LOS RESULTADOS NUMÉRICOS DE LA SIMULACIÓN

Los caudales pico para cada nodo del sistema para el periodo de retorno de 100 años, se exponen en la tabla adjunta:

Elemento del sistema	Area drenada (km <sup>2</sup> )	Q pico	Instante del pico	Volumen (10 <sup>3</sup> m3)
S22	29.14	1.709	06:15	24.3
VENTA_DE_LLOBREGAT	29.14	1.709	06:15	24.3
T20	29.14	1.616	07:00	24.3
S21	25.93	1.689	05:45	24.1
LAS_CAÑADAS	55.07	3.167	06:30	48.3
T19	55.07	3.006	07:15	48.3
S20	21.65	1.494	05:45	21.7
CASAS_DEL_MAYORAZGO	76.72	4.27	06:45	70
T18	76.72	4.191	07:15	70
S16	6.57	17.797	04:15	295.6
MAÑAR	83.29	19.078	04:45	365.6
T17	83.29	18.374	05:45	365.6
S17	20.6	52.75	04:30	873.1
S19	10.93	30.632	04:15	512
CULEBRON	10.93	30.632	04:15	512
T16	10.93	29.394	05:00	512
S18	3.24	8.034	04:15	131.4
ENCEBRAS	3.24	8.034	04:15	131.4
T15	3.24	7.95	04:45	131.4
CHINORLET	34.77	89.465	04:45	1516.5

Elemento del sistema	Area drenada (km <sup>2</sup> )	Q pico	Instante del pico	Volumen (10 <sup>3</sup> m3)
T14	34.77	81.111	06:00	1516.5
S15	15.12	32.965	04:45	535.1
S14	8.35	20.639	04:15	337.3
CASAS_DE_PEDRETA	141.53	147.147	05:30	2754.6
T13	141.53	143.496	06:15	2754.6
S10	10.06	28.251	04:15	468.3
LA_ROMANA	151.59	164.776	06:00	3222.9
T12	151.59	164.116	06:15	3222.9
S11	2.18	4.976	04:30	80.1
BELTRANS	153.77	167.835	06:15	3303.1
T11	153.77	163.162	07:00	3303
S12	25.43	66.177	04:45	1108.5
S13	10.78	28.627	04:15	473
SOLANA ALTA	10.78	28.627	04:15	473
T10	10.78	27.618	05:00	473
POMARES	36.21	93.549	04:45	1581.5
T9	36.21	82.226	06:15	1581.5
S5	12.91	34.479	04:30	572.2
Glacis_Rio_Tarafa	202.89	267.299	06:30	5456.7
T8	202.89	258.795	07:15	5456.6
S9	17.88	48.586	04:30	811
S8	11.4	31.224	04:15	519.9
T7	11.4	31.032	05:00	519.9
CANALOSA	29.28	78.68	04:45	1330.9
T6	29.28	78.172	05:30	1330.9
S7	12.11	34.152	04:15	569.9
LA_ALGUASTA	41.39	109.008	05:15	1900.8
T5	41.39	108.703	06:00	1900.8
S6	19.54	49.862	04:45	831.2
HONDON_DE_LAS_NIEVES	60.93	153.005	05:45	2732
T4	60.93	151.899	06:30	2732.1
S4	15.84	43.374	04:15	721.2
ASPE_Ag_arriba	279.66	433.102	07:00	8909.9
T3	279.66	415.713	07:45	8909.5
S2	8.35	25.94	04:15	432.6
S3	3.74	0.865	05:00	13.5
ASPE_CIUDAD	291.75	426.701	07:45	9355.5
T2	291.75	411.432	08:30	9354.3
S1	3.76	10.746	04:15	178.9
ASPE_Ag_abajo	295.51	413.736	08:30	9533.2

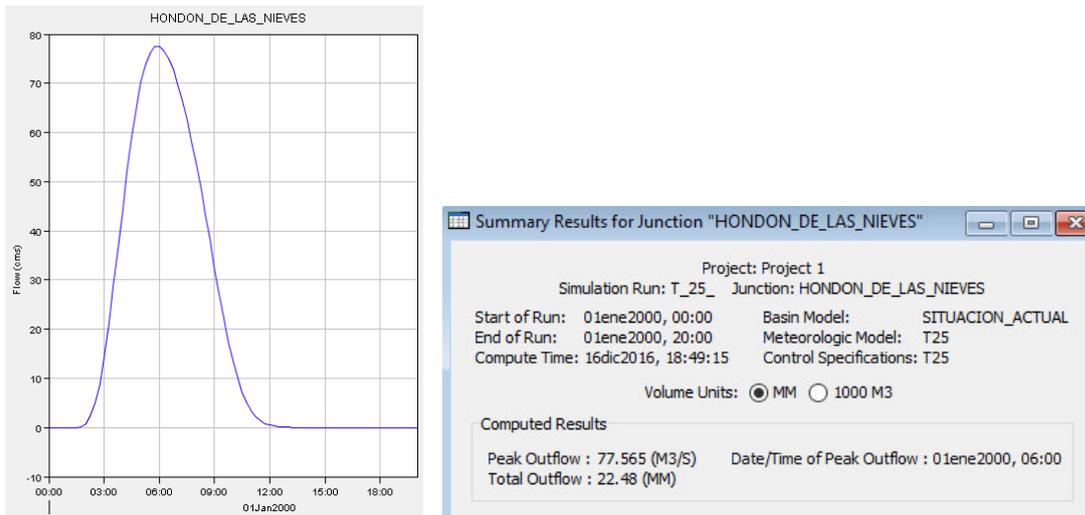
<b>Elemento del sistema</b>	<b>Area drenada (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Q pico</b>	<b>Instante del pico</b>	<b>Volumen (10<sup>3</sup> m3)</b>
T1	295.51	407.728	09:00	9531.8
VINALOPO	295.51	407.728	09:00	9531.8

## **11.4 RESULTADOS OBTENIDOS. T= 25 AÑOS**

Por último, se exponen los resultados más relevantes para el periodo de retorno intermedio, de 25 años. Al igual que en los casos anteriores, en este apartado se mostrarán a modo de resumen los puntos de mayor interés, exponiendo el resto en el anejo de cálculos hidrológicos.

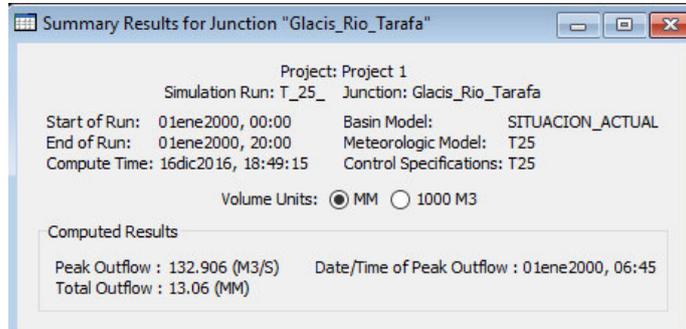
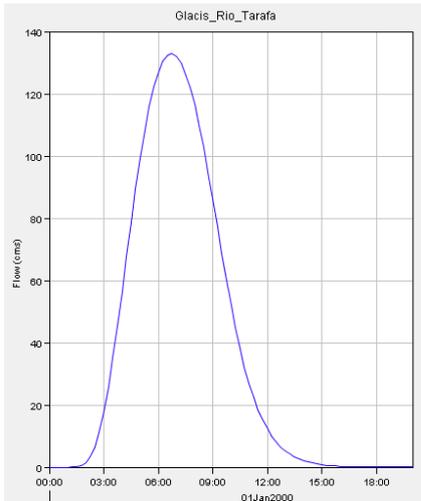
### **11.4.1 BARRANCO DE LAS DELICIAS**

El hidrograma que se tiene en el Barranco de las Delicias a la entrada del cono aluvial, será el siguiente:



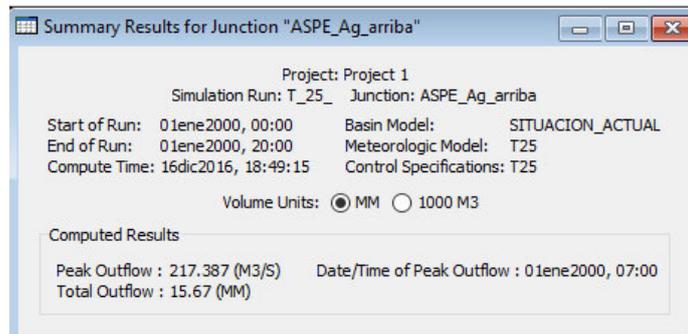
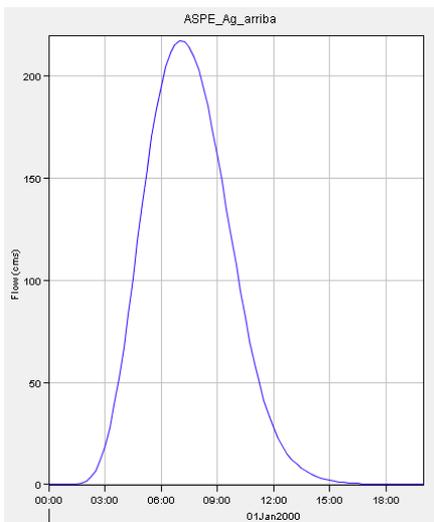
### **11.4.2 RÍO TARAFA A LA ENTRADA DEL TÉRMINO MUNICIPAL**

Este punto se corresponde con el modelo en el nodo "Glacis Rio Tarafa", en el que se obtienen los siguientes resultados:



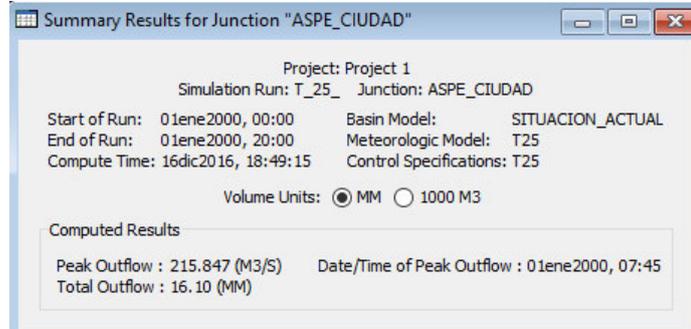
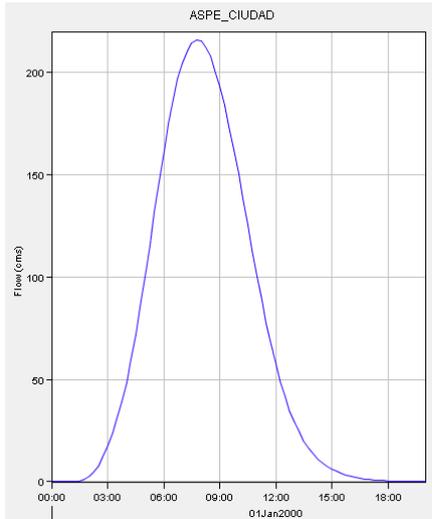
### 11.4.3 RÍO TARAFÁ EN SU CONFLUENCIA CON EL BCO DE LAS DELICIAS

En esta confluencia (nodo "Aspe Ag Arriba") se obtienen los siguientes resultados:



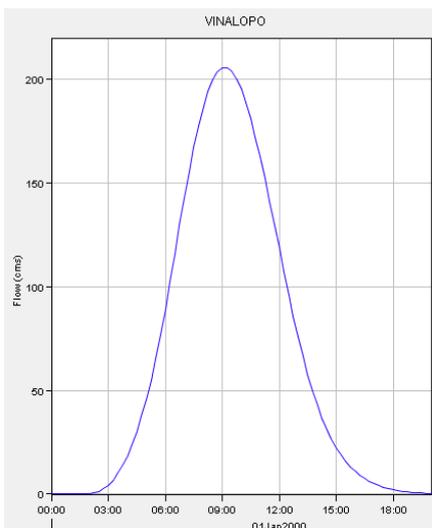
### 11.4.4 POBLACIÓN DE ASPE

En el entorno del casco urbano de Aspe, situado en el modelo como el nodo "Aspe Ciudad", se obtienen los siguientes resultados:



### 11.4.5 DESEMBOCADURA EN EL VINALOPO

En la desembocadura al río Vinalopó, se tiene:



### 11.4.6 RESUMEN DE LOS RESULTADOS NUMÉRICOS DE LA SIMULACIÓN

Los caudales pico para cada nodo del sistema, se exponen en la tabla adjunta. Como puede apreciarse, las subcuencas S20, S21 y S22 no contribuyen para este menor periodo de retorno, al quedar retenidas en la zona endorreica situada al norte de la villa de Mañar (Monóvar), según lo indicado en la delimitación de las subcuencas.

Elemento del sistema	Area drenada (km <sup>2</sup> )	Q pico	Instante del pico	Volumen (10 <sup>3</sup> m3)
S22	29.14	0.000	00:00	0.0
VENTA_DE_LLOBREGAT	29.14	0.000	00:00	0.0
T20	29.14	0.000	00:00	0.0
S21	25.93	0.000	00:00	0.0
LAS_CANADAS	55.07	0.000	00:00	0.0
T19	55.07	0.000	00:00	0.0
S20	21.65	0.000	00:00	0.0
CASAS_DEL_MAYORAZGO	76.72	0.000	00:00	0.0
T18	76.72	0.000	00:00	0.0
S16	6.57	8.982	04:45	148.4
MAÑAR	83.29	8.982	04:45	148.4
T17	83.29	8.495	05:30	148.4
S17	20.60	26.125	04:45	427.3
S19	10.93	15.687	04:30	261.9
CULEBRON	10.93	15.687	04:30	261.9
T16	10.93	15.125	05:15	261.9
S18	3.24	3.937	04:30	63.3
ENCEBRAS	3.24	3.937	04:30	63.3
T15	3.24	3.882	05:00	63.3
CHINORLET	34.77	44.863	05:00	752.5
T14	34.77	40.841	06:15	752.5
S15	15.12	15.314	05:00	242.4
S14	8.35	10.079	04:30	162.2
CASAS_DE_PEDRETA	141.53	72.128	05:45	1305.5
T13	141.53	70.220	06:30	1305.5
S10	10.06	14.424	04:30	238.3
LA_ROMANA	151.59	81.228	06:15	1543.8
T12	151.59	80.893	06:30	1543.8
S11	2.18	2.343	04:30	37.0
BELTRANS	153.77	82.675	06:30	1580.8
T11	153.77	80.273	07:00	1580.8
S12	25.43	33.074	05:00	548.9
S13	10.78	14.321	04:30	235.3
SOLANA ALTA	10.78	14.321	04:30	235.3
T10	10.78	13.876	05:15	235.3
POMARES	36.21	46.830	05:00	784.2
T9	36.21	41.399	06:30	784.2
S5	12.91	17.333	04:45	285.0
Glacis_Rio_Tarafa	202.89	132.906	06:45	2650.0
T8	202.89	128.559	07:30	2649.9

<b>Elemento del sistema</b>	<b>Area drenada (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Q pico</b>	<b>Instante del pico</b>	<b>Volumen (10<sup>3</sup> m3)</b>
S9	17.88	24.641	04:45	408.6
S8	11.40	15.834	04:45	262.4
T7	11.40	15.772	05:30	262.4
CANALOSA	29.28	39.933	05:00	671.0
T6	29.28	39.725	05:45	671.0
S7	12.11	17.486	04:30	291.3
LA_ALGUASTA	41.39	55.597	05:30	962.3
T5	41.39	55.462	06:15	962.3
S6	19.54	24.720	05:00	407.6
HONDON_DE_LAS_NIEVES	60.93	77.565	06:00	1369.9
T4	60.93	77.141	06:45	1369.9
S4	15.84	21.969	04:45	363.2
ASPE_Ag_arriba	279.66	217.387	07:00	4383.1
T3	279.66	208.314	08:00	4382.9
S2	8.35	13.604	04:30	226.8
S3	3.74	5.282	04:30	86.9
ASPE_CIUDAD	291.75	215.847	07:45	4696.6
T2	291.75	207.705	08:45	4696.0
S1	3.76	5.510	04:30	91.6
ASPE_Ag_abajo	295.51	208.919	08:30	4787.5
T1	295.51	205.666	09:00	4786.8
VINALOPO	295.51	205.666	09:00	4786.8

## **12 ESTUDIO HIDRÁULICO**

### **12.1 METODOLOGÍA.**

Para el estudio, se adopta un **modelo de simulación bidimensional**, puesto que es más preciso y realista al tener en cuenta los movimientos laterales del flujo (especialmente importantes en la llanura de inundación y zonas de remanso y desembocadura), así como para tener en cuenta la totalidad de la geometría real, al representar de manera continua el dominio de cálculo. El modelo hidráulico empleado es el **Infoworks ICM v. 4.5**.

Se utilizará una topografía detallada, definiendo sus lindes y modelizando todos aquellos elementos que puedan tener efecto sobre el flujo, como por ejemplo muros, pretilas, edificaciones existentes, etc.

Se caracterizarán las edificaciones, construcciones y obras de paso. Para cada una de las edificaciones, construcciones y obras de fábrica, puentes, azudes, etc., que se han de introducir en el modelo hidráulico, se realizarán un croquis acotado descriptivo de sus características geométricas y especialmente de aquellas que puedan ser condicionantes de esta influencia.

### **12.2 METODOLOGÍA.**

A modo de resumen, la metodología empleada para la realización del estudio hidráulico es la siguiente:

1. Análisis histórico y estudio de antecedentes. (ver epígrafes anteriores)
2. Determinación de la zona a estudiar mediante modelo bidimensional. (ver epígrafes anteriores)
3. Análisis del Modelo Digital del Terreno.
4. Cálculo de caudales. Estudio hidrológico. (ver epígrafes anteriores)
5. Trabajo de campo. Croquis de obras de fábrica.

6. Construcción del modelo 2D
  - a. Introducción de puentes, estructuras lineales,..etc.
  - b. Introducción de una capa (.shp) con la rugosidad.
  - c. Introducción de las condiciones iniciales y condiciones de contorno, incluidos los hidrogramas asociados a los distintos periodos de retorno.
7. Cálculo del modelo.
8. Post-proceso de resultados.

El modelo de simulación bidimensional (Infoworks ICM v. 4.5) permite, mediante el cálculo por volúmenes finitos y malla triangular, la modelización numérica de flujo variable en dos dimensiones horizontales en la hipótesis de flujo verticalmente homogéneo.

Las hipótesis fundamentales de este modelo son las siguientes:

- Pérdidas en flujo estacionario similares a las pérdidas por fricción en flujo transitorio.
- Distribución de presiones en la vertical hidrostática o equivalentemente, aceleración en la vertical es pequeña, puesto que se produce una variación gradual de las ondas que se producen en la superficie.
- Aproximación de la tangente por el ángulo y las medidas en el fondo son equivalentes a medidas en el plano horizontal, ya que la pendiente promedio del fondo del cauce es tan pequeña que

El modelo plantea la integración de las ecuaciones de aguas poco profundas - shallow water equations (SWE)- o versión de profundidad media de las ecuaciones de Navier-Stokes. Asumen que el flujo es predominantemente horizontal y que la variación vertical de la velocidad es despreciable. Las ecuaciones que rigen el fenómeno son las siguientes:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = q_{1D}$$

$$\frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( hu^2 + \frac{gh^2}{2} \right) + \frac{\partial(huv)}{\partial y} = S_{0,x} - S_{f,x} + q_{1D} u_{1d}$$
$$\frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left( hv^2 + \frac{gh^2}{2} \right) + \frac{\partial(huv)}{\partial x} = S_{0,x} - S_{f,y} + q_{1D} v_{1d}$$

Las características del modelo:

- Proceso iterativo.
- Situación inicial (n) de partida.
- Integración para la situación n+ 1, a lo largo de toda la geometría.
- Comprobación de que la precisión alcanzada es suficiente.
- En caso contrario, se itera incluso variando el Dt.
- Si la precisión es suficiente, se inicia un nuevo proceso iterativo para el siguiente momento temporal.

### **12.3 Análisis del modelo digital del terreno.**

Para la modelización hidráulica se ha utilizado un Modelo Digital del Terreno de alta precisión (1x1) generado a partir de los datos LiDAR PNOA.

#### **12.3.1 VUELO LIDAR.**

El LIDAR (Light Detection And Ranging) es un sistema que contiene un emisor de impulsos y un receptor de detección remota basado en un sensor láser. El instrumental se instala en un avión desde el cual se procedé a la emisión de un pulso láser y a la medida del tiempo que tarda dicho pulso en llegar a un objeto, en el cual rebota, y volver al avión. De este modo, a cada tiempo de respuesta se le asigna una cota. El sistema instalado en el avión no trabaja solamente en la vertical del mismo. También se realizan medidas

transversalmente a la dirección de avance, con un cierto ángulo respecto a la vertical.

Según las características del objeto al que llega el pulso láser se pueden dar diferentes respuestas:

- En una superficie sólida (edificios, suelo, etc.), el rayo se refleja y vuelve al avión.
- En el agua, el rayo láser es absorbido y no vuelve al avión, por lo que no se obtiene información.
- En vegetación, al chocar con la copa del árbol parte del rayo se refleja y vuelve al avión, pero parte del rayo la atraviesa hasta llegar al suelo. En este caso, el sistema guarda el primer y último pulso.

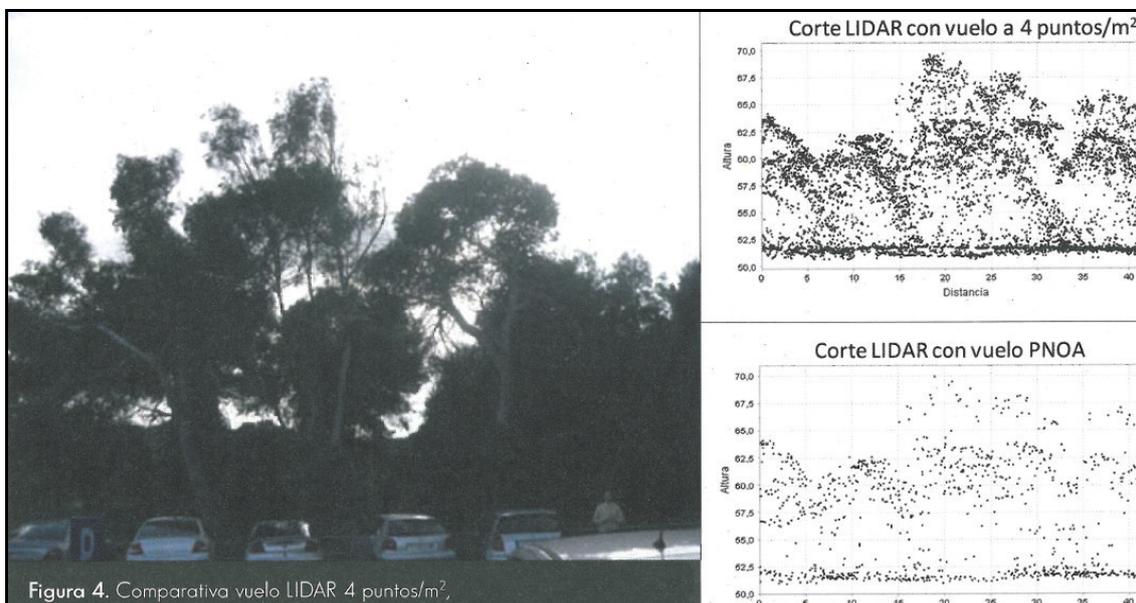


El registro del primer pulso permite describir la superficie (parte más alta) de los objetos, mientras que el registro del último eco se usa para conocer la superficie del suelo. La capacidad multi-retorno se utiliza para detectar vegetación y su altura.

La resolución del vuelo LIDAR se caracteriza por el número de puntos medio por metro cuadrado del que se dispone de información.

En el año 2010, dentro del marco del proyecto XERRAC, se realizó una comparación de los resultados entre el LiDAR PNOA y un LiDAR convencional con vuelo a 4 puntos/m<sup>2</sup>. Los resultados, como se puede ver muestran que, pese a la menor precisión, la definición de elementos es suficiente para

caracterizar el terreno. Se puede comprobar que el vuelo a 0,5 puntos/m<sup>2</sup> es suficientemente representativo de la realidad.



*Comparativa LiDAR vuelo convencional y LiDAR con vuelo PNOA.*

Para poder referenciar correctamente el punto que se ha medido en el terreno, se utiliza la combinación de dos técnicas diferentes. De esta forma se obtienen las alturas del terreno con un error de +/- 15 cm en altura.

### **12.3.2 MODELO DIGITAL DEL TERRENO.**

Los productos obtenidos inicialmente, previos a tratamientos específicos, son los siguientes:

#### **Modelo digital de superficies (MDS)**

A partir de la nube de puntos original. Se obtiene el MDS que almacenará lo altura máxima medida para cada unidad de superficie.

#### **Modelo digital de intensidades (MDI)**

A partir de la nube de puntos original, se obtiene el MDI que almacenará los valores de la intensidad medida por el LIDAR para cada uno de los pulsos

emitidos. Esta imagen de intensidades puede dar información de diferentes tipos de superficies.

Estos productos iniciales deberán ser tratados para obtener aquéllos que se emplearán en los estudios. Para ello será necesario realizar un estudio detallado del MDS en base a la ortofotografía disponible y a las imágenes de intensidades. A partir de la ortofoto se pueden identificar zonas donde se localicen edificaciones u otras construcciones como antenas, aerogeneradores, catenarias, puentes y pasos elevados, vegetación y vehículos que, debido a la técnica de levantamiento del MDS del sistema LIDAR, den lugar a cotas que necesiten ser restituidas.

### **12.3.3 ELIMINACIÓN DE PUENTES**

Como se ha indicado anteriormente, el pulso del LIDAR, al rebotar sobre el tablero de los puentes, da como resultado que la cota del MDS en el punto sea la cota superior del tablero del puente, no la del cauce, por lo que será necesario restituir las cotas del cauce para que las modelizaciones posteriores sean correctas.

El proceso necesario para la eliminación de los puentes es el siguiente:

- Identificación de las zonas que son candidatas a ser clasificados como puentes o pasos elevados.
- Comprobación de si realmente se trata de un puente o paso elevado o, de lo contrario, se trata de un falso positivo.
- En el caso de tratarse de un puente, retoque manual de la parte del mismo que se quiere eliminar.
- Eliminación de las alturas de los puntos del MDS correspondientes a la zona que se haya seleccionado como puente. Es necesario definir líneas de rotura por medio de puntos que representen geoméricamente la estructura. Estos puntos se seleccionan de forma visual, con la seguridad

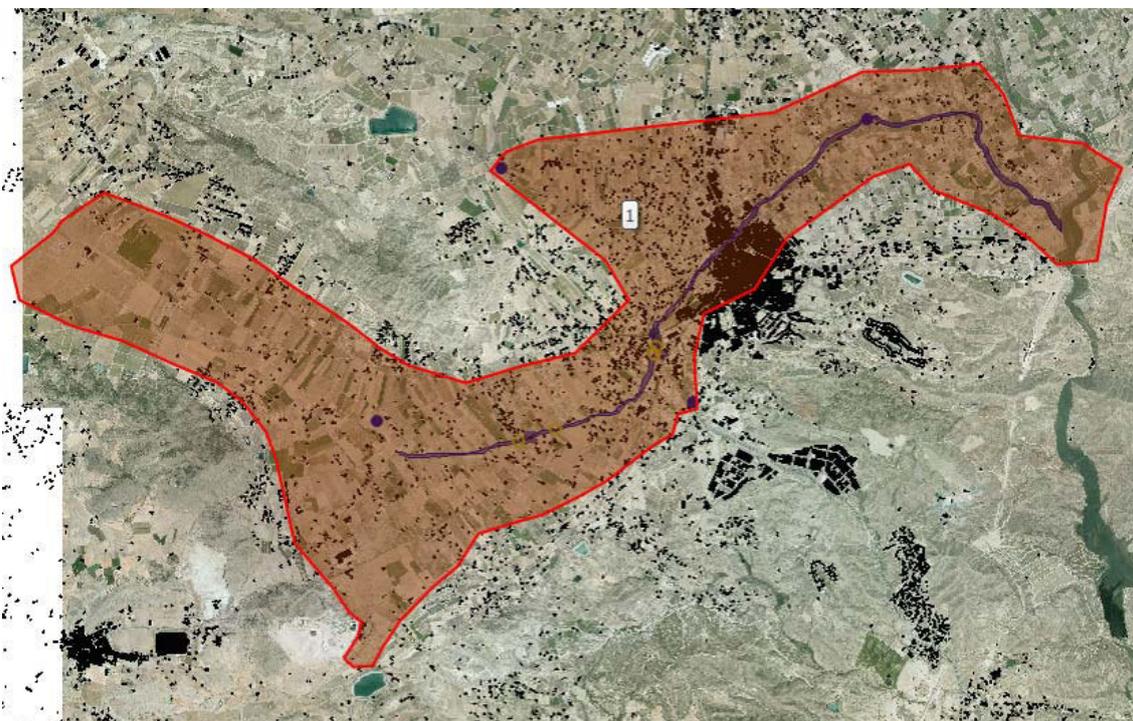
de que pertenecen al punto más bajo del puente. Posteriormente, sobre el MDS al que se le han eliminado los puntos del puente, se dibujan las líneas de rotura desde el valor de altura de los puntos rojos hasta el valor de altura de los azules.

- Generación del MDT final.

#### **12.3.4 VECTORIZACIÓN DE EDIFICIOS**

Los edificios influyen en las líneas de flujo de la modelización, por lo que cualquier simulación en régimen real debe considerarlos de forma adecuada.

A partir de los datos LIDAR y con el apoyo necesario de la cartografía 1:1000 y las ortofotos disponibles (generalmente procedentes del PNOA), será necesario introducir los edificios presentes en la zona de estudio, de forma que se pueda obtener un MDT eliminando la vegetación y demás objetos, manteniendo la altura de los edificios.



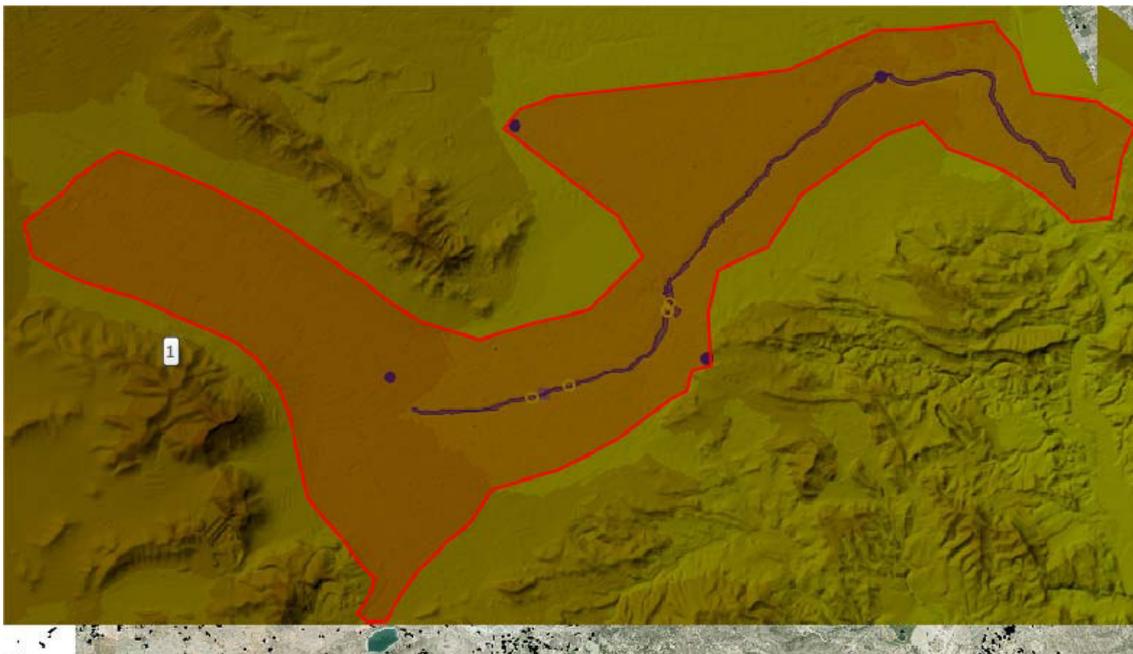
### **12.3.5 IDENTIFICACIÓN DE MOTAS Y TERRAPLENES DE OBRAS LINEALES**

Las motas y terraplenes de obras lineales que bordean los cauces son elementos que afectan especialmente a las modelizaciones, ya que delimitan la zona por la que circulan los caudales y pueden restringir el Dominio Público Hidráulico.

Las motas deberán estar bien definidas, por lo que será necesario su identificación en ortofoto y su comprobación en el MDT.

### **12.3.6 PRODUCTOS FINALES. MDT.**

Para la realización de la modelización hidráulica correspondiente a la situación actual de la llanura de inundación, es decir, con una geometría del terreno alterada por las posibles modificaciones antrópicas existentes, se utilizará el MDTreal que consistirá en el modelo digital de superficies en el que se habrán eliminado los elementos correspondientes a la vegetación, se habrán corregido las profundidades de cauce, se habrán eliminado los puentes y se habrán incluido (y revisado) aquellos elementos antrópicos de larga duración, tales como edificios, motas, terraplenes, etc. A continuación se muestra el producto final utilizado, indicando los elementos lineales introducidos:



## **12.4 Modelo 2d realizado**

La construcción del modelo consta de las siguientes fases:

- Definición del dominio de cálculo.
- Introducción de las condiciones iniciales y condiciones de contorno, incluidos los hidrogramas asociados a los distintos periodos de retorno.
- Introducción de una capa (.shp) con la rugosidad.
- Introducción de puentes, estructuras lineales,..etc.

A continuación se describen cada una de estas fases:

### **4.12.1 CONDICIONES DE CONTORNO.**

#### **Condiciones de contorno aguas arriba:**

Aguas arriba se establecen los caudales correspondientes al inicio del tramo.

#### **Condiciones intermedias.**

No se introducen condiciones intermedias.

#### **Condiciones de contorno aguas abajo:**

Se considera la condición de calado normal.

## **12.5 Coeficientes de rugosidad.**

La rugosidad en la llanura de inundación depende fundamentalmente de los usos del suelo presentes en la misma.

Aplicando la metodología expuesta en la “Guía Metodológica para el desarrollo del SNCZI” finalmente se han definido las rugosidades distribuidas de cada uno de los modelos hidráulicos.

Como información de partida sobre los usos del suelo se ha utilizado el Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España (SIOSE) llevado a cabo por el Instituto Geográfico Nacional (IGN). Se trata de una capa de información en formato SIG que ofrece una delimitación de los polígonos de ocupación del suelo a escala 1:25.000. Las posibles ocupaciones del suelo vienen dadas por una clasificación de usos simples (cuando éstos sean únicos en el polígono) y compuestos (cuando éstos se encuentren formados por dos o más usos simples y/o compuestos a su vez) que pueden llevar atributos asociados. En función del tipo de combinación, el uso compuesto será asociación o mosaico. La asociación es la combinación de usos que se encuentran entremezclados sin distribución geométrica ordenada. El mosaico es la combinación de usos cuya distribución geométrica y separación entre ellos es claramente perceptible.

El valor del coeficiente de rugosidad de Manning en el caso de los usos compuestos de tipo mosaico (regular e irregular) y de las asociaciones del SIOSE, se obtendrá como media de los números de Manning correspondientes a los usos simples que los integran ponderados según los porcentajes de superficie en los que están presentes.

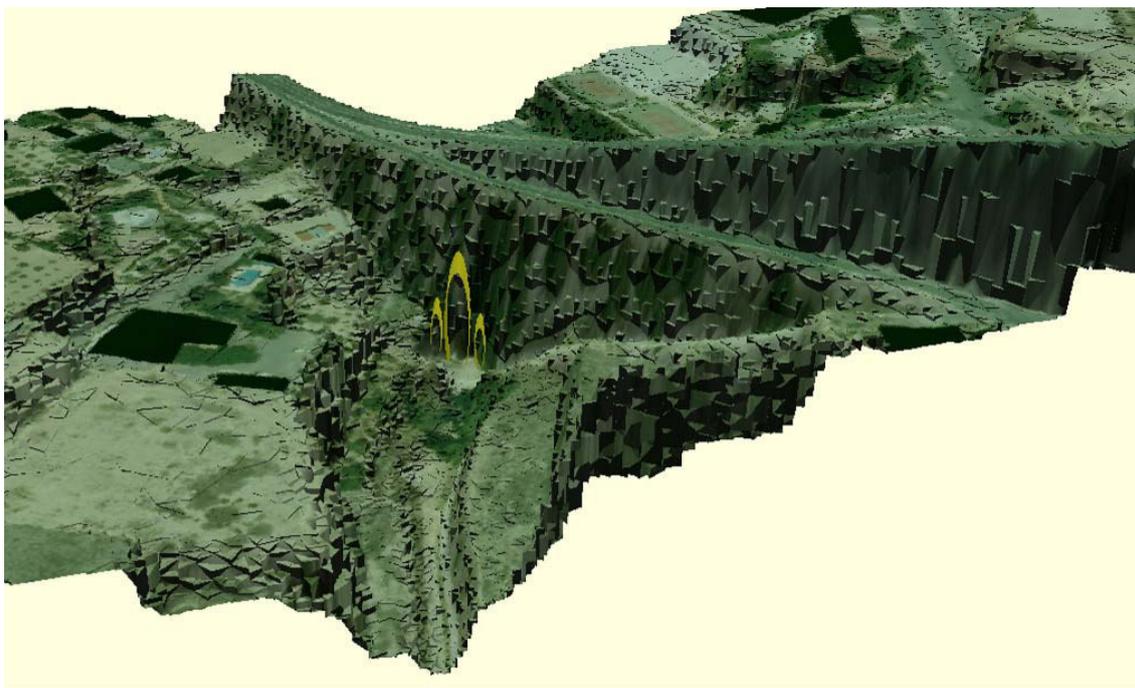
El proceso a desarrollar es el siguiente:

- Superponer los polígonos del SIOSE con las herramientas de los SIG sobre la ortofoto suministrada con el MDT del LIDAR.

- Rectificar los polígonos de usos del suelo en caso necesario. En este caso se ha digitalizado parte del cauce por no estarlo en los polígonos del SIOSE.
- Asignar valores del coeficiente de rugosidad de Manning a los polígonos de usos del suelo tomando como punto de partida los valores de las tablas que se adjuntan en la guía metodológica del SNCZI.
- Revisar los valores del coeficiente de rugosidad de Manning en función de la densidad de la vegetación o de las edificaciones en la zona de estudio.

## **12.6 Infraestructuras.**

Esta información, dado que no se puede extraer íntegramente del LIDAR, ha sido necesario tomarla en campo.



## **12.7 Geometría de cálculo**

A continuación se muestra un resumen de las principales características del modelo de cálculo y una imagen con el detalle del mallado de cálculo:

**Zona 2D:**

Área mínima (m2):	3.00
Área máxima (m2):	1000.00
Máxima Variación de altura:	0.25
Número de elementos:	2.066.881
Minimum element area (m2):	0.5037
Maximum element area (m2):	985.1956
Average element area (m2):	11.2480
Zona de malla en el cauce principal:	
Minimum element area (m2):	0.5
Maximum element area (m2):	4.0

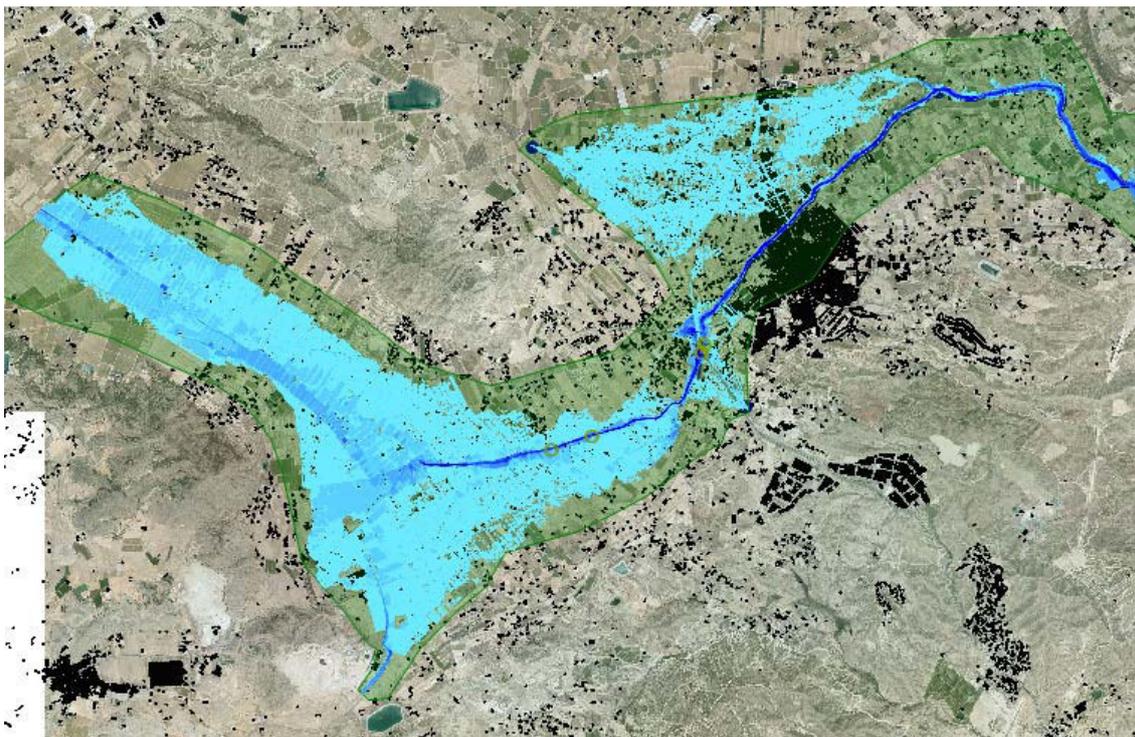


### **13 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

Tras la modelación realizada, y como síntesis del trabajo realizado se obtienen las siguientes conclusiones principales:

1.- El Término Municipal presenta extensas áreas inundables aguas arriba del casco urbano de Aspe, mientras que aguas abajo el funcionamiento hidráulico del Río Tarafa es en general adecuado. Estas zonas inundables se generan básicamente por dos factores; el primero de carácter geomorfológico, pues se evidencia la existencia de un cono aluvial con un cauce insuficientemente definido, que coincide con el Camino de las Delicias. El segundo de carácter antrópico, pues se debe a la desaparición del Barranco de la Romana tras su incorporación al Término Municipal de Aspe, debido a aterramientos generados con fines agrícolas. Ambos factores generan la mayor parte de esta inundación masiva del municipio.

2.- Los cauces de esta zona presentan un comportamiento hidráulico con alto grado de torrencialidad, debido a la escasa cubierta vegetal y la elevada pendiente media del territorio. Esto ocasiona que los tiempos de concentración sean reducidos en relación a sus cuencas vertientes, lo cual hace que se trate de barrancos especialmente peligrosos, cuyas crecidas serán rápidas y violentas, pudiendo ocasionar cuantiosos daños materiales o pérdida de vidas humanas.



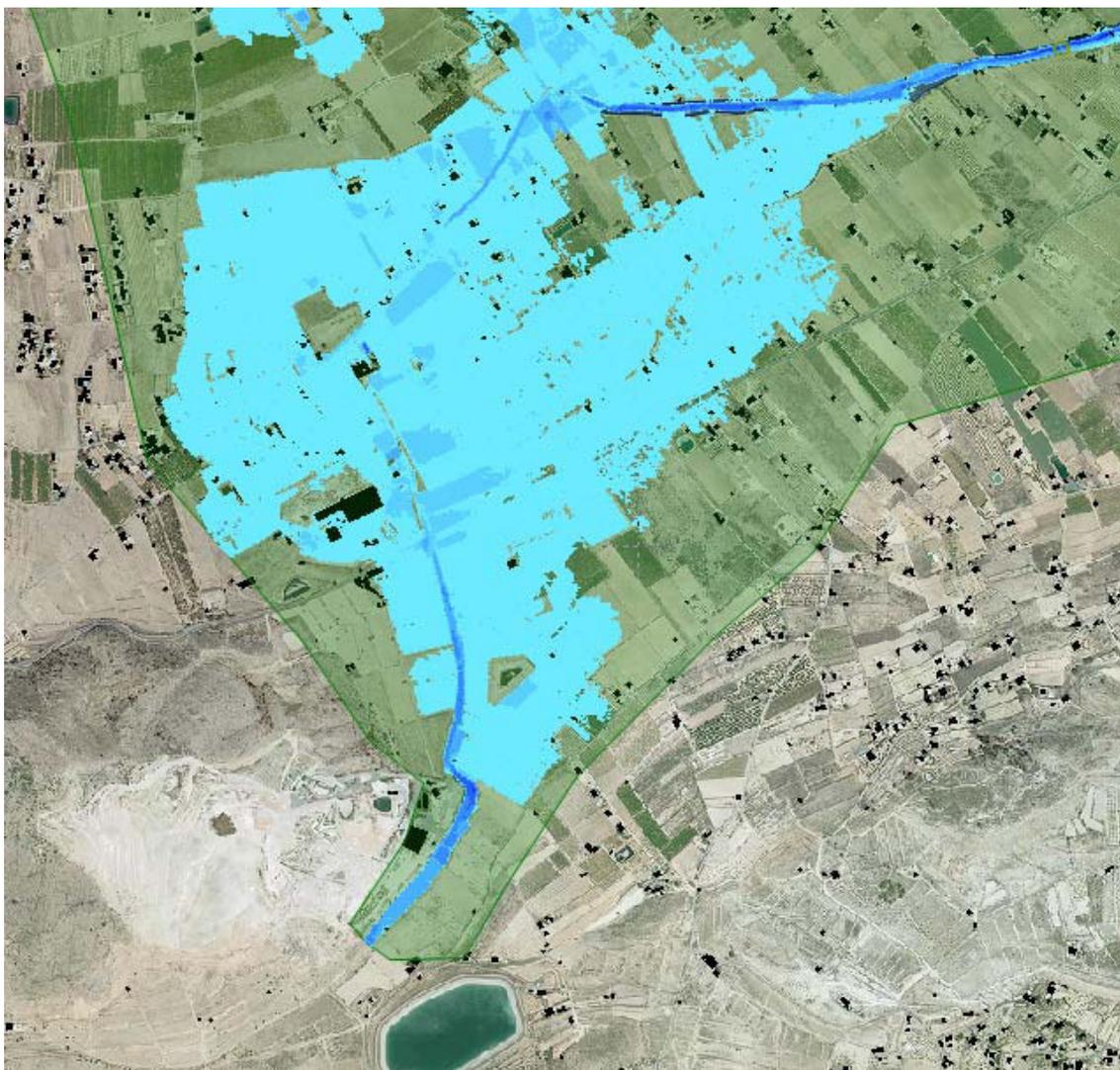
Ya de forma más concreta se establecen las siguientes consideraciones respecto al estudio hidráulico realizado tanto en el Río Tarafa, como en el Barranco de las Delicias.

### **13.1 BARRANCO DE LAS DELICIAS**

Las simulaciones realizadas para los periodos de retorno de 25, 100 y 500 años, presentan unos resultados muy dispares en la forma de la lámina de inundación. Esto es debido a que el punto de desbordamiento va variando para caudales diferentes, remontando hacia aguas arriba del barranco.

Este hecho puede generar una percepción de falsa seguridad, pues zonas aparentemente no inundables, elevadas y distantes del Barranco de las Delicias, pasarán a serlo para periodos de retorno altos. La geomorfología de dicho barranco, que genera un cono aluvial antes de su confluencia con el Tarafa, resulta decisiva en este tipo de funcionamiento hidráulico.

Esto ocasiona la existencia de un riesgo elevado de daños a personas y bienes en áreas influenciadas por este cono aluvial. Una vez el flujo desborda, éste discurre vertiendo entre campos de cultivo, y siguiendo las líneas de nivel del terreno, lo que hace que la inundación sea más amplia de lo esperable. En general esta inundación será difusa, especialmente en zonas alejadas del barranco, con una baja energía del flujo circulante.



Por otra parte, para caudales asociados a periodos de retorno medios o incluso bajos, existen puntos peligrosos que deberían ser corregidos. De entre ellos destaca el Camino las Delicias, coincidente en su trazado con el Barranco de las Delicias, hecho que por sí solo ya evidencia un importante riesgo. Pero

además, dicho camino se sitúa en el interior de un cono aluvial, discurriendo a través del mismo, y generando su principal vía de desagüe.



Este cono aluvial del cauce de Las Delicias, con una importante cuenca receptora de más de 50 km<sup>2</sup> y una sección de estrechamiento en su embocadura (junto a la cantera), supone que en caso de crecida la respuesta del sistema se producirá de forma rápida y violenta, concentrándose en este punto. Existen trágicos episodios históricos en España relacionados con este tipo de avenidas en conos aluviales que nos avisan del riesgo de este tipo de formaciones geomorfológicas.

Por otra parte, existe una pequeña franja montañosa formada por el Collado del Ventorrillo y la Sierra de Ofra que separa la localidad de Aspe del vaso de la cuenca de las Delicias, por lo que en caso de una precipitación aislada en dicha cuenca, se puede producir una crecida notable que saldría repentinamente por el cono aluvial, aunque en Aspe no estuviese apenas lloviendo. Esto generaría un riesgo elevado al no tener la sensación de peligro asociado a un aguacero violento. Este hecho se puede ver agravado con la rápida respuesta del cono aluvial y el escaso tiempo de reacción para las personas que transiten por el Camino de Las Delicias.

El hecho que el Camino de las Delicias siga la línea de máxima pendiente del terreno a lo largo del cono, aumenta significativamente el peligro al incrementar la velocidad del flujo. Hacia aguas abajo, el cruce del barranco/camino de las Delicias con la carretera de Aspe a Hondón de las Nieves, supone también un riesgo importante para el tránsito de personas.

Ya casi en la confluencia con el Tarafa, se acumulan grandes cantidades de agua el camino viejo del Hondón, aunque este flujo procede ya en parte de la Rambla de la Romana. Esto genera un importante peligro en dicha carretera, pudiendo algún vehículo verse arrastrado por la corriente hasta la embocadura del Río Tarafa, que se encuentra muy próximo a este punto.

Llama la atención la escasez de drenajes longitudinales e incluso transversales de dichas carreteras, en general muy transitadas. Los importantes caudales que circulan casi perpendiculares a ellas, pasarán por tanto por encima de la calzada.

## **13.2 RÍO TARAFÁ**

El funcionamiento hidráulico del Río Tarafa presenta dos tramos claramente diferenciados en el término municipal de Aspe, que se exponen a continuación.

### **13.2.1 TRAMO ALTO. BARRANCO DE LA ROMANA**

En su tramo más elevado a la entrada del municipio, al Río Tarafa se le conoce como el Barranco o Rambla de La Romana. Su cauce en esta zona resulta prácticamente inexistente en un recorrido importante, lo cual puede deberse a que la ocupación agrícola del territorio ha acabado aterrando completamente el curso fluvial, o a que la geomorfología de éste nunca ha llegado a remontar hacia aguas arriba del glacis hasta el norte del municipio. En cualquier caso, el primer factor parece más factible, ya que se han localizado pequeños tramos de cauce entre campos, a cota muy inferior al terreno actual.

Esto genera un comportamiento hidráulico inadecuado, con una inundación masiva en esa zona, que resulta casi inevitable una vez se empiezan a generar las primeras escorrentías, debido a la ausencia de un curso fluvial definido.

La lámina de agua en este tramo resulta de gran extensión, siendo aparentemente muy llamativa. Sin embargo, en general presentará un riesgo escaso, ya que la riada circulará a través de los campos con una lámina de agua no muy elevada, y con velocidades bajas debidas a los aterrazamientos.

### **13.2.2 TRAMO MEDIO Y BAJO.**

Tras las simulaciones realizadas, en general se puede considerar como aceptable el funcionamiento hidráulico del Río Tarafa, una vez aparece su cauce tras la confluencia con la inundación procedente del barranco de Las Delicias. En el entorno de la población de Aspe y hasta su confluencia con el Río Vinalopó, las zonas inundables resultan escasas, y comprenden únicamente campos de cultivo que probablemente han sido ganados al cauce natural debido a su reducida cota.

En cuanto a su comportamiento se identifican dos tramos; el primero de ellos situado más próximo a la población de Aspe, en donde las velocidades tienden a ser elevadas, el número de Froude se aproxima a la unidad (régimen crítico),

e incluso se supera para periodos de retorno elevados. El otro tramo, situado en la parte final del cauce del Tarafa, presenta un desagüe más tranquilo con velocidades reducidas, amplia anchura de cauce y régimen subcrítico.

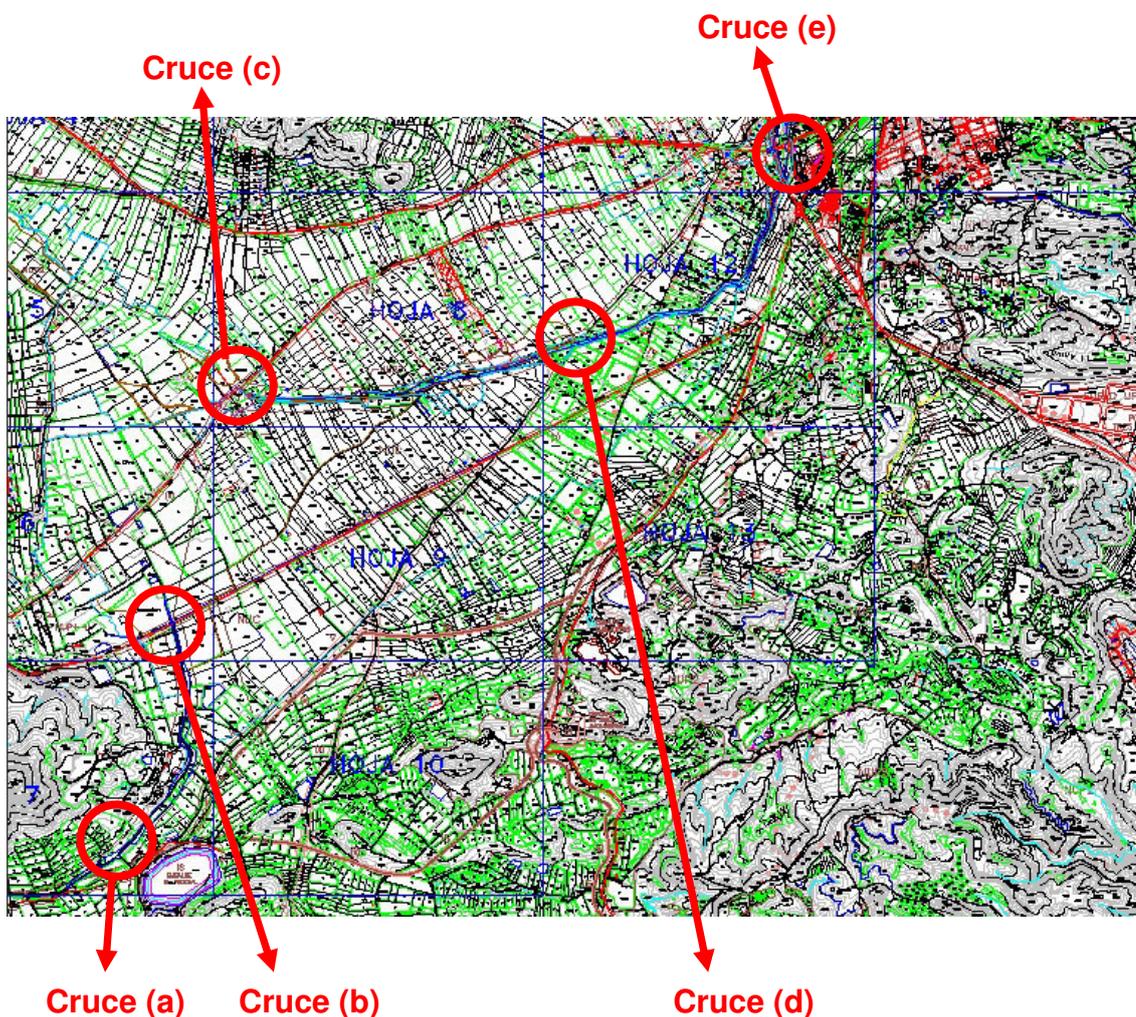
Existe algún punto de estrechamiento en el cauce, que podría generar un cambio de régimen hidráulico subcrítico a supercrítico por no disponer el flujo de energía suficiente para atravesar dicho cambio de sección. Esto generará un cambio de comportamiento local del flujo, con elevadas velocidades.

En general, el tramo medio y bajo del río Tarafa se puede considerar poco problemático en cuanto a su inundabilidad se refiere, aunque presenta cierta peligrosidad debido a las altas velocidades que en él llegan a alcanzarse, como puede apreciarse en el tramo de aguas arriba con una velocidad media generalizada por encima de los 5 metros por segundo. Este aspecto que habrá que tenerlo en cuenta en diseños hidráulicos que se realicen en el cauce o en puntos próximos al mismo, por problemas de socavaciones y posibles daños a elementos estructurales que hay ubicados en el río, como los puentes y azudes restaurados recientemente.

Por último, como el trazado del cauce en las inmediaciones de Aspe se ha transformado en un parque fluvial destinado al paseo de los vecinos, aprovechando la multitud de elementos históricos que contienen (azudes, acueducto de Perceval, puentes,..), debería mantener informados a los vecinos de que se trata de una zona de elevado riesgo. Se recomienda que la señalización del peligro sea adecuada; actualmente, apenas hay indicaciones al respecto.

### **13.3 CRUCE CON INFRAESTRUCTURAS**

Existen diversos puntos de cruce entre los cursos de agua y caminos o carreteras que resultan especialmente conflictivos, pudiendo generarse en ellos situaciones de peligro. Entre ellos se destacan algunos que se ubican en la figura adjunta:



A continuación se hace una breve descripción de los mismos, algunos de ellos ya mencionados anteriormente:

- a) **Punto del Camino de las Delicias coincidente con la embocadura del cono aluvial.** En este lugar el flujo converge desde la cuenca del Barranco de las Delicias, concentrando igualmente su energía.
- b) **Cruce del Barranco de las Delicias y la antigua carretera CV-845 entre Aspe y Hondón de las Nieves.** Este punto presenta un gran riesgo, debido a que la crecida baja con gran violencia y cruza por

encima de la carretera en sentido transversal a la circulación de los vehículos. La elevada Intensidad Media Diaria de esta carretera aumenta más aún el peligro. La nueva carretera CV-845, cuyo proyecto constructivo se ha realizado en 2007 y su construcción está prevista para un futuro próximo, sí contempla un adecuado cruce con el barranco. Sin embargo el cruce con la antigua CV-845 se mantendrá, por lo que mantendrá su elevada peligrosidad.

- c) **Cruce del Camino Viejo del Hondón con el hipotético curso de agua de la Rambla de la Romana**, punto situado inmediatamente aguas arriba de la reaparición de cauce del Río Tarafa. En este punto se acumulan grandes cantidades de agua en el camino viejo del Hondón, aunque este flujo procede ya en parte de la Rambla de la Romana. Esto genera gran peligro en esta carretera, pudiendo algún vehículo verse arrastrado por la corriente hasta la embocadura del Río Tarafa que se encuentra muy próximo a este punto.
  
- d) **Cruce del Río Tarafa con el Camino del Tolomó**; dicho punto ha sido recientemente restaurado, pero con un diseño inapropiado que sigue manteniendo un elevado nivel de peligrosidad, e incumple la normativa vigente (PATRICOVA). Por un lado, la solución en terraplén resulta totalmente inadecuada por interferir de forma directa al flujo; por otra parte, el drenaje transversal colocado resulta totalmente inefectivo para periodos de retorno medios o altos. Además, el haberlo situado a tan elevada cota disminuye considerablemente su eficiencia hidráulica.
  
- e) **Cruce del Río Tarafa con la Carretera de Aspe a La Romana, en las afueras del caso urbano de Aspe**. Este punto presenta una peligrosidad elevada debido a su mal diseño; en él los importantes drenajes del terraplén colindante evacúan el curso del Río Tarafa directamente sobre dicha carretera, que presenta además una alta

intensidad de tráfico. El flujo coronará la misma con elevado riesgo de arrastre tanto de vehículos como de personas, al ser además una zona por la que frecuentemente pasan peatones.

Existen además otros puntos en los que los cursos de agua cruzan carreteras o caminos, a menudo bastante transitados, por lo que se trata de un problema general en la zona. La inexistencia de drenajes transversales obliga a que los caudales que circulen transversalmente pasen por encima de la calzada y de forma perpendicular al tráfico. En cualquiera de estos puntos algún coche podría verse arrastrado por la corriente, con riesgo de víctimas mortales.

### **13.4 OTRAS ZONAS DE INUNDACIÓN IDENTIFICADAS**

En el modelo hidráulico bidimensional que se ha elaborado para este trabajo, compuesto de 2 millones de celdas, se han analizado los cauces del Río Tarafa y del Barranco de las Delicias. Sin embargo, aunque este tipo de modelos tiene una precisión muy elevada, no supone una reproducción exacta de la realidad.

Esto puede provocar que haya otras áreas con riesgo de sufrir inundaciones que no hayan sido identificadas en el modelo, lo cual puede deberse a diferentes motivos.

A continuación se citan algunas estas zonas en las que se tiene constancia de la existencia de problemas periódicos de inundación. En ellas debería tenerse la misma consideración frente a inundaciones que las áreas obtenidas en el modelo hidráulico.

#### **13.4.1 POLÍGONO DE LAS TRES HERMANAS**

Situado en el sur de Aspe, en el entorno de los Altos de La Temerosa, este polígono se inunda frecuentemente debido a episodios tormentosos de alta intensidad.

La cuenca vertiente que fluye hacia el polígono resulta de pequeño tamaño, por lo que esta inundación se debe a un mal diseño urbano de sus redes de drenaje urbanas ante inundación de tipo pluvial, que a problemas de inundación en su territorio adyacente de naturaleza fluvial.

En las proximidades de la población de Aspe, también se evidencia la escasa capacidad hidráulica que disponen las redes de drenaje de los viales, lo cual pone en riesgo la inundación de parcelas y garajes.

#### **13.4.2 ZONA DE LA TORRETA**

Al noroeste de la población de Aspe, al otro lado del Río Tarafa, se tiene la zona de segundas residencias conocida como La Torreta. En esta zona, situada en el piedemonte de las elevaciones montañosas de La Horna y La Torreta, los viales discurren por las líneas de máxima pendiente del terreno, por lo que se generan inundaciones locales que deben tenerse en cuenta por la elevada velocidad del flujo.

Muchos de los caminos que se acercan a la villa de Aspe desde el oeste, siguen líneas de máxima pendiente buscando en su trazado la trayectoria más corta posible. Estos caminos presentan una peligrosidad elevada en caso de crecidas (incluso para aguaceros de intensidad media), pues se transforman en auténticas ramblas. Esto genera situaciones de peligro debido al riesgo de que algún vehículo o algún viandante se vean arrastrados.

Algunos ejemplos representativos de este riesgo se tienen en el Camino Viejo del Hondón, el tramo final del Camino del Tolomó, o en el camino de acceso al polideportivo; todos ellos presentan este peligroso comportamiento hidráulico.

#### **13.4.3 POLIDEPORTIVO MUNICIPAL**

En el entorno más próximo de Aspe se aprecia como hay zonas que se han desarrollado en un ámbito inundable, como por ejemplo, la zona del

polideportivo municipal. Esto genera riesgos para bienes y personas que se recomienda subsanar en el futuro.

#### **13.4.4 RÍO VINALOPÓ**

El Vinalopó no presenta zonas de inundación según el Patricova en el Término Municipal de Aspe. Sin embargo, para caudales elevados no se excluye la posibilidad de que puedan generarse vertidos puntuales en zonas donde las márgenes apenas presentan motas. En cualquier caso, a priori los desbordamientos podrían ser puntuales y no afectarían a una extensión importante.

## **14 RECOMENDACIONES DE ACTUACIÓN**

Por último se proponen las siguientes medidas con objeto de reducir algunos de los riesgos más importantes identificados en la zona.

1.- Como actuación prioritaria, se recomienda evitar el desbordamiento del cauce en la cabecera del cono aluvial del Barranco de las Delicias. Se propone encauzar un cierto tramo de dicho cono, suavizando el escaso radio de los acuerdos curvos existentes, junto con la ampliación de sus cajeros y sección transversal para dotar al cauce de una mayor capacidad hidráulica. De este modo podría evitarse el desbordamiento en el cono aluvial para el periodo de retorno de 500 años, con lo que se eliminaría una extensión importante de área inundable de peligrosidad 6.

2.- Se aconseja expresamente desviar el Camino de las Delicias por el exterior del barranco en el tramo del cono aluvial, al menos hasta el cruce con la antigua carretera CV-845. Este camino no debería compartir trazado con el barranco, ya que actualmente existe un grave riesgo de arrastre de vehículos y pérdida de vidas humanas.

3.- Recuperar el cauce en el tramo alto del Río Tarafa que lo conecta con el Barranco de la Romana, al no existir un drenaje adecuado en esta zona, y por reducir significativamente los niveles de riesgo. En este sentido, cabe destacar los resultados y propuestas recogidos en el trabajo *"Ampliación del estudio de inundabilidad en el tramo final del Barranco de la Romana y propuesta de recuperación de cauce. (Aspe, Alicante)"*, de noviembre de 2005, que reduciría significativamente los niveles de riesgo en la zona.

4.- Como actuación más urgente a corto plazo, se recomienda rectificar el funcionamiento hidráulico en los cinco cruces mencionados en el apartado anterior, dotándolos de capacidad suficiente de la que actualmente carecen. Cuidar especialmente el comportamiento del flujo de estos puntos, ya que

se trata de zonas complejas desde el punto de vista hidráulico. Esta propuesta es necesaria, importante, y debería ser prioritaria, por el riesgo actual de arrastre de algún vehículo y pérdida de vidas humanas.

5.- Como complemento a la recomendación anterior, en el caso de la interferencia entre el Camino del Tolomó y el cauce del Río Tarafa, se aconseja realizar un nuevo paso que sustituya al existente, en el que se elimine el terraplén realizado sobre el cauce.

6.- Se propone estudiar una posible laminación de caudales aguas arriba de la población de Aspe, lo cual supondría un nivel de protección mayor para el casco urbano.

7.- Por otra parte, se propone la mejora generalizada de los drenajes longitudinales y transversales de los caminos y carreteras en todo el Término Municipal, para evitar que las vías de comunicación coincidan con las redes principales de flujo, o interfieran sobre éstas. Las deficiencias detectadas en este sentido son generales en el Término Municipal de Aspe, y suponen un elevado riesgo para las personas que circulen en esta zona durante días de lluvia.

8.- Debido a las carencias detectadas en la red de saneamiento de pluviales en algunos viales de la población de Aspe, se recomienda establecer una normativa que permita subsanar este funcionamiento en el futuro. Se recomienda igualmente actuar a corto plazo sobre los viales que actualmente sufren inundaciones de forma regular, y evitar así que las viviendas sufran daños ante futuros episodios extremos de lluvia.

9.- Se recomienda señalar los cruces entre caminos y posibles cursos de agua según apartado primero del Artículo 22 del PATRICOVA, que dice: "Los badenes inundables de cualquier carretera con intensidad media diaria (IMD) mayor de cien vehículos/día deberán estar convenientemente

señalizados mediante la colocación de señales de advertencia y escalas de indicación de la profundidad máxima del agua". Dichos badenes abundan en el Término Municipal de Aspe, tal y como se ha descrito a lo largo del presente estudio.

10.- Se propone señalar las zonas inundables según indica el Artículo 22 del PATRICOVA, que en su apartado 4º dice: "En las márgenes de las vías de flujo aguas abajo de los desagües de presas, azudes, aliviaderos, etc., que puedan desaguar en tiempo seco un caudal superior a veinte metros cúbicos por segundo, deberá señalizarse el peligro que existe, así como las normas a seguir en caso de una suelta inesperada, en el ámbito que pueda resultar afectado por la posible inundación."

11.- Según contempla el PATRICOVA, los Planes Municipales de Emergencia deberán incorporar la localización de la señalización de zonas inundables, siendo obligación de la administración titular de la vía la instalación, mantenimiento y reposición de dicha señalización.

12.- En cuanto a los drenajes transversales de las carreteras, casi inexistentes en muchas de las vías del municipio, se debería cumplir lo indicado en el apartado 4 del Artículo 21 referido a las condiciones generales de adecuación de las infraestructuras, y en el que se indica que "Los drenajes transversales de las infraestructuras lineales, con el fin de evitar su obstrucción, tendrán una dimensión mínima libre de obstáculos de un metro (1 m). En los casos en que parte de la sección libre del drenaje se encontrara por debajo del nivel del terreno circundante, la superficie transversal de la sección libre del mismo será de un metro y medio cuadrados (1,5 m<sup>2</sup>). Estas prescripciones se establecen sin perjuicio de la sección que resulte de la comprobación de las condiciones de desagüe y de los resguardos exigidos por el riesgo de obstrucción."

## **15 RECOMENDACIONES DE ZONIFICACIÓN Y MEDIDAS DE ADECUACIÓN DEL DESARROLLO URBANÍSTICO**

Tras la definición de los diferentes niveles de peligrosidad de inundación según PATRICOVA, se establecen las siguientes recomendaciones de zonificación territorial para el Término Municipal de Aspe.

### **15.1 ÁREA TIPO A: ÁREAS SIN PELIGROSIDAD DE INUNDACIÓN**

Se considerará como tales, a aquellas zonas no afectadas por la inundación asociada al periodo de retorno de 500 años; es decir, que queden en el exterior de la delimitación del nivel de peligrosidad 6. En dichas áreas no se plantea ningún tipo de restricción urbanística, en lo que a inundabilidad se refiere.

### **15.2 ÁREA TIPO B: ÁREAS CON PELIGROSIDAD DE INUNDACIÓN MODERADA**

Se entenderá como riesgo de inundación moderado el afectado por el nivel de peligrosidad 6, lo que supone una variación respecto a la normativa de 2003 que también incluía el nivel 5 (que para la norma del 2015 queda excluida). En dichas zonas se plantearán unas restricciones de uso leves. Además se distinguirá aquellas con suelo no urbanizable, de las que dispongan de un uso urbano o urbanizable.

#### **15.2.1 ÁREAS DE SUELO NO URBANIZABLE**

Se proponen las siguientes limitaciones para el suelo no urbanizable afectado por un riesgo de inundación moderado, amparadas en el punto tercero del artículo 18 del PATRICOVA: “En suelo no urbanizable afectado por peligrosidad de inundación de nivel 6, se prohíben los mismos usos y actividades señalados en el apartado anterior, excepto las viviendas y los establecimientos hoteleros, que sí son autorizables, previa adopción de las medidas de adecuación de la edificación que se impongan, dándose

cumplimiento, como mínimo, a los condicionantes generales de adecuación de las edificaciones incluidos en el anexo I de esta normativa.” El contenido de dicho apartado anterior, correspondiente al apartado segundo del artículo 18 se expone en la descripción del Área tipo C (punto siguiente).

Por otra parte, el suelo no urbanizable afectado por peligrosidad de inundación no podrá ser objeto de reclasificación como suelo urbano o urbanizable, excepto en los municipios con elevado riesgo de inundación, tal y como se indica en el apartado primero de dicho artículo 18.

### **15.2.2 ÁREAS URBANAS O URBANIZABLES**

En este caso se distingue entre si el suelo cuenta o no con programa de actuación integrada aprobado, afectado por peligrosidad de inundación.

En caso de que el suelo urbanizable esté afectado por peligrosidad de inundación y no cuente con un programa de actuación integrada aprobado definitivamente, deberá ser objeto de un estudio de inundabilidad específico con carácter previo a su programación, según se indica en el Artículo 19

De este estudio se concluirá sobre la procedencia de:

- Desclasificar todo o parte del citado suelo.
- Establecer condiciones a la ordenación pormenorizada para evitar la localización de los usos más vulnerables en las zonas de mayor peligrosidad de inundación del sector.
- Realizar obras de defensa, que, en todo caso, deberán incluirse en las obras de urbanización de la actuación y constituirán una condición de conexión de la actuación integrada.
- Imponer condiciones a la forma y disposición de las edificaciones a materializar dentro del sector.

### **15.3 ÁREA TIPO C: ÁREAS CON PELIGROSIDAD DE INUNDACIÓN ELEVADA**

Se entenderá como riesgo de inundación elevado el afectado por la peligrosidad de inundación 2, 3, 4 ó 5. Éste último ha sido incluido en este grupo, ya que en la normativa anterior del 2003 se encontraba junto al nivel 6 como áreas de riesgo moderado. Además, en este grupo se incluirá también las áreas que presenten peligrosidad de inundación geomorfológica. En todas estas zonas se plantearán restricciones de uso más severas.

#### **15.3.1 ÁREAS DE SUELO NO URBANIZABLE**

Se proponen las siguientes limitaciones en el suelo no urbanizable afectado por riesgo de inundación moderado, amparadas en el punto segundo del artículo 18 del PATRICOVA: "En suelo no urbanizable afectado por peligrosidad de inundación de nivel 2, 3, 4 ó 5, o por peligrosidad geomorfológica, se prohíben los siguientes usos y actividades: viviendas; establos, granjas y criaderos de animales; estaciones de suministro de carburantes; actividades industriales; establecimientos hoteleros y campamentos de turismo; centros hípicos y parques zoológicos; servicios funerarios y cementerios; depósitos de almacenamiento de residuos y vertederos, a excepción de los destinados a residuos de la construcción y demolición; plantas de valorización; equipamientos estratégicos, como centros de emergencia, parques de bomberos, cuarteles, centros escolares y sanitarios, y pabellones deportivos cubiertos. Las infraestructuras puntuales estratégicas, como plantas potabilizadoras y centros de producción, transformación y almacenamiento de energía, quedan prohibidas, salvo que, por requerimientos de funcionamiento, queden avaladas por la administración competente para su autorización, garantizándose la adopción de medidas que disminuyan o eliminen el riesgo por inundación."

En dicho apartado se hace mención a que esta relación de actividades no es cerrada; se considerarán incluidas actividades similares a las indicadas y con carácter general, las que supongan una elevada concentración de personas”

Sin embargo, este artículo permite una excepción en casos de suelo no urbanizable afectado por peligrosidad geomorfológica, por el cual se puede eximir justificadamente de la prohibición de alguno de los usos regulados anteriores, siempre que, mediante un estudio específico y detallado de la zona, se justifique la escasa incidencia del riesgo de inundación geomorfológica en relación con la actividad a implantar. Dicha excepción viene recogida en el punto cuarto.

Además, el suelo no urbanizable afectado por riesgo de inundación no podrá ser objeto de reclasificación como suelo urbano o urbanizable, excepto en los municipios con elevado riesgo de inundación, tal y como se indica en el apartado primero de dicho artículo 18.

### **15.3.2 ÁREAS URBANAS O URBANIZABLES**

De nuevo, en caso de áreas urbanas o urbanizables se aplica el mismo criterio que las áreas tipo B; es decir, se distingue entre si el suelo cuenta o no con programa de actuación integrada aprobado, afectado por peligrosidad de inundación. Al igual que antes, en caso de que el suelo urbanizable esté afectado por peligrosidad de inundación y no cuente con un programa de actuación integrada aprobado definitivamente, deberá ser objeto de un estudio de inundabilidad específico con carácter previo a su programación, según se indica en el Artículo 19

### **15.4 ÁREA TIPO D: ÁREAS DE ESPECIAL PROTECCIÓN CONTRA INUNDACIONES**

En la nueva normativa del PATRICOVA de 2015 no hace ninguna mención concreta a este tipo de zonas, sin embargo en la normativa de 2003 sí se

indicaba expresamente que dichas zonas tenderán a preservarse debido a su alto riesgo de inundación, o bien a su función estructurante en la laminación de crecidas, de modo que en estos espacios no se debiera permitir la existencia de construcciones, por lo que se propone su declaración como Suelo No Urbanizable de especial protección por riesgo de inundación. Además, la norma anterior contemplaba los siguientes aspectos, que aunque la actual no sea tan explícita al respecto, sí están sirviendo como criterio actual para la administración competente.

Las zonas de especial protección frente a inundaciones también pueden ser destinadas a espacios verdes, aunque no deben computar como tales en las cesiones del suelo, según indicaba el artículo 30 del PATRICOVA de 2003 que describía así las condiciones de uso del suelo junto a los cauces:

En su apartado primero citaba: “La ordenación pormenorizada de los suelos urbanizables colindantes con los cauces deberá disponer terrenos destinados a espacios libres y zonas verdes públicas junto al dominio público hidráulico o cauce, en caso de no estar aquél definido, y a lo largo de toda su extensión. Los mencionados espacios libres y zonas verdes deberán cumplir las condiciones dimensionales exigidas para los jardines por la legislación urbanística aplicable. En ningún caso se podrán computar como zona verde los terrenos ocupados por el cauce.”

Mientras que su apartado segundo indicaba: “Con el objeto de fomentar la protección de los márgenes y ecosistemas riparios, se potenciará el uso como espacios libres y zonas verdes de las zonas colindantes con los cauces. El tratamiento y ajardinamiento de las mismas será el adecuado a su carácter inundable y de soporte de un ecosistema fluvial y ripario.”

Por otra parte, en el Artículo 33 de la antigua normativa se establecían otras restricciones adicionales para este tipo de zonas naturales de flujo desbordado, que podrían resultar de interés: “Todas las actuaciones deberán tener en

cuenta la identificación de las vías naturales como preferentes para el posible flujo desbordado. En particular, los Planes Generales limitarán los usos en el entorno de las marjales para que éstas puedan actuar como zonas de desbordamiento natural, evitando los impactos futuros que pudieran incidir negativamente en contra de su mantenimiento como zonas de interés ambiental.”

Se propone incluir en este grupo D todas aquellas áreas del Término Municipal de Aspe definidas según este estudio como zonas de riesgo 1.

## **15.5 ÁREAS CON CUALQUIER PELIGROSIDAD DE INUNDACIÓN**

### **15.5.1 ADECUACIÓN DE LAS EDIFICACIONES**

En las zonas donde existan edificaciones y éstas estén afectadas por zonas de peligrosidad de inundación, se deberían cumplir las siguientes condiciones, según el apartado A del Anexo I de la normativa, y que antes se podían encontrar en el Artículo 27 de la antigua normativa de 2003:

- a) En aquellas zonas donde el calado de inundación supere los ochenta centímetros (80 cm), se dispondrá de acceso a la cubierta o azotea a través de escalera desde el interior del inmueble.
- b) La disposición de las nuevas edificaciones se realizará de forma que se orienten en el sentido del flujo desbordado. Se evitará su disposición transversal para no causar efectos barrera que produzcan sobreelevación del calado alcanzado por las aguas en el entorno.
- c) El forjado correspondiente a la planta baja de las futuras construcciones se situará por encima de la rasante de la calle circundante.

Además, se prohíben los usos residenciales, industriales y comerciales, salvo la parte destinada a almacenaje, a cota inferior a la rasante del terreno o de la calle.

Por otra parte, en las zonas donde existan edificaciones afectadas de peligrosidad de inundación de niveles 3, 4 y 6, se deberán aplicar las siguientes exigencias adicionales expuestas en el punto 1 del apartado B del Anexo I:

No se permitirán las plantas de sótano o semisótano, salvo en uso residencial intensivo, siempre y cuando se cumplan las siguientes condiciones:

- a) El acceso pueda garantizar su estanqueidad hasta una altura mínima de un metro (1 m).
- b) El sistema de drenaje esté conectado a la red de alcantarillado mediante un sistema de bombeo independiente, alimentado con un grupo electrógeno.
- c) El uso de estos sótanos y semisótanos sea exclusivamente de aparcamiento de vehículos.
- d) La rampa de acceso esté sobreelevada diez centímetros (10 cm) sobre la rasante de la acera.
- e) Las conducciones de saneamiento que discurran o puedan verter en su interior deberán ser estancas frente a las presiones producidas en caso de inundación.

Adicionalmente para edificaciones de uso residencial, industrial, comercial y de servicios, se realizarán las siguientes adecuaciones, recogidas en el punto tercero del mismo Anexo:

- a) La cota del forjado de planta baja de la vivienda o del local se situará a ochenta centímetros (80 cm) por encima de la rasante de la calle. En suelo urbano consolidado por la edificación que cuente con frentes de fachada uniformes en altura de cornisa, el Ayuntamiento podrá eximir del cumplimiento de esta condición.
- b) Las puertas, ventanas y cerramientos de fachada serán estancos hasta una altura de un metro y medio (1,5 m) por encima de la rasante de la calle.

c) Los elementos más sensibles de la vivienda o del local, tales como la caja general de protección, se situarán a setenta centímetros (70 cm) por encima de la cota del forjado de planta baja.,

Con el fin de evitar el efecto de embalse y el consiguiente peligro de rotura brusca, las vallas y muros de cerramiento de las parcelas serán permeables al flujo del agua a partir de treinta centímetros (30 cm) de altura y en todo su perímetro. Este aspecto ya venía contemplado por la anterior normativa.

Adicionalmente para edificaciones de uso residencial, industrial, comercial y de servicios, se realizarán las siguientes adecuaciones, recogidas en el punto tercero del mismo Anexo:

#### **15.5.2 ADECUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE DRENAJE**

Según el apartado 3 del Anexo I, el drenaje de las aguas pluviales en las áreas urbanas de superficie mayor a veinte hectáreas (20 ha) cumplirá las siguientes condiciones:

- a) Se diseñarán con un nivel de protección de, al menos, quince (15) años de periodo de retorno.
- b) El diámetro mínimo de las conducciones de drenaje de pluviales será de cuatrocientos milímetros (400 mm).
- c) Los imbornales y sumideros serán no atascables, y las dimensiones mínimas de las rejillas de, al menos:
  - cincuenta centímetros (50 cm) de longitud, en los verticales de bordillo.
  - mil doscientos cincuenta centímetros cuadrados (1.250 cm<sup>2</sup>) de superficie, en los horizontales.

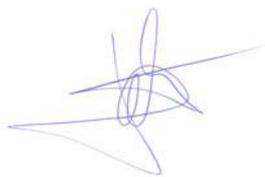
## **16 CONCLUSIONES FINALES**

En el presente trabajo se ha analizado la inundabilidad en el Término Municipal de Aspe, delimitando sus niveles de peligrosidad según la clasificación del “Plan de Acción Territorial sobre Prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana”, desarrollado en la Ley 6/1989 de la Ordenación del Territorio de la Comunidad Valenciana, y de su normativa vigente de 2015.

Con base en los resultados obtenidos, se han delimitado las zonas con peligrosidad frente a inundaciones, y se establecen unas recomendaciones a tener en cuenta en futuras ordenaciones del suelo en dicho Término Municipal.

En general, se han identificado diferentes afecciones que pueden generar daños sobre bienes o personas, entre las que cabría destacar:

- El tramo alto del Barranco de La Romana, con una inundación masiva que abarca una gran extensión.
- El cono aluvial generado por el Barranco de las Delicias, que presenta un elevado peligro por la percepción de falsa seguridad.
- Las altas velocidades que se generan en el Río Tarafa, y que pueden afectar a zonas de tránsito de peatones o parques con riesgo de crecidas repentinas.
- Numerosos puntos de cruce con infraestructuras, que no están debidamente drenados.



Fdo: D. Guillermo Cobos Campos  
Ing. de Caminos, Canales y Puertos  
Nº de colegiado: 13327



Fdo: D. Miguel Angel Eguibar Galán  
Ing. de Caminos, Canales y Puertos  
Nº de colegiado: 15550

Valencia, 19 de diciembre de 2016

**17 ANEJOS**

## **17.1 Estudio hidrológico.**

## **17.2 Estudio hidráulico.**

**18 PLANOS.**

## **18.1 LOCALIZACIÓN.**

**18.2 ZONA INUNDABLE PARA T=25 AÑOS.**

**18.3 ZONA INUNDABLE PARA T=100 AÑOS.**

**18.4 ZONA INUNDABLE PARA T=500 AÑOS.**

**18.5 ZONA DE FLUJO PREFERENTE.**

## **18.6 PELIGROSIDAD GEOMORFOLÓGICA.**

**18.7 NIVELES DE PELIGROSIDAD. SITUACIÓN ACTUAL.**

**18.8 MAPA DE CALADOS MÁXIMOS.**

**8.18.1 T=500 AÑOS.**

**8.18.2 T=100 AÑOS.**

**8.18.3 T=25 AÑOS.**

**18.9 MAPA DE VELOCIDADES MÁXIMAS.**

**9.18.1 T=500 AÑOS.**

**9.18.2 T=100 AÑOS.**

**9.18.3 T=25 AÑOS.**

**ANEJO 1. ESTUDIO HIDROLÓGICO**

**RESULTADOS DEL MODELO HIDROLÓGICO. T = 500 AÑOS**

**RESULTADOS DEL MODELO HIDROLÓGICO. T = 100 AÑOS**

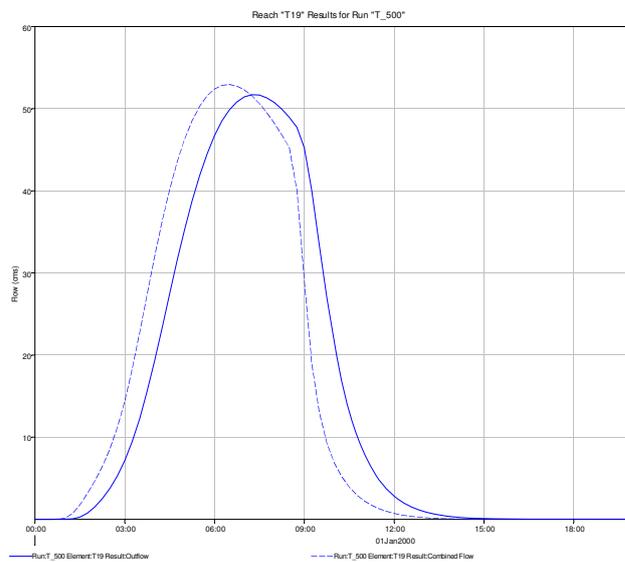
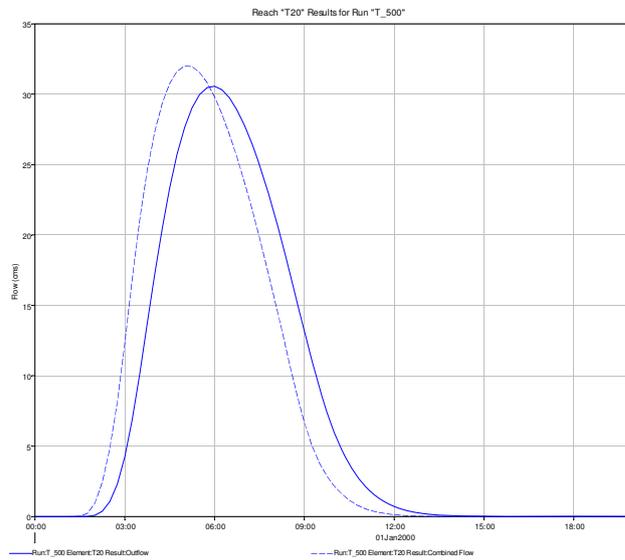
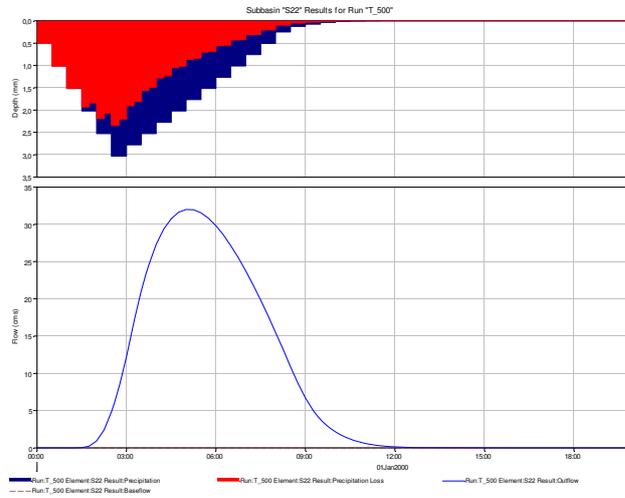
**RESULTADOS DEL MODELO HIDROLÓGICO. T = 25 AÑOS**

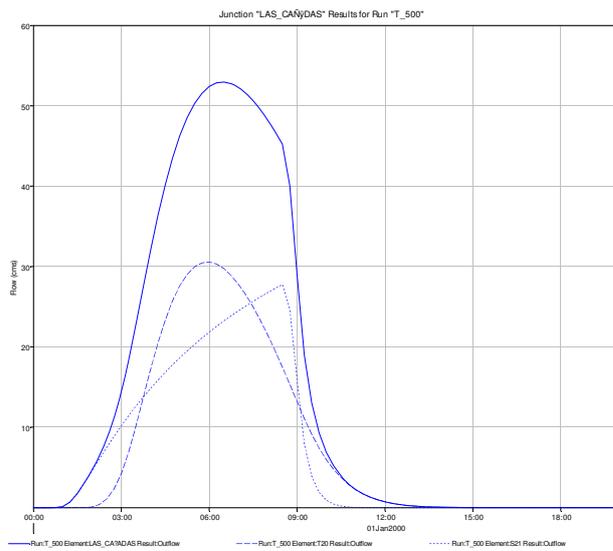
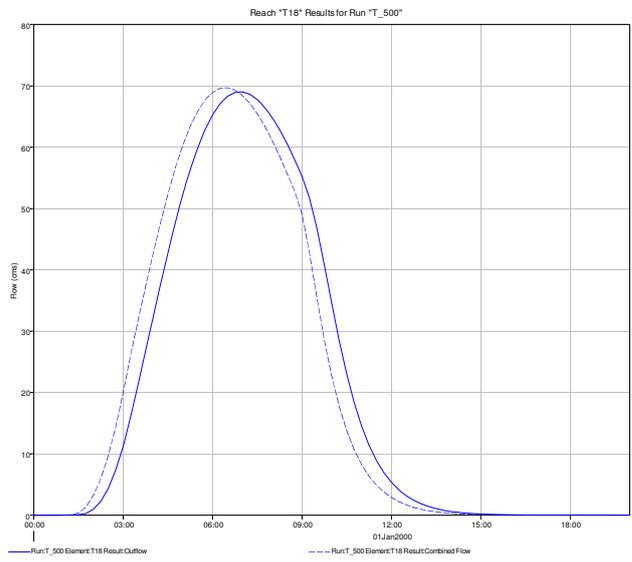
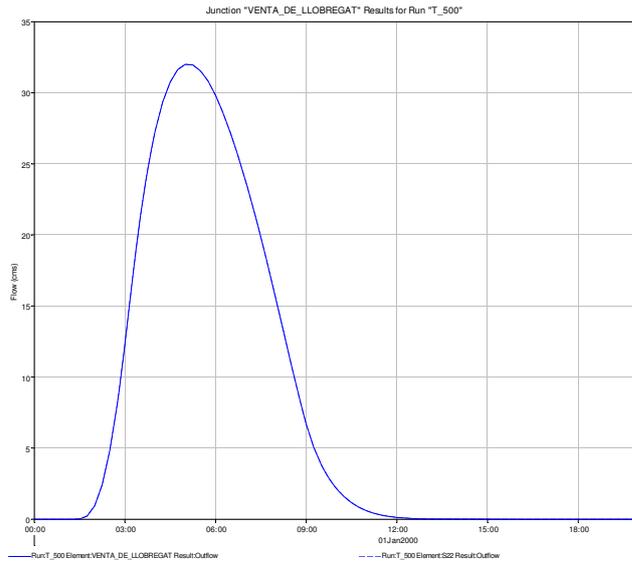
**HIDROGRAMAS DE ENTRADA EN EL MODELO 2D**

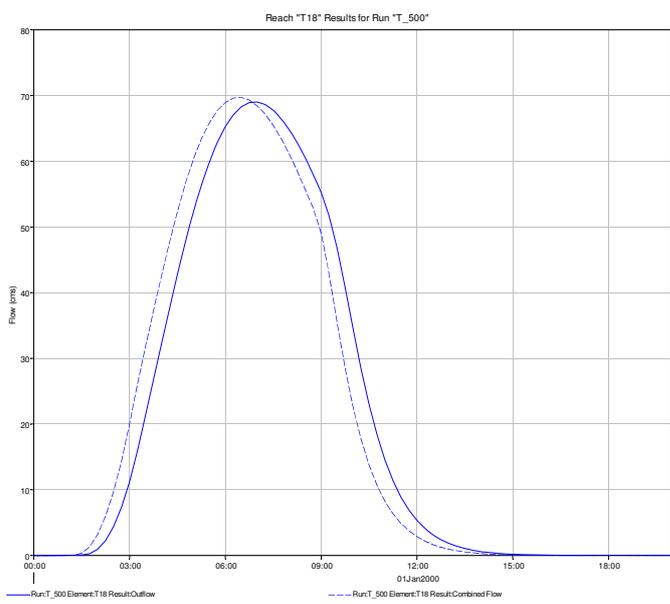
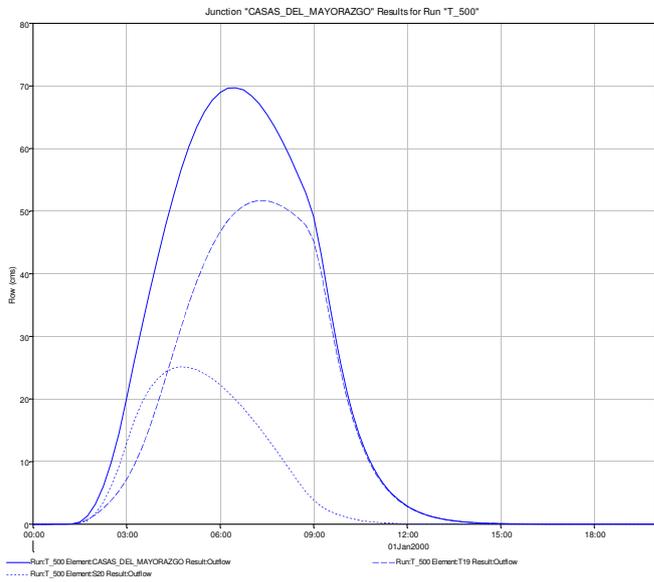
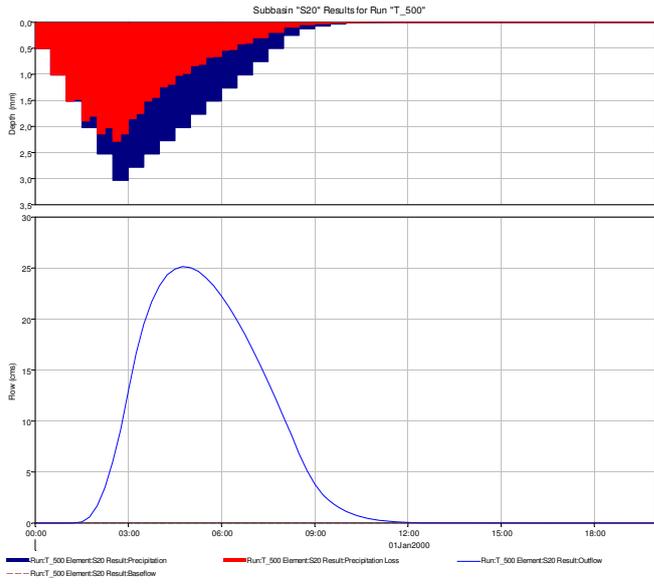


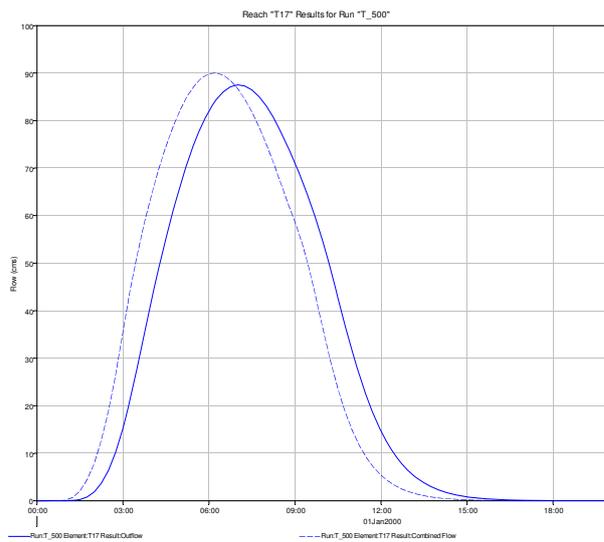
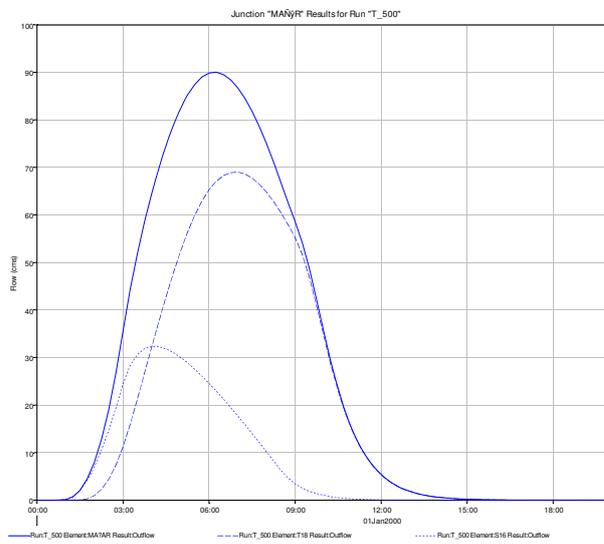
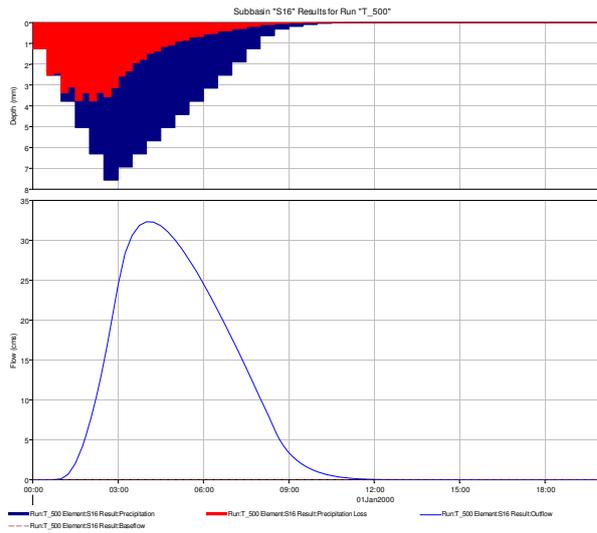
## **RESULTADOS DEL MODELO HIDROLÓGICO. T = 500 AÑOS**

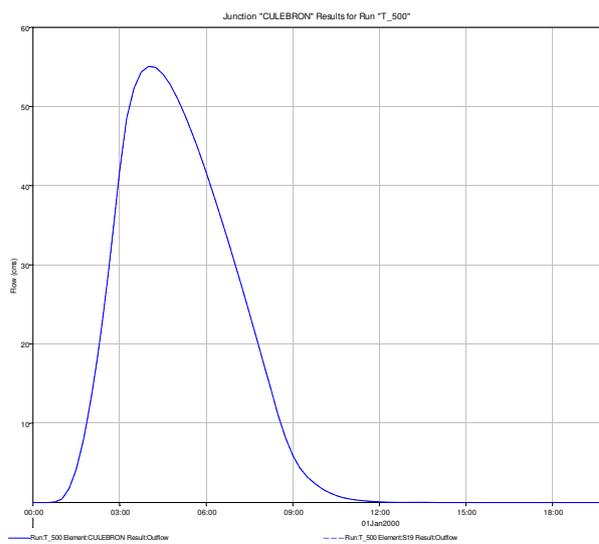
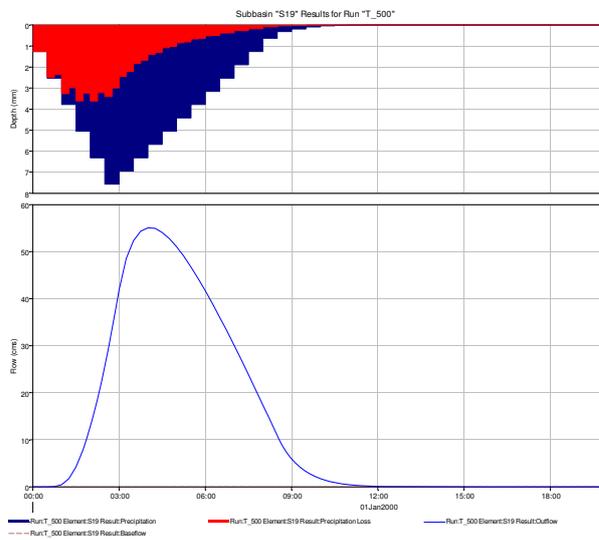
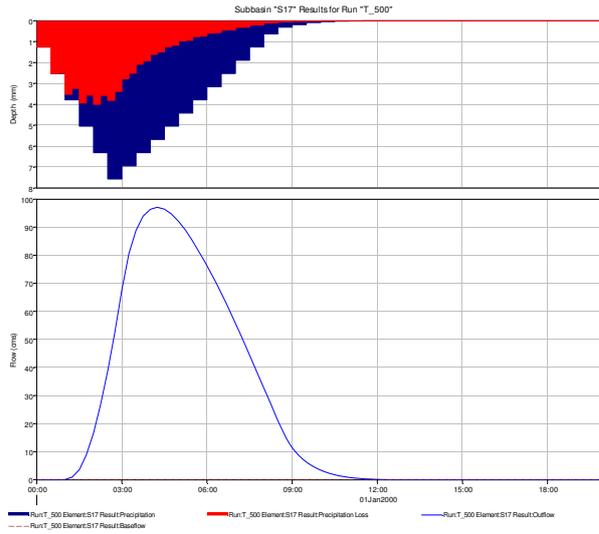
En el presenta Anejo se presentan los hidrogramas obtenidos por el modelo hidrológico en todos los puntos del sistema (subcuencas, nodos y tramos).

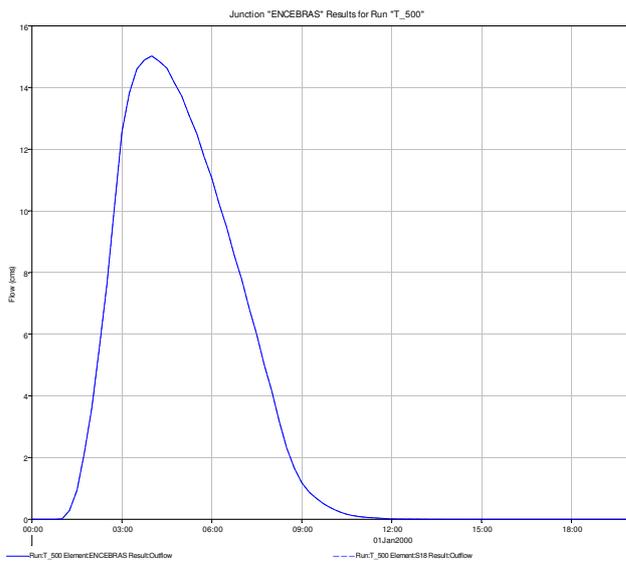
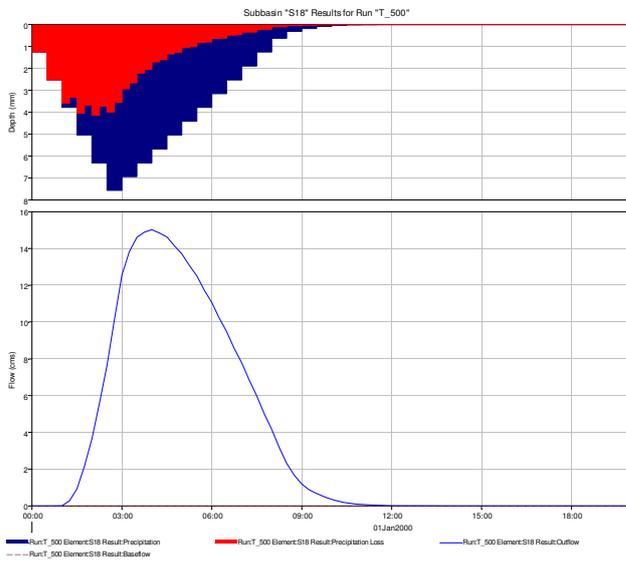
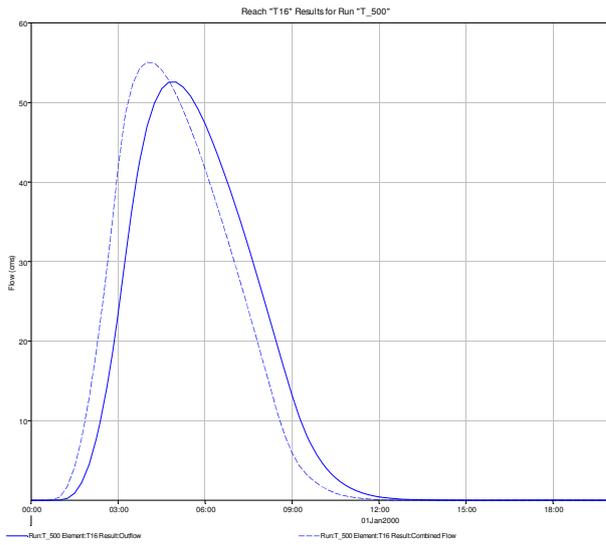


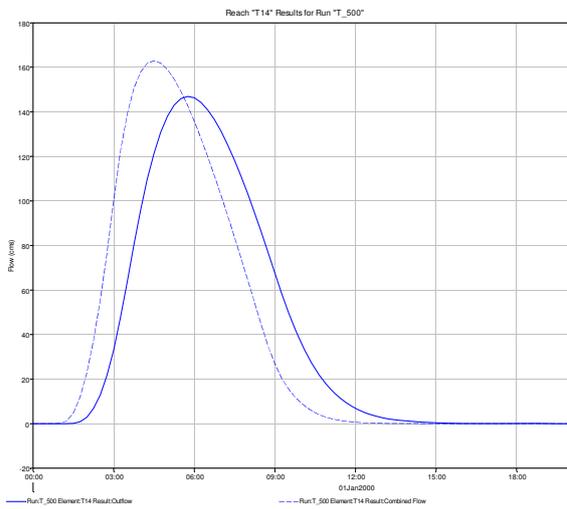
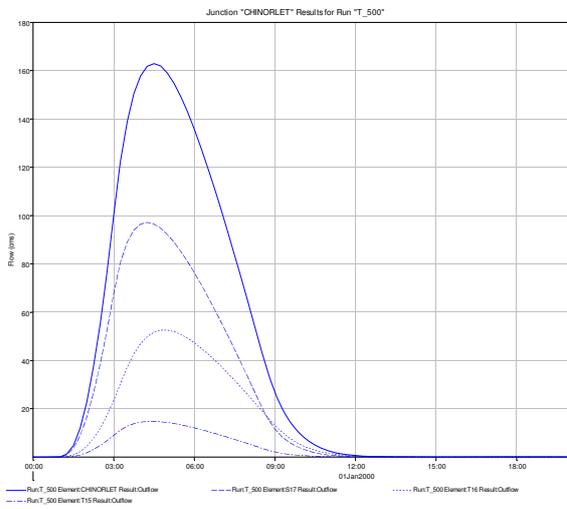
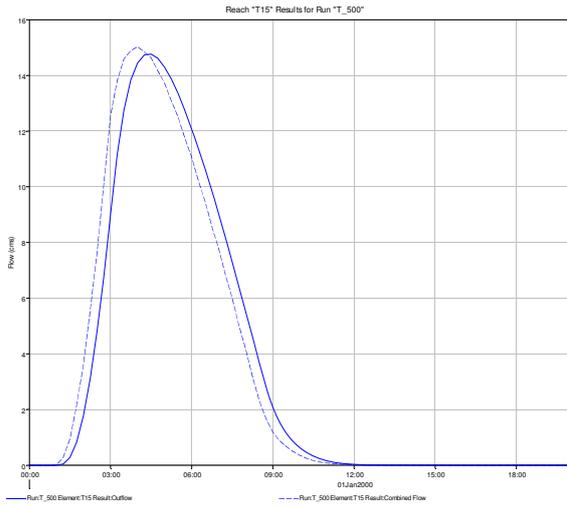


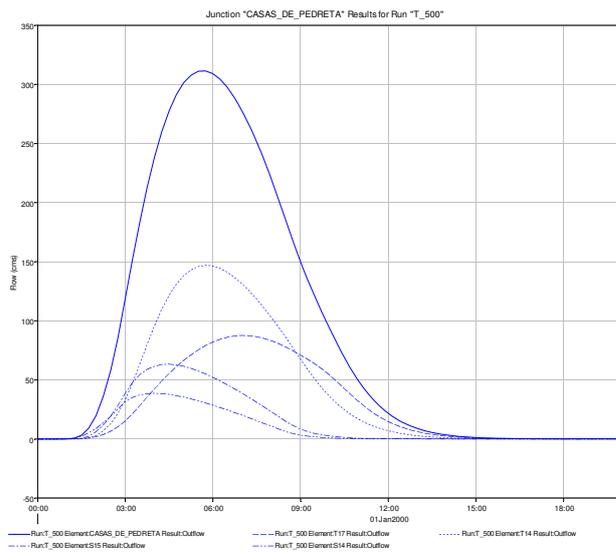
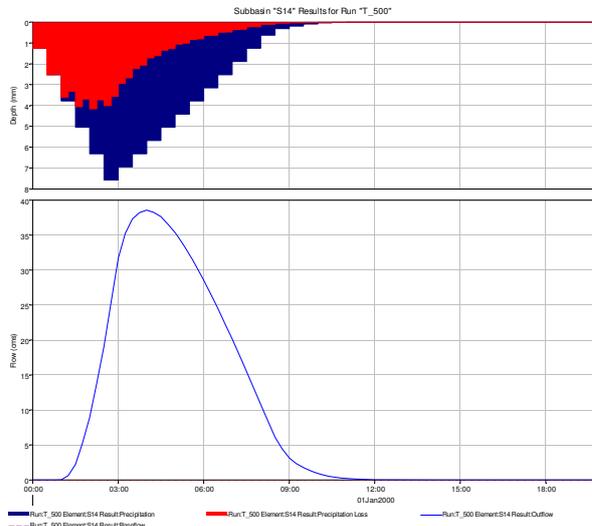
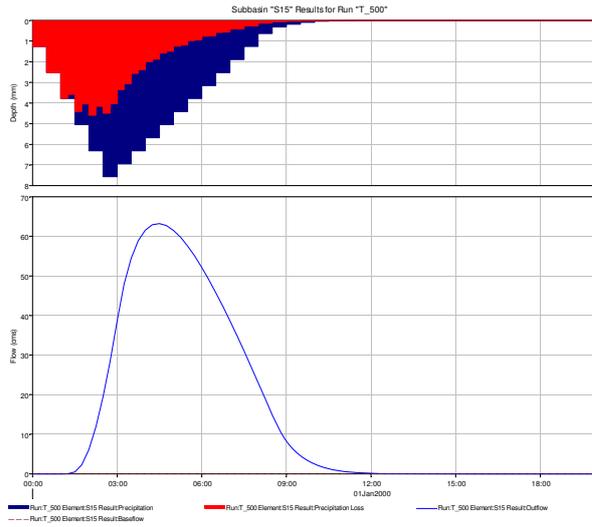


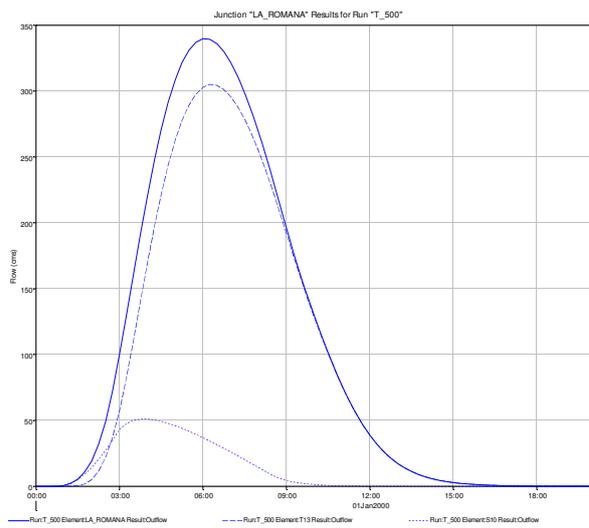
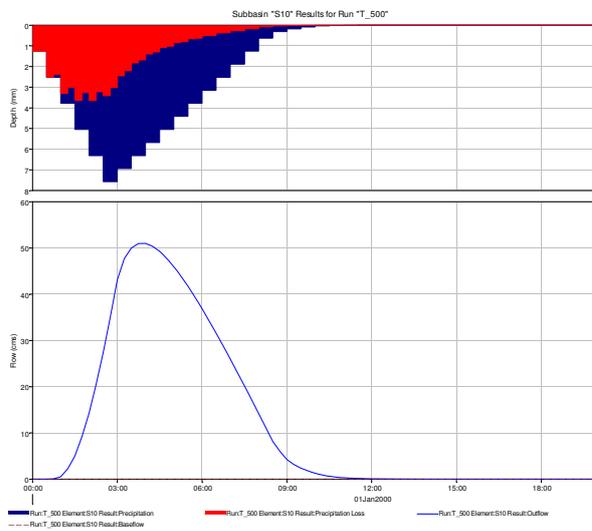
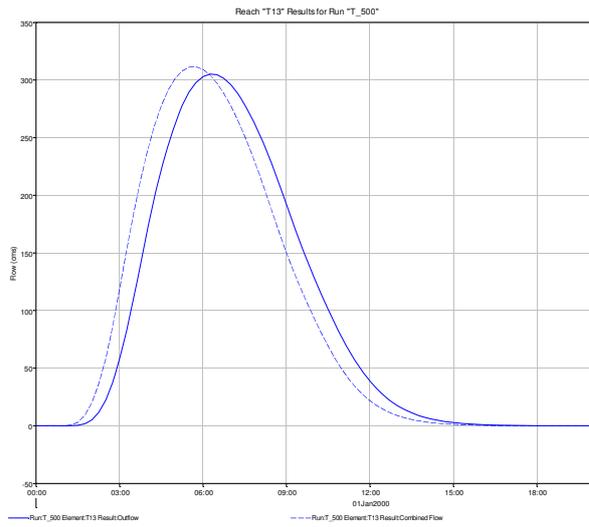


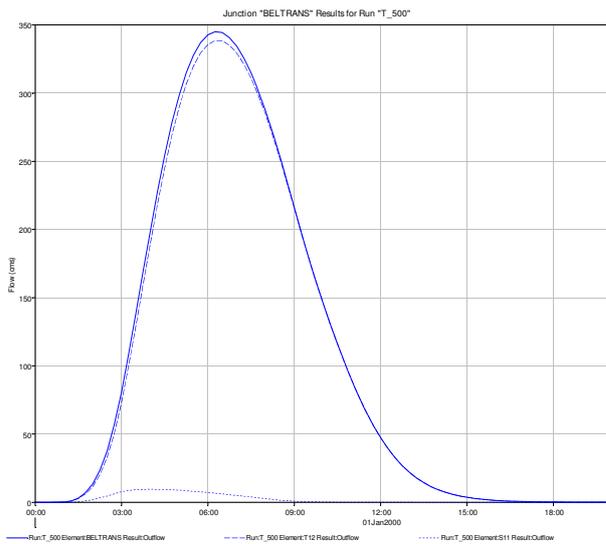
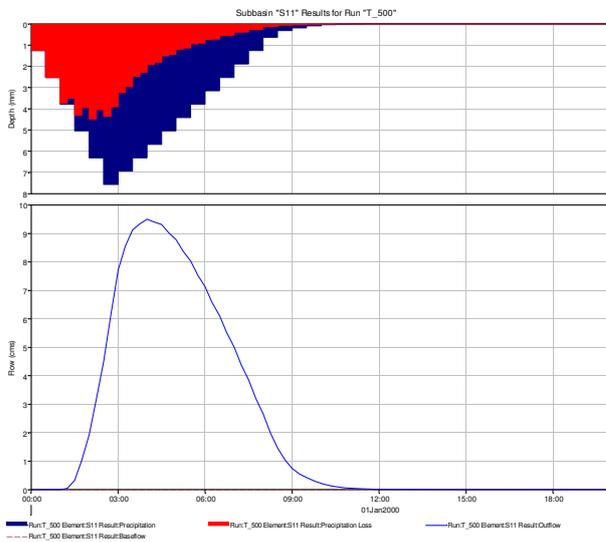
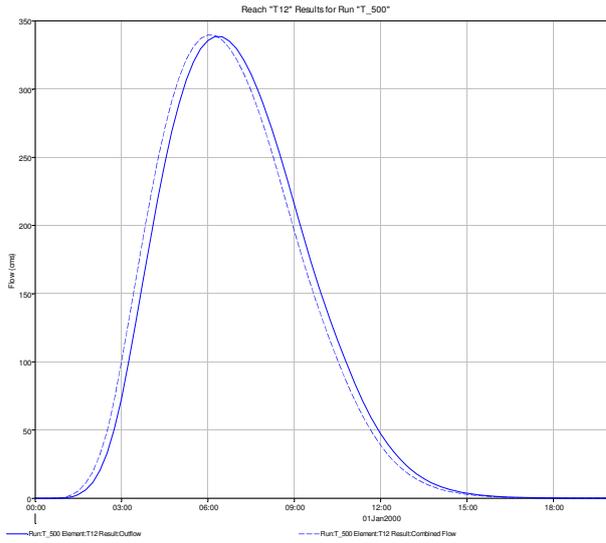


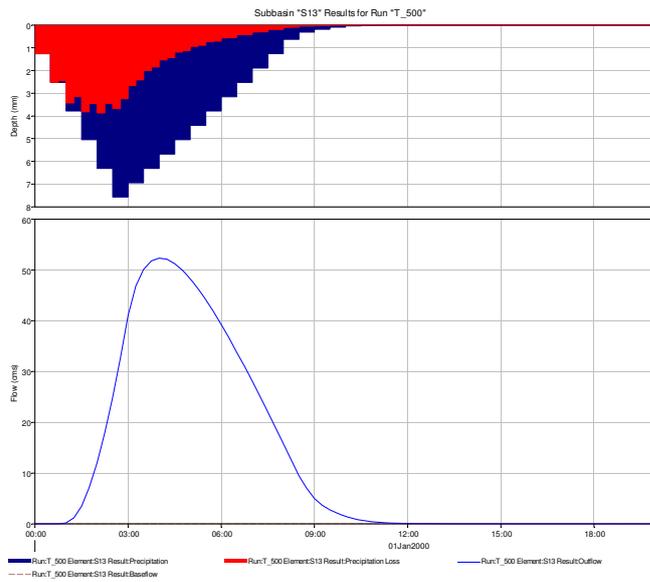
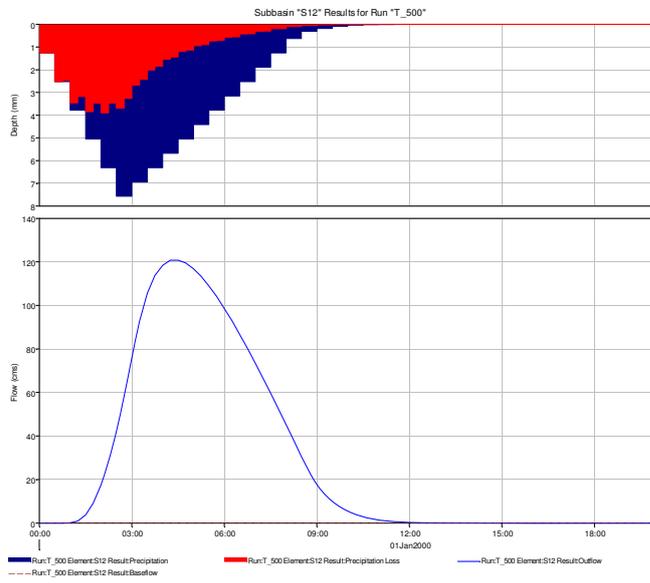
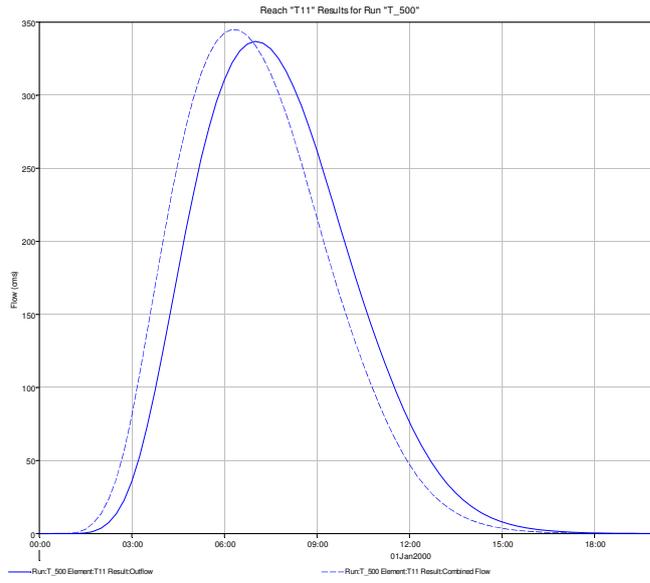


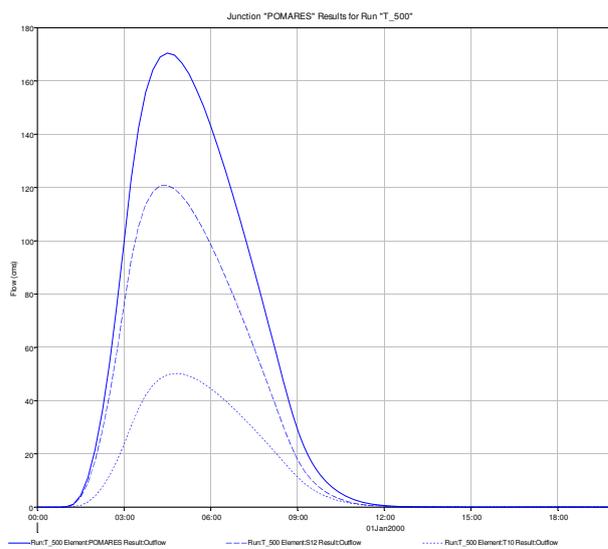
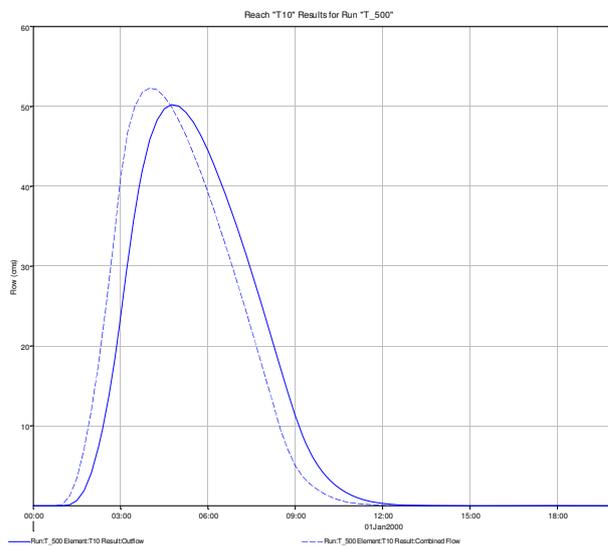
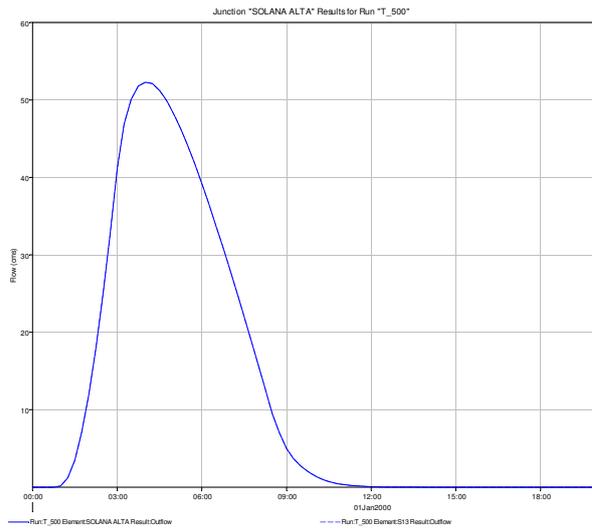


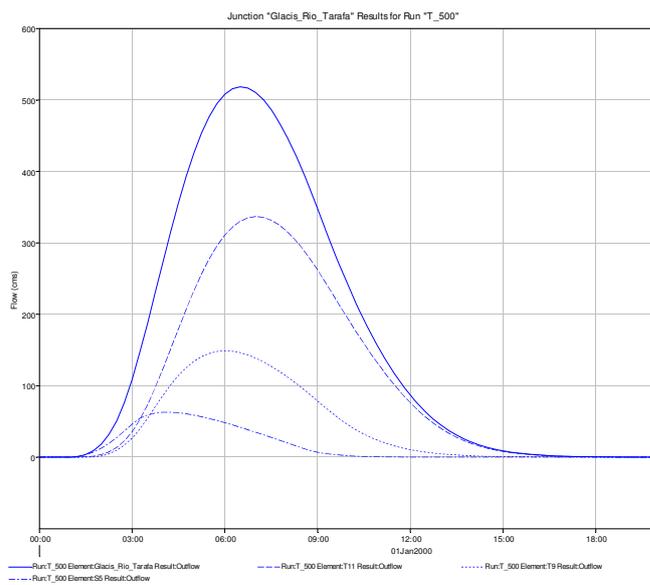
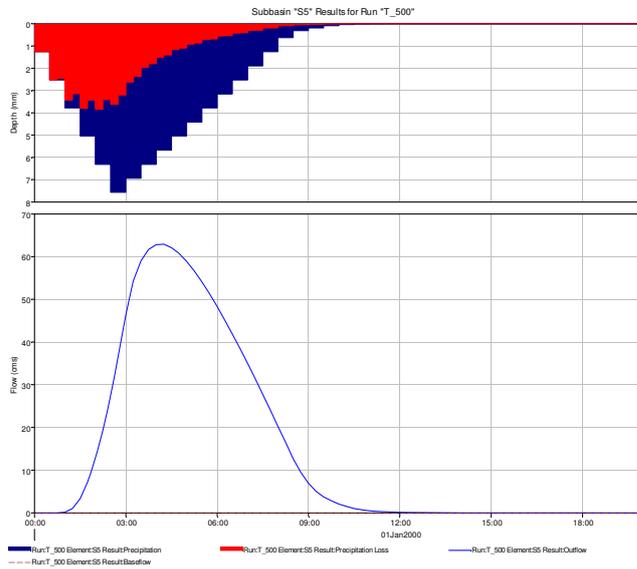
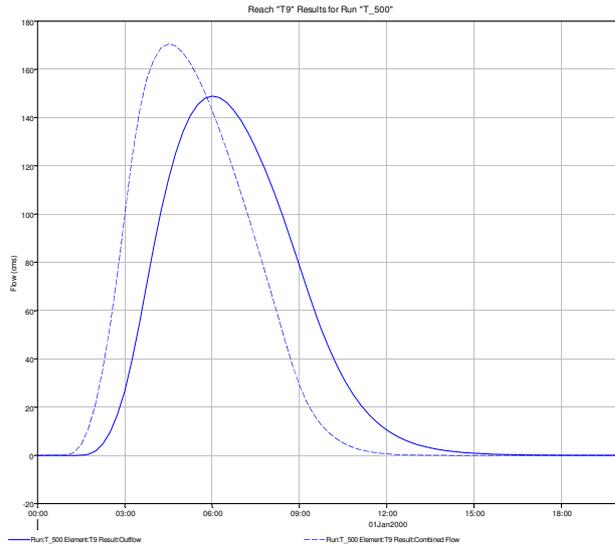


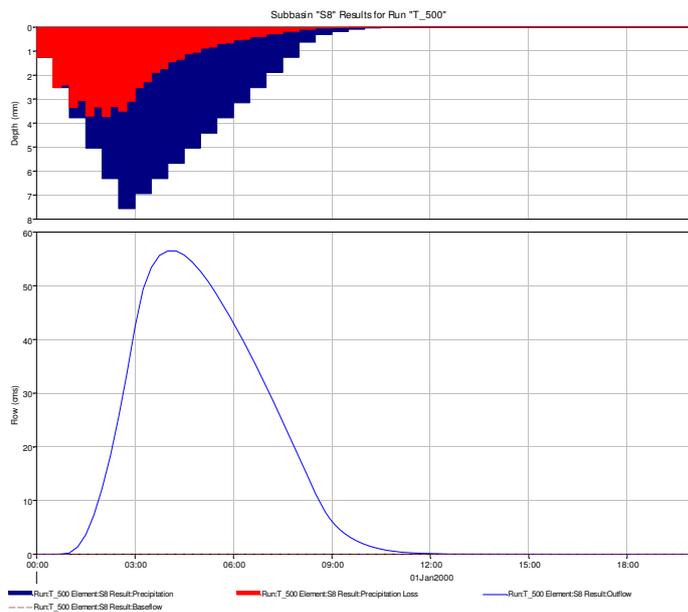
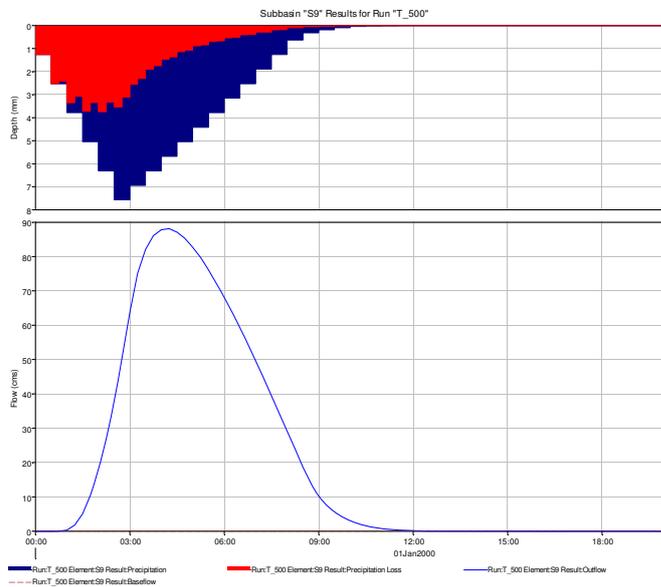
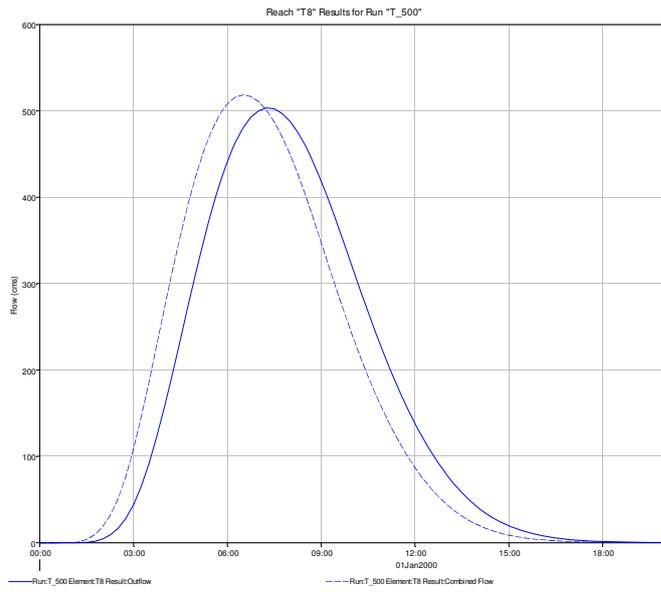


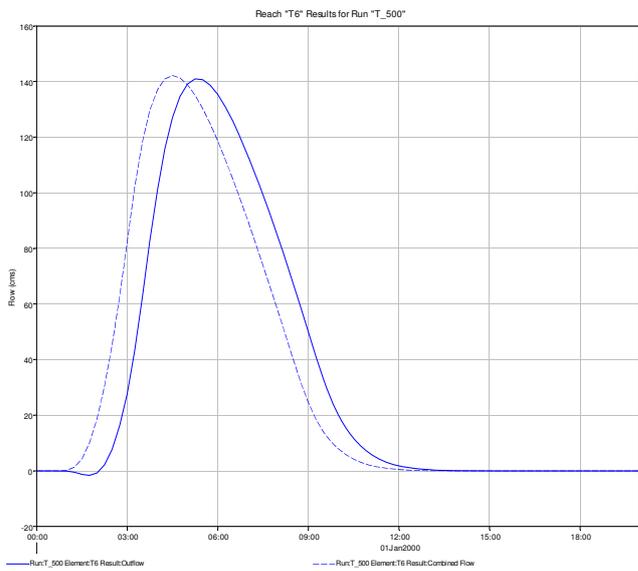
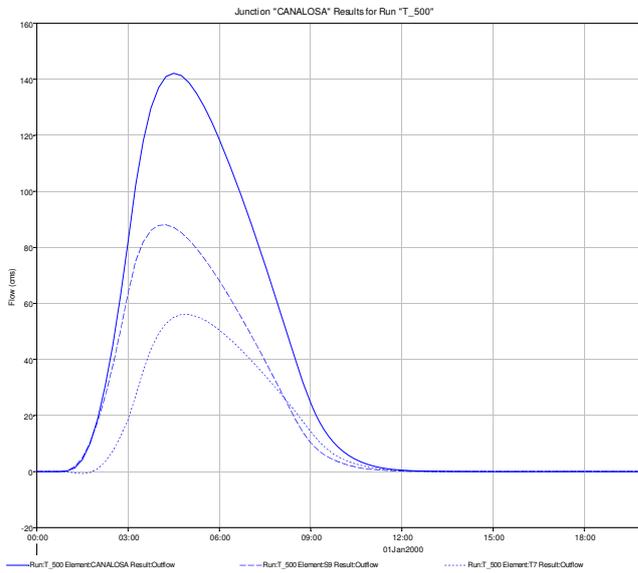
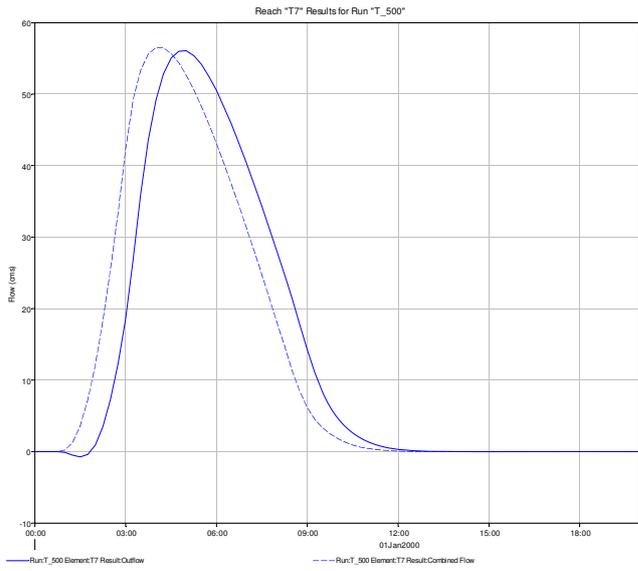


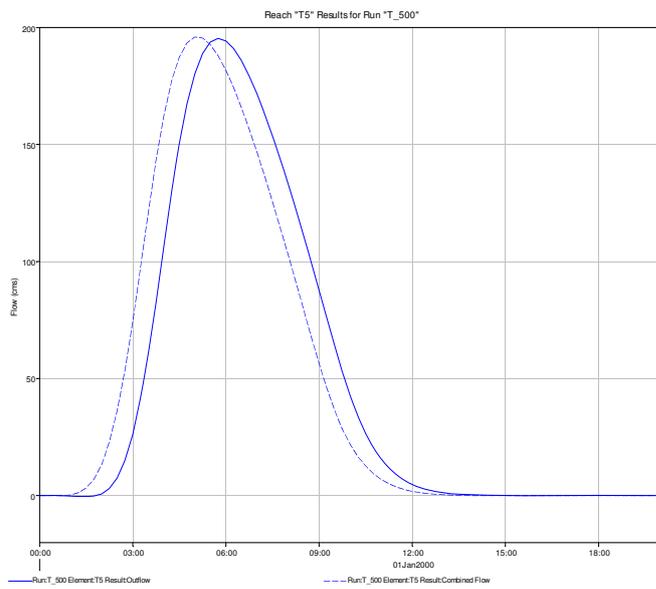
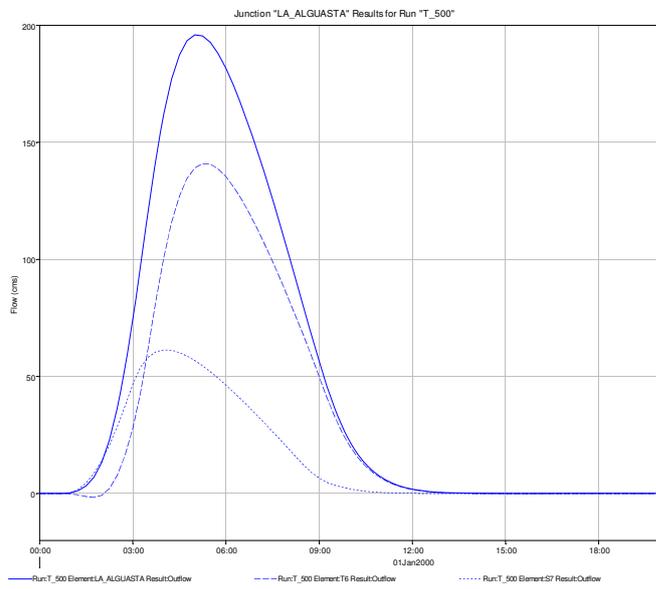
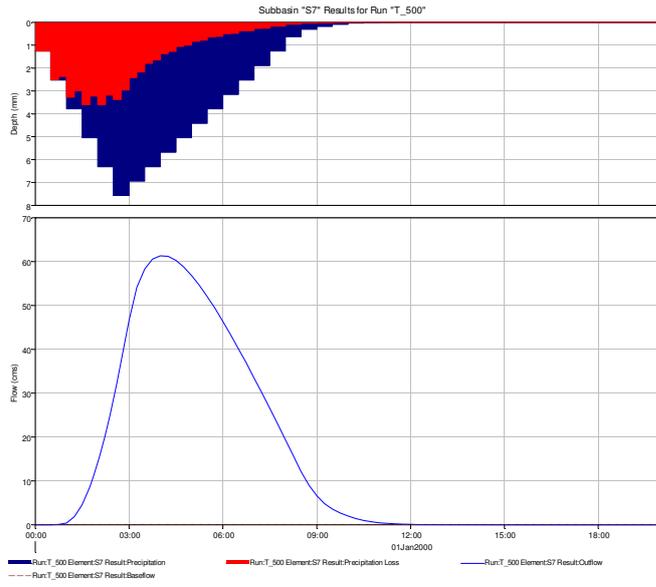


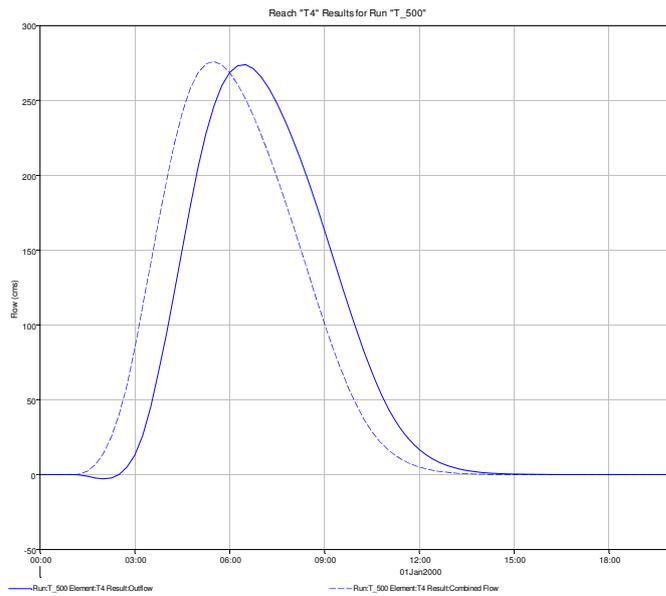
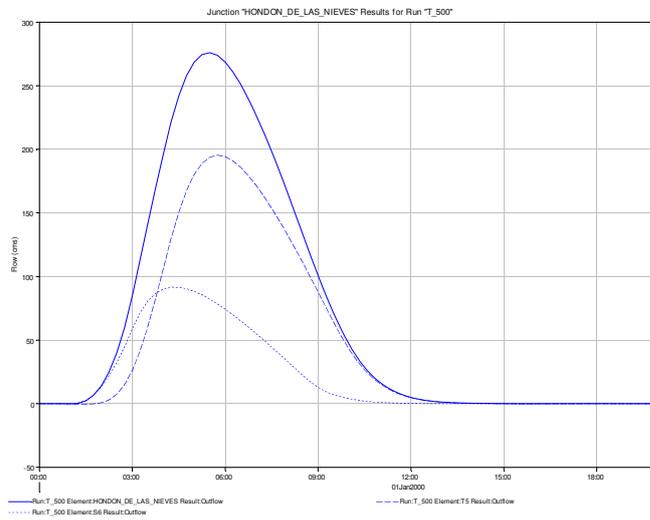
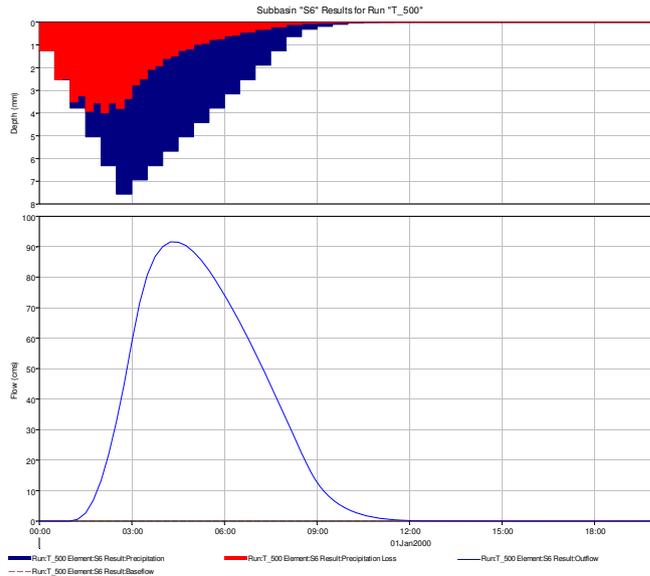


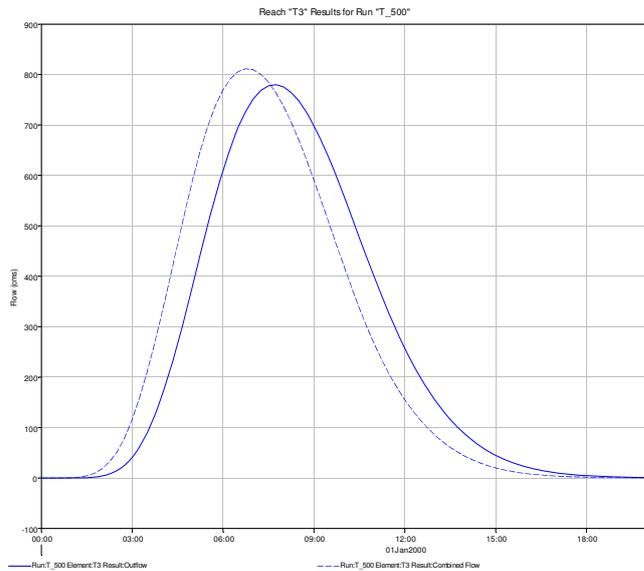
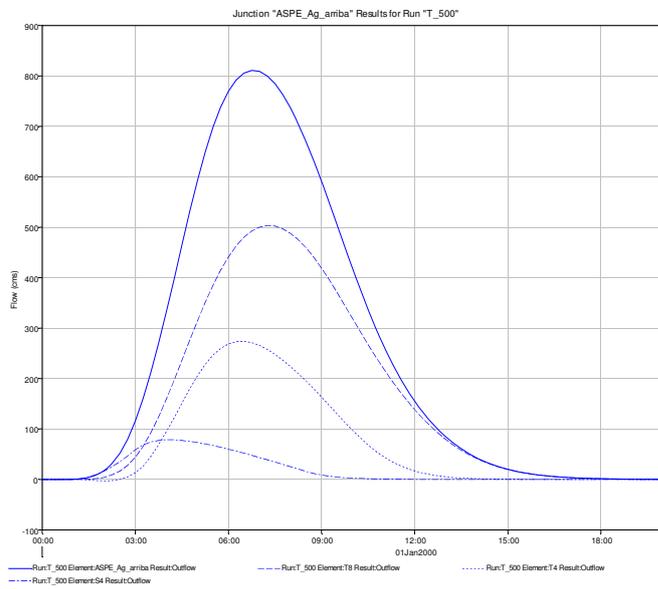
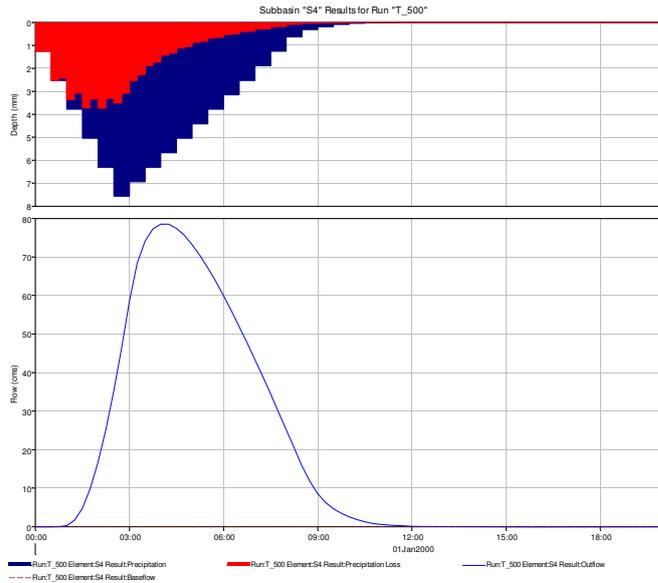


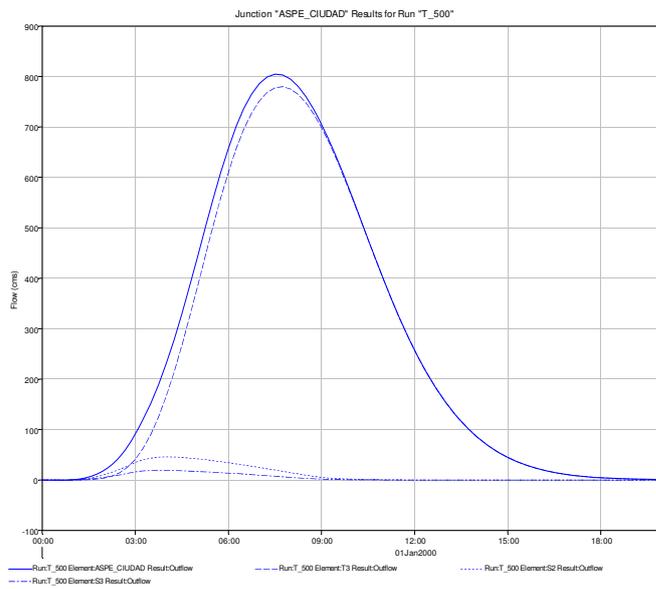
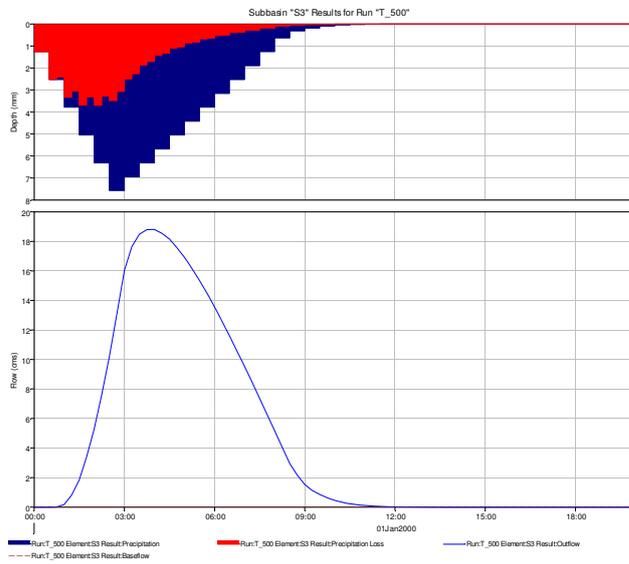
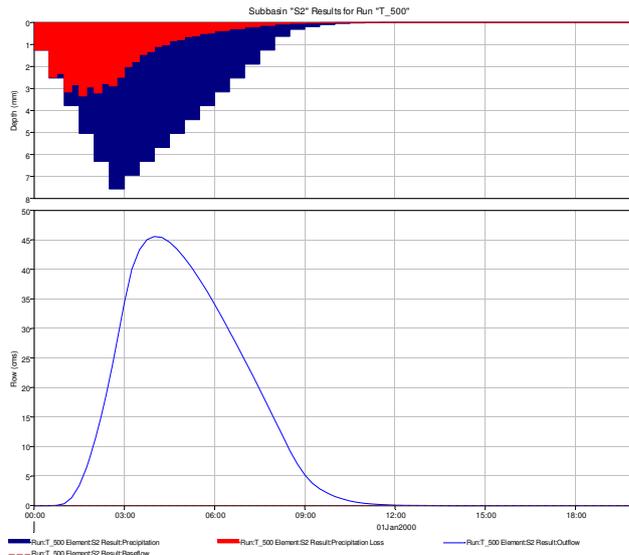


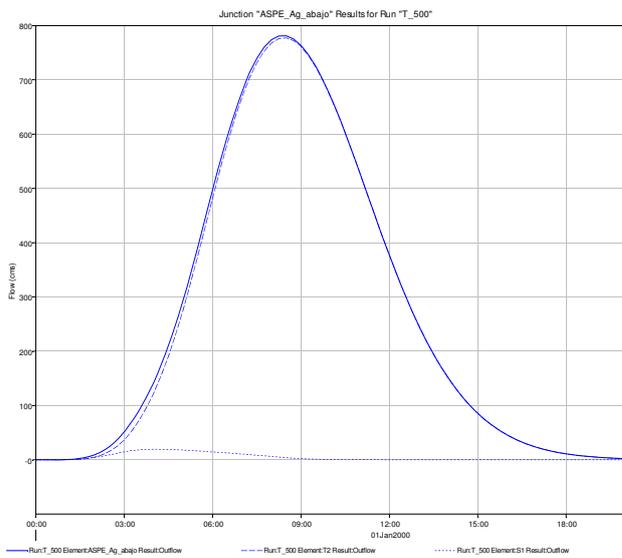
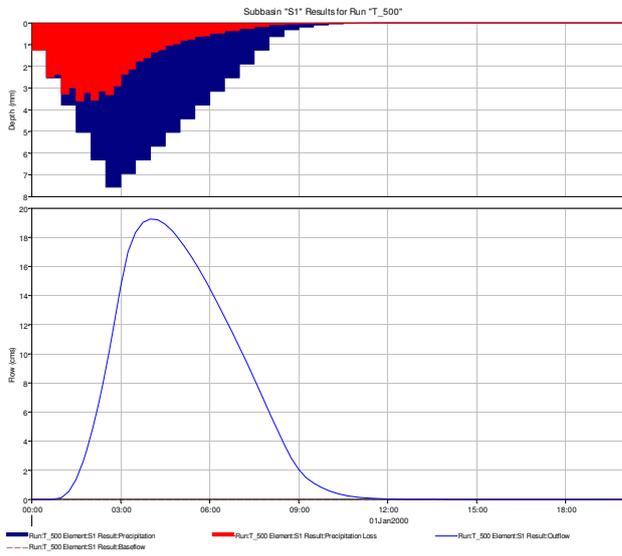
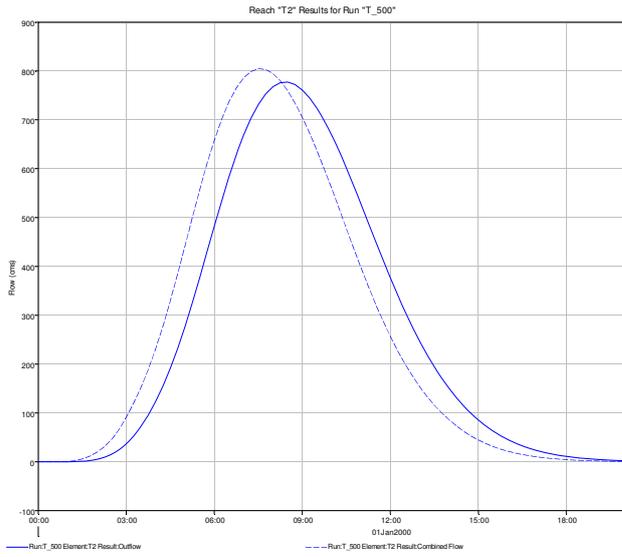


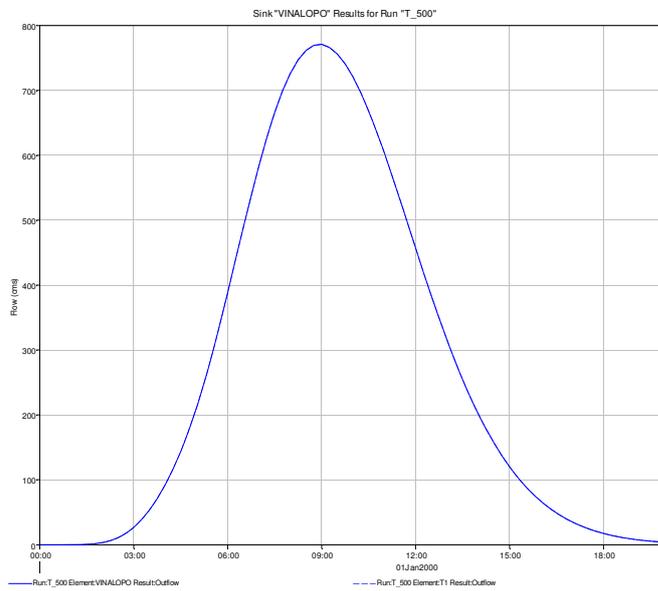
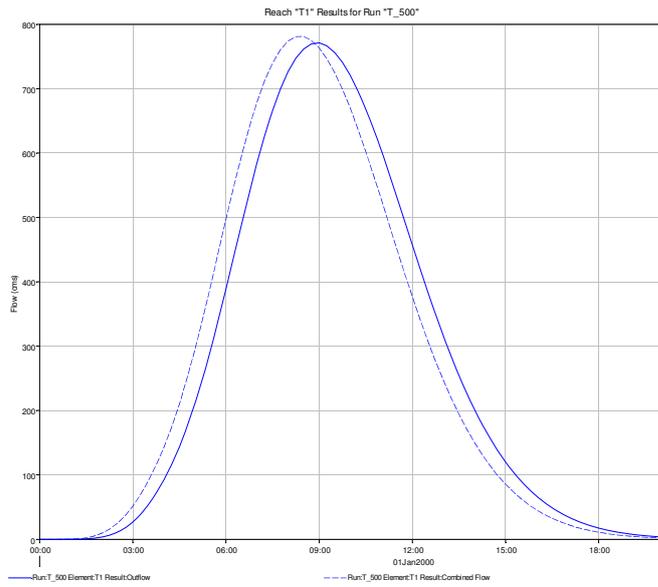








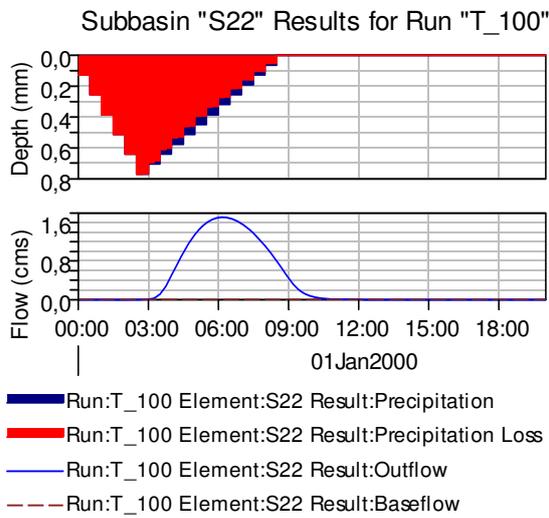




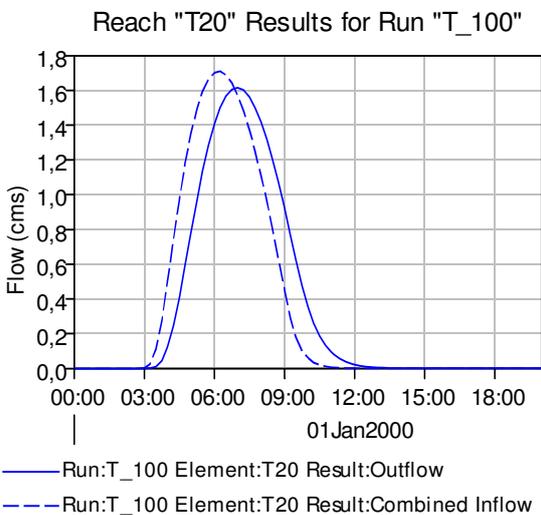
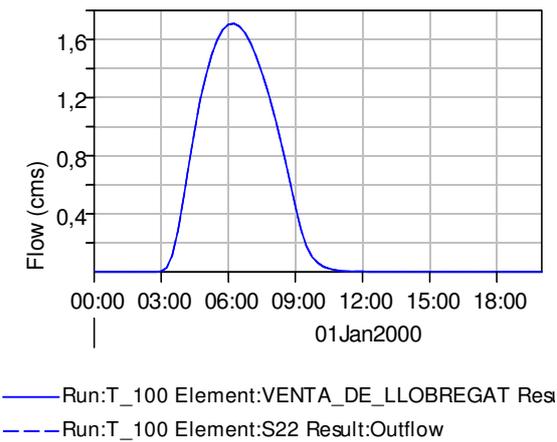


## RESULTADOS DEL MODELO HIDROLÓGICO. T = 100 AÑOS

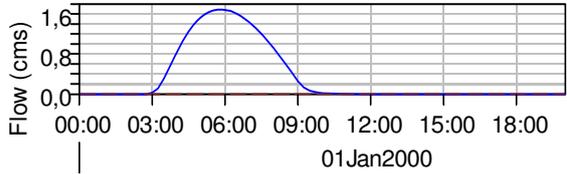
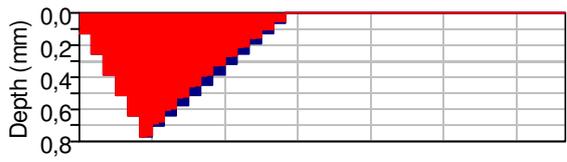
A continuación se exponen los hidrogramas obtenidos por el modelo hidrológico en todos los puntos del sistema (subcuencas, nodos y tramos), para T=100 años.



Junction "VENTA\_DE\_LLOBREGAT" Results for Run "T\_100"

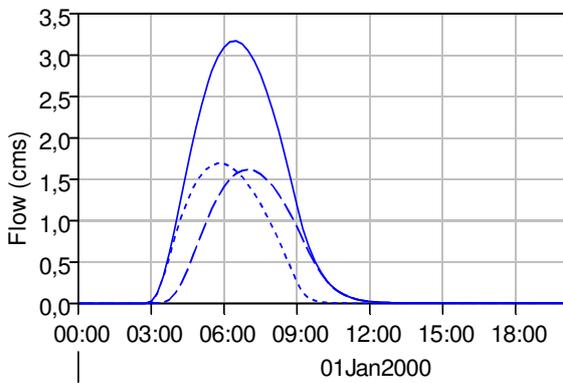


Subbasin "S21" Results for Run "T\_100"



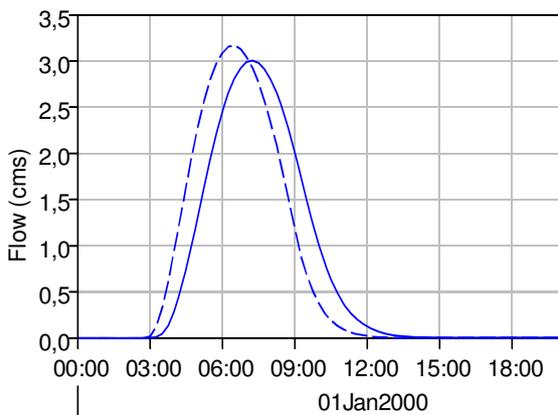
- Run:T\_100 Element:S21 Result:Precipitation
- Run:T\_100 Element:S21 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_100 Element:S21 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:S21 Result:Baseflow

Junction "LAS\_CANÑADAS" Results for Run "T\_100"



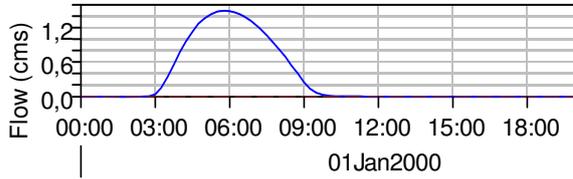
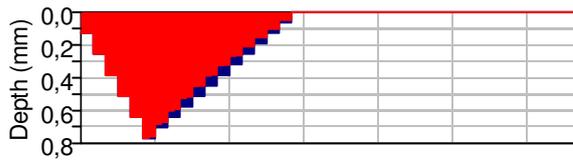
- Run:T\_100 Element:LAS\_CANÑADAS Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:T20 Result:Outflow
- ..... Run:T\_100 Element:S21 Result:Outflow

Reach "T19" Results for Run "T\_100"



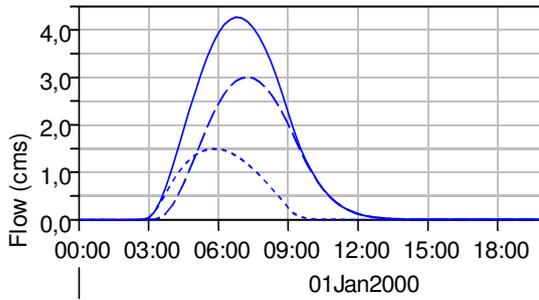
- Run:T\_100 Element:T19 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:T19 Result:Combined Inflow

### Subbasin "S20" Results for Run "T\_100"



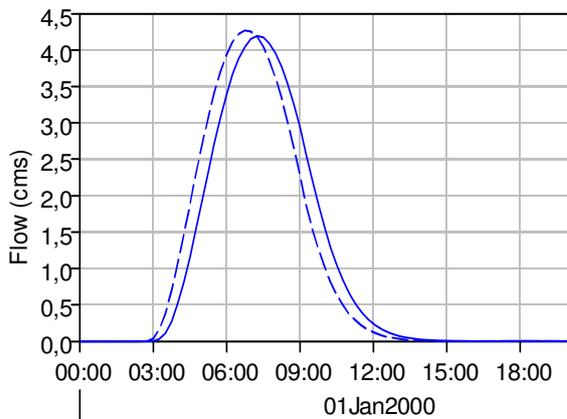
- Run:T\_100 Element:S20 Result:Precipitation
- Run:T\_100 Element:S20 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_100 Element:S20 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:S20 Result:Baseflow

### Junction "CASAS\_DEL\_MAYORAZGO" Results for Run "



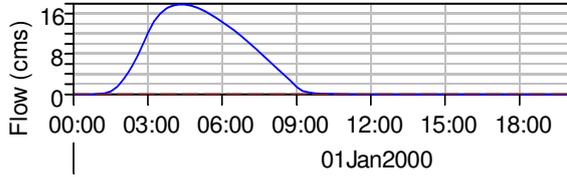
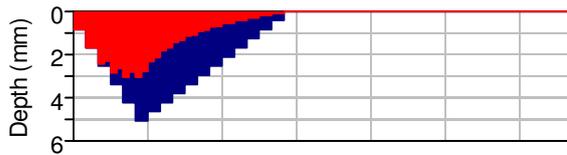
- Run:T\_100 Element:CASAS\_DEL\_MAYORAZGO Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:T19 Result:Outflow
- ..... Run:T\_100 Element:S20 Result:Outflow

### Reach "T18" Results for Run "T\_100"



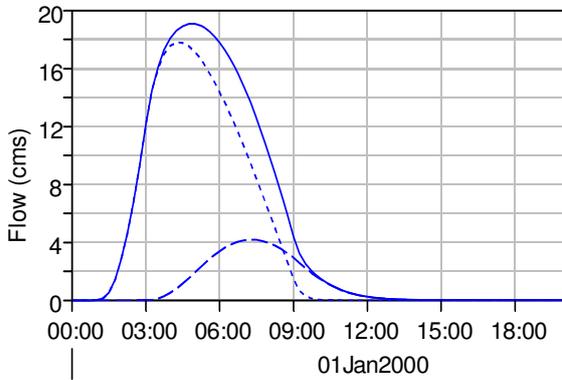
- Run:T\_100 Element:T18 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:T18 Result:Combined Inflow

Subbasin "S16" Results for Run "T\_100"



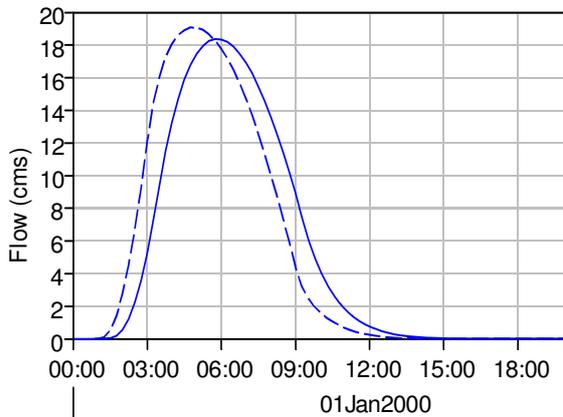
- Run:T\_100 Element:S16 Result:Precipitation
- Run:T\_100 Element:S16 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_100 Element:S16 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:S16 Result:Baseflow

Junction "MAÑR" Results for Run "T\_100"



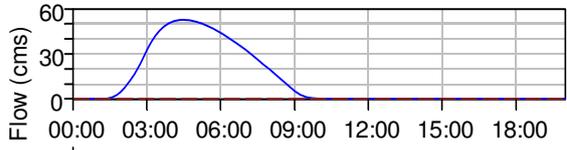
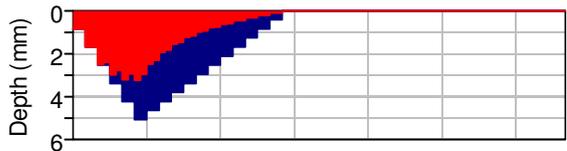
- Run:T\_100 Element:MAÑAR Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:T18 Result:Outflow
- · · Run:T\_100 Element:S16 Result:Outflow

Reach "T17" Results for Run "T\_100"



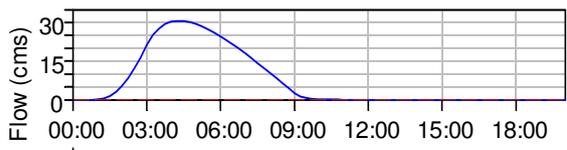
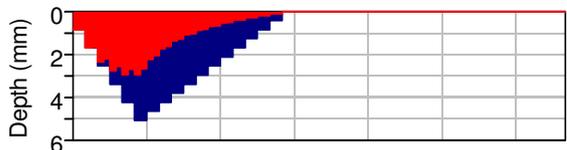
- Run:T\_100 Element:T17 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:T17 Result:Combined Inflow

Subbasin "S17" Results for Run "T\_100"



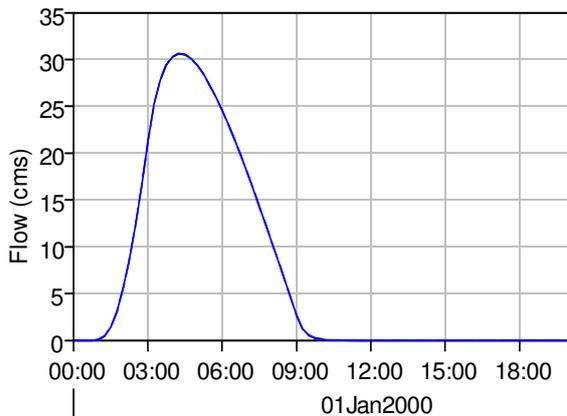
- Run:T\_100 Element:S17 Result:Precipitation
- Run:T\_100 Element:S17 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_100 Element:S17 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:S17 Result:Baseflow

Subbasin "S19" Results for Run "T\_100"



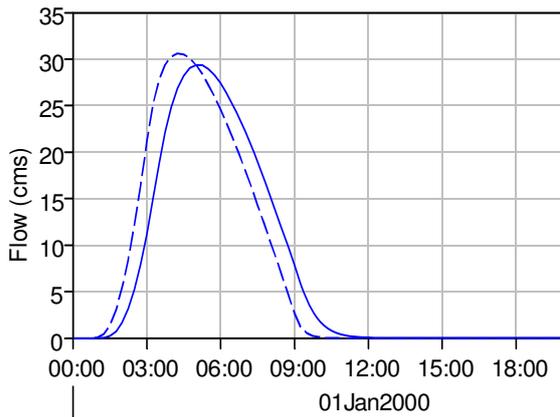
- Run:T\_100 Element:S19 Result:Precipitation
- Run:T\_100 Element:S19 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_100 Element:S19 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:S19 Result:Baseflow

Junction "CULEBRON" Results for Run "T\_100"



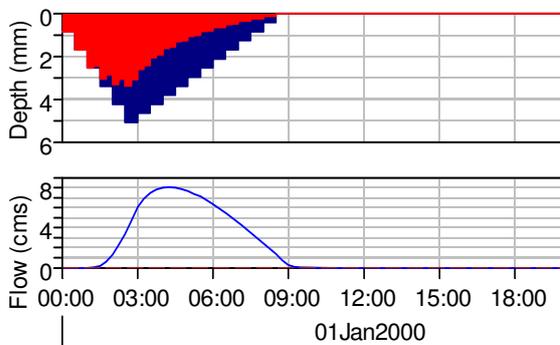
- Run:T\_100 Element:CULEBRON Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:S19 Result:Outflow

Reach "T16" Results for Run "T\_100"



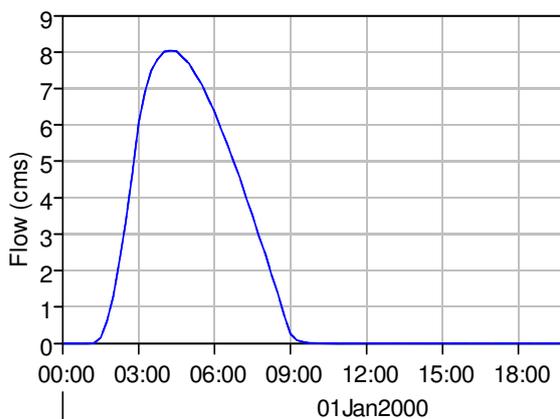
- Run:T\_100 Element:T16 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:T16 Result:Combined Inflow

Subbasin "S18" Results for Run "T\_100"



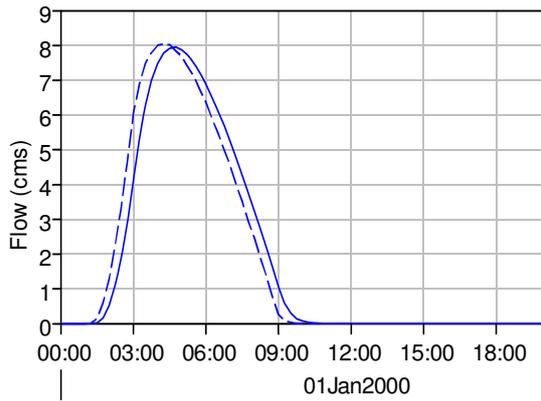
- Run:T\_100 Element:S18 Result:Precipitation
- Run:T\_100 Element:S18 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_100 Element:S18 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:S18 Result:Baseflow

Junction "ENCEBRAS" Results for Run "T\_100"



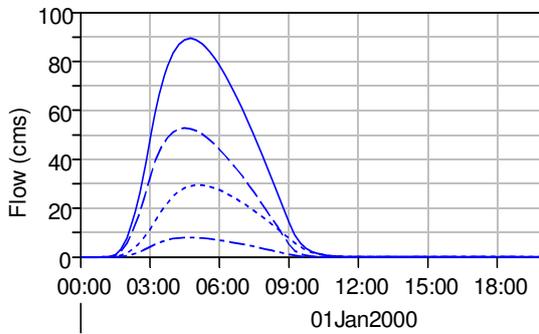
- Run:T\_100 Element:ENCEBRAS Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:S18 Result:Outflow

Reach "T15" Results for Run "T\_100"



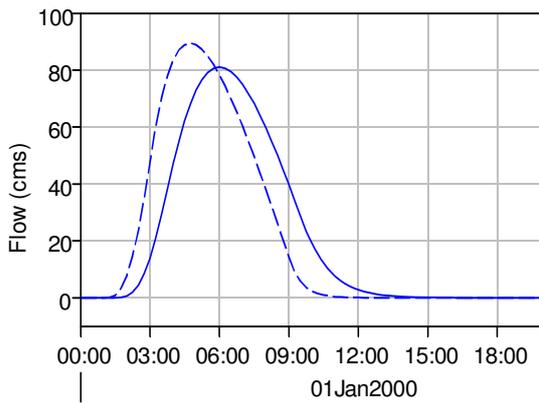
— Run:T\_100 Element:T15 Result:Outflow  
- - Run:T\_100 Element:T15 Result:Combined Inflow

Junction "CHINORLET" Results for Run "T\_100"



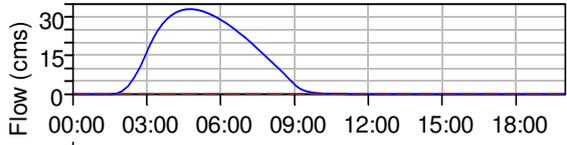
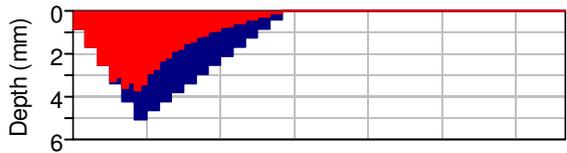
— Run:T\_100 Element:CHINORLET Result:Outflow  
- - Run:T\_100 Element:S17 Result:Outflow  
... Run:T\_100 Element:T16 Result:Outflow  
- . Run:T\_100 Element:T15 Result:Outflow

Reach "T14" Results for Run "T\_100"



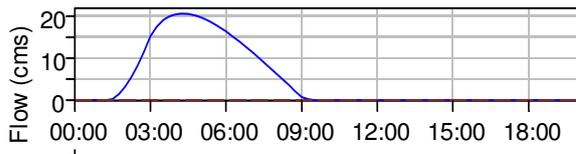
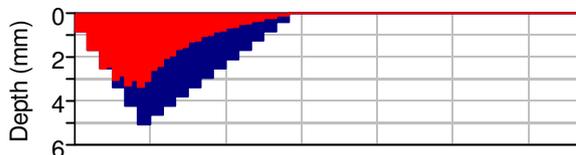
— Run:T\_100 Element:T14 Result:Outflow  
- - Run:T\_100 Element:T14 Result:Combined Inflow

Subbasin "S15" Results for Run "T\_100"



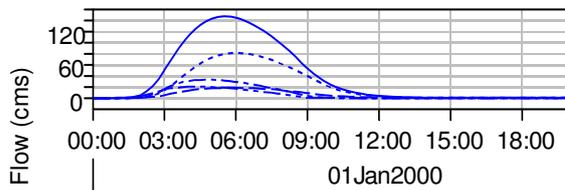
- Run:T\_100 Element:S15 Result:Precipitation
- Run:T\_100 Element:S15 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_100 Element:S15 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:S15 Result:Baseflow

Subbasin "S14" Results for Run "T\_100"



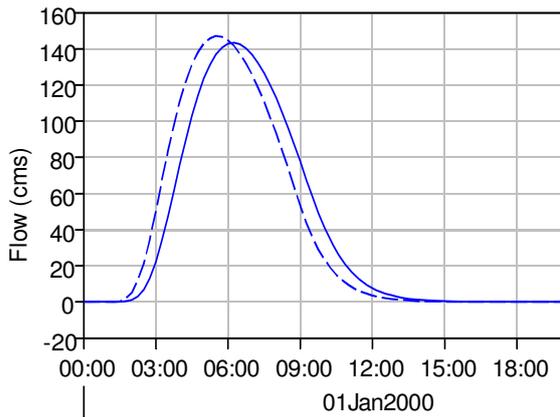
- Run:T\_100 Element:S14 Result:Precipitation
- Run:T\_100 Element:S14 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_100 Element:S14 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:S14 Result:Baseflow

Junction "CASAS\_DE\_PEDRETA" Results for Run



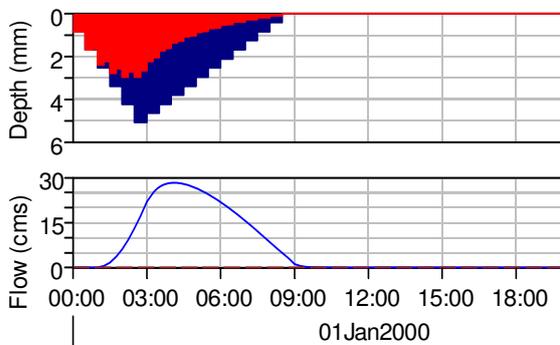
- Run:T\_100 Element:CASAS\_DE\_PEDRETA Result:
- - - Run:T\_100 Element:T17 Result:Outflow
- - - - Run:T\_100 Element:T14 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:S15 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:S14 Result:Outflow

Reach "T13" Results for Run "T\_100"



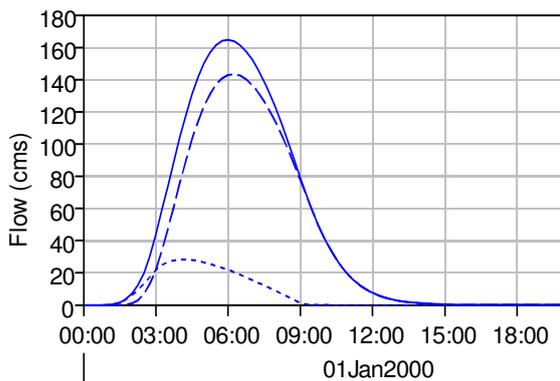
- Run:T\_100 Element:T13 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:T13 Result:Combined Inflow

Subbasin "S10" Results for Run "T\_100"



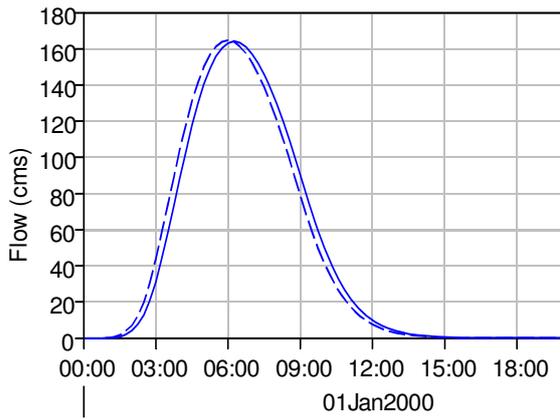
- Run:T\_100 Element:S10 Result:Precipitation
- Run:T\_100 Element:S10 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_100 Element:S10 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:S10 Result:Baseflow

Junction "LA\_ROMANA" Results for Run "T\_100"



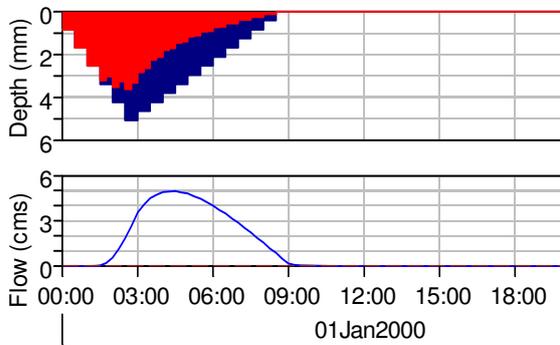
- Run:T\_100 Element:LA\_ROMANA Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:T13 Result:Outflow
- ... Run:T\_100 Element:S10 Result:Outflow

Reach "T12" Results for Run "T\_100"



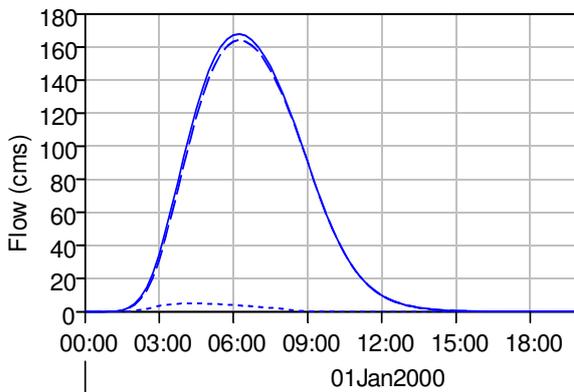
- Run:T\_100 Element:T12 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:T12 Result:Combined Inflow

Subbasin "S11" Results for Run "T\_100"



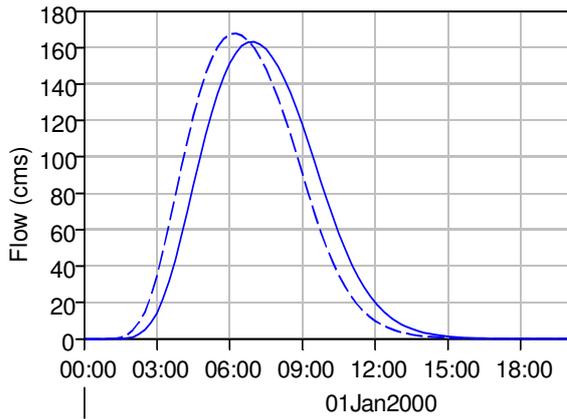
- Run:T\_100 Element:S11 Result:Precipitation
- Run:T\_100 Element:S11 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_100 Element:S11 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:S11 Result:Baseflow

Junction "BELTRANS" Results for Run "T\_100"



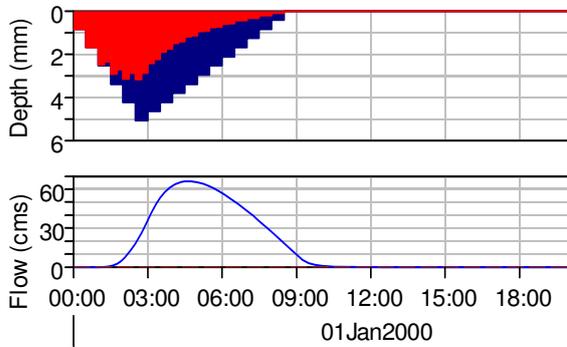
- Run:T\_100 Element:BELTRANS Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:T12 Result:Outflow
- ..... Run:T\_100 Element:S11 Result:Outflow

Reach "T11" Results for Run "T\_100"



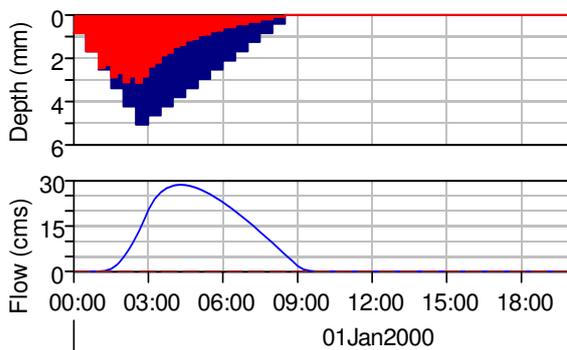
- Run:T\_100 Element:T11 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:T11 Result:Combined Inflow

Subbasin "S12" Results for Run "T\_100"



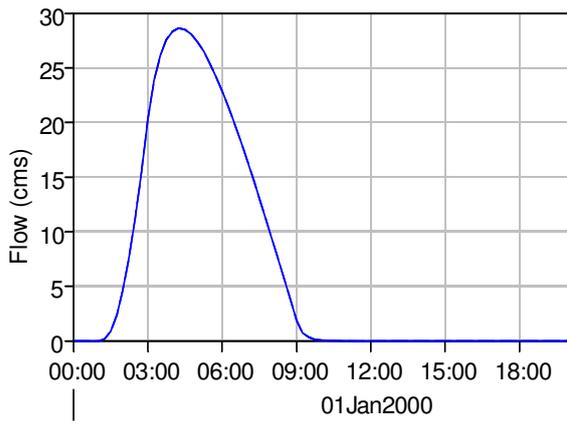
- Run:T\_100 Element:S12 Result:Precipitation
- Run:T\_100 Element:S12 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_100 Element:S12 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:S12 Result:Baseflow

Subbasin "S13" Results for Run "T\_100"



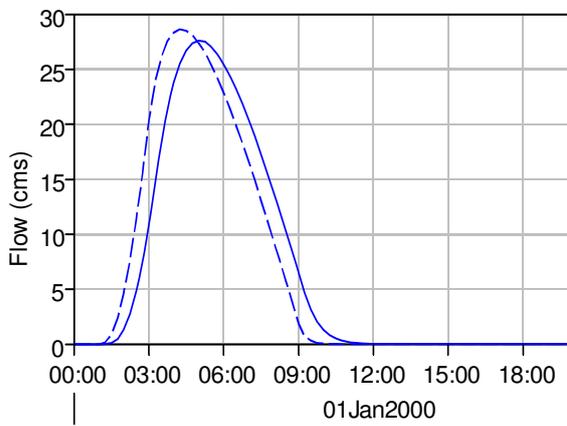
- Run:T\_100 Element:S13 Result:Precipitation
- Run:T\_100 Element:S13 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_100 Element:S13 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:S13 Result:Baseflow

Junction "SOLANA ALTA" Results for Run "T\_100"



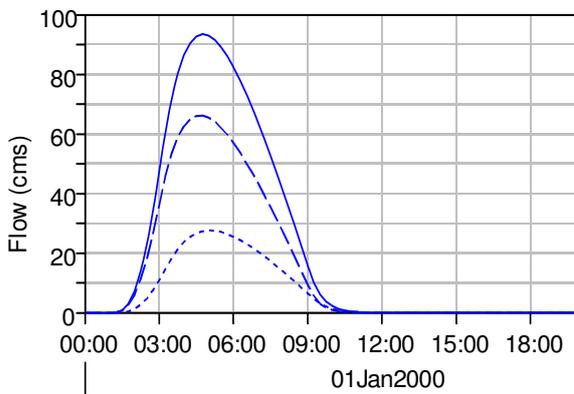
- Run:T\_100 Element:SOLANA ALTA Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:S13 Result:Outflow

Reach "T10" Results for Run "T\_100"



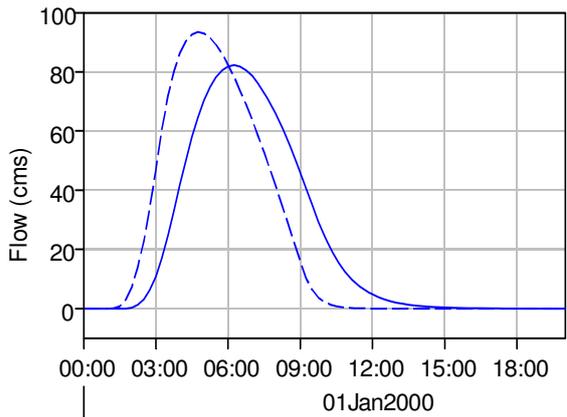
- Run:T\_100 Element:T10 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:T10 Result:Combined Inflow

Junction "POMARES" Results for Run "T\_100"



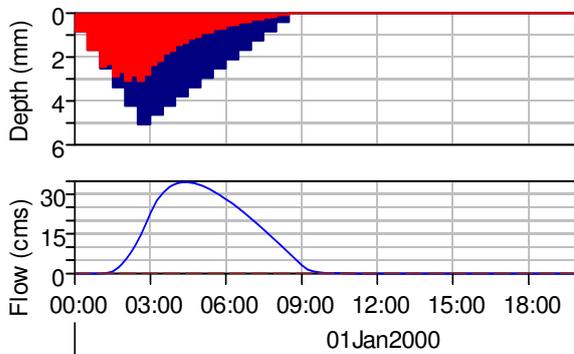
- Run:T\_100 Element:POMARES Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:S12 Result:Outflow
- ... Run:T\_100 Element:T10 Result:Outflow

Reach "T9" Results for Run "T\_100"



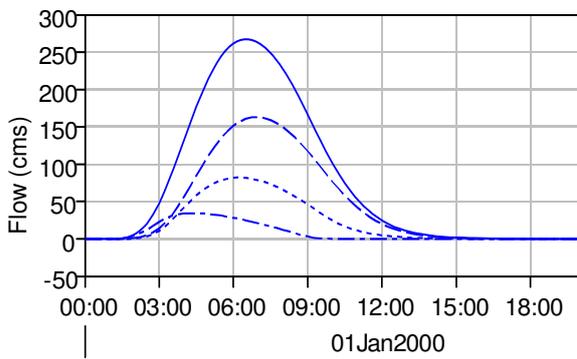
- Run:T\_100 Element:T9 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:T9 Result:Combined Inflow

Subbasin "S5" Results for Run "T\_100"



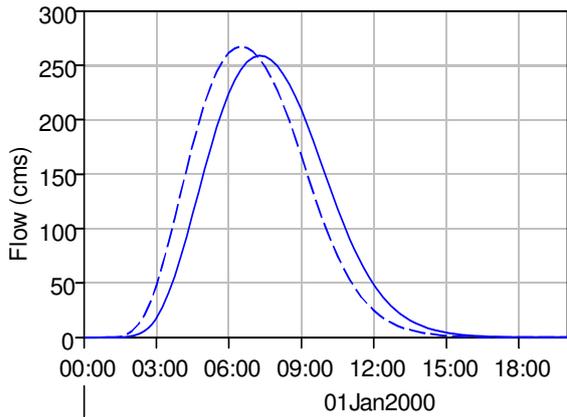
- Run:T\_100 Element:S5 Result:Precipitation
- Run:T\_100 Element:S5 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_100 Element:S5 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:S5 Result:Baseflow

Junction "Glacis\_Rio\_Tarafa" Results for Run "



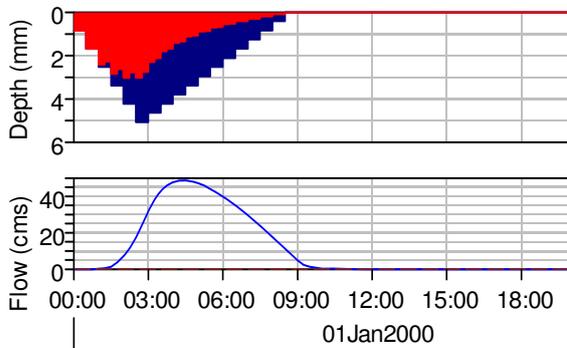
- Run:T\_100 Element:GLACIS\_RIO\_TARAFA Result:(
- - - Run:T\_100 Element:T11 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:T9 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:S5 Result:Outflow

Reach "T8" Results for Run "T\_100"



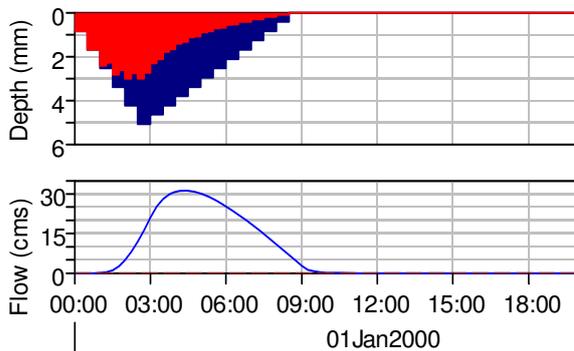
- Run:T\_100 Element:T8 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:T8 Result:Combined Inflow

Subbasin "S9" Results for Run "T\_100"



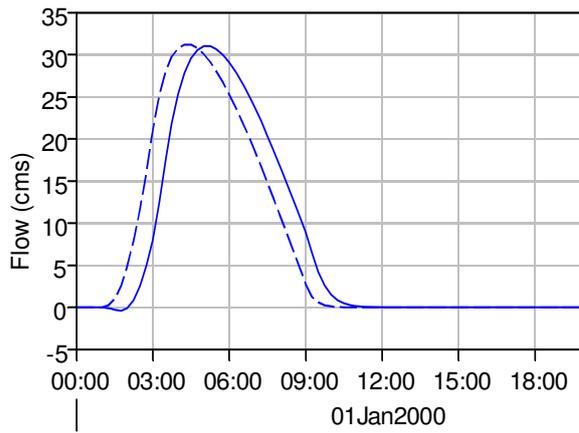
- Run:T\_100 Element:S9 Result:Precipitation
- Run:T\_100 Element:S9 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_100 Element:S9 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:S9 Result:Baseflow

Subbasin "S8" Results for Run "T\_100"



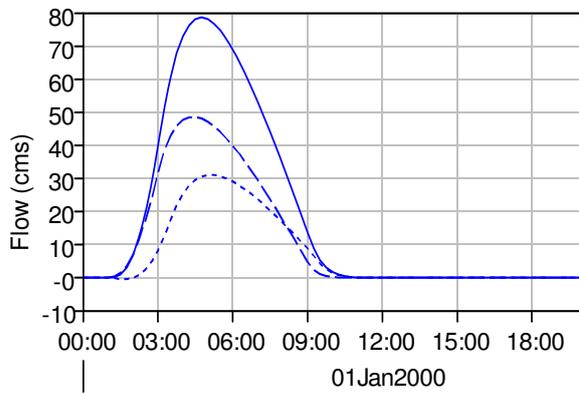
- Run:T\_100 Element:S8 Result:Precipitation
- Run:T\_100 Element:S8 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_100 Element:S8 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:S8 Result:Baseflow

Reach "T7" Results for Run "T\_100"



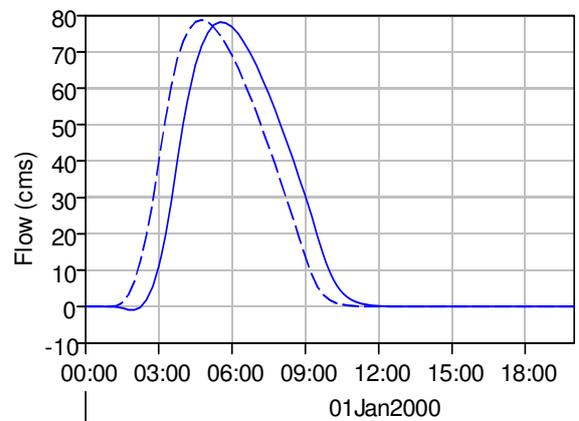
- Run:T\_100 Element:T7 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:T7 Result:Combined Inflow

Junction "CANALOSA" Results for Run "T\_1" (Note: Run ID in legend is T\_100)



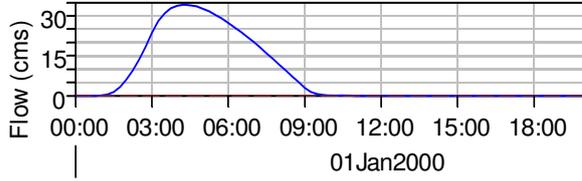
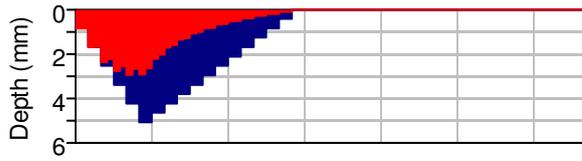
- Run:T\_100 Element:CANALOSA Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:S9 Result:Outflow
- ..... Run:T\_100 Element:T7 Result:Outflow

Reach "T6" Results for Run "T\_100"



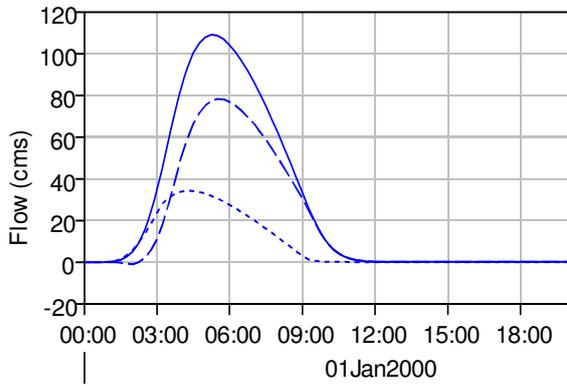
- Run:T\_100 Element:T6 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:T6 Result:Combined Inflow

### Subbasin "S7" Results for Run "T\_100"



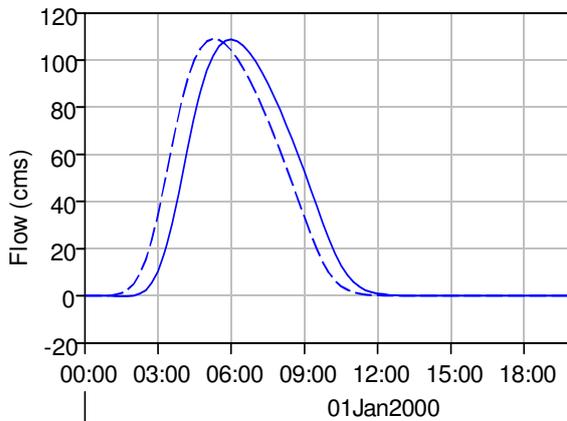
- Run:T\_100 Element:S7 Result:Precipitation
- Run:T\_100 Element:S7 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_100 Element:S7 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:S7 Result:Baseflow

### Junction "LA\_ALGUASTA" Results for Run "T\_100"



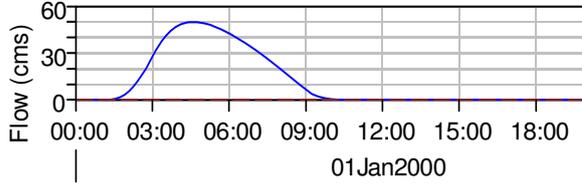
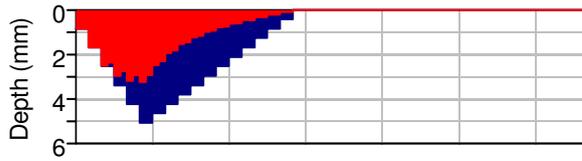
- Run:T\_100 Element:LA\_ALGUASTA Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:T6 Result:Outflow
- ..... Run:T\_100 Element:S7 Result:Outflow

### Reach "T5" Results for Run "T\_100"



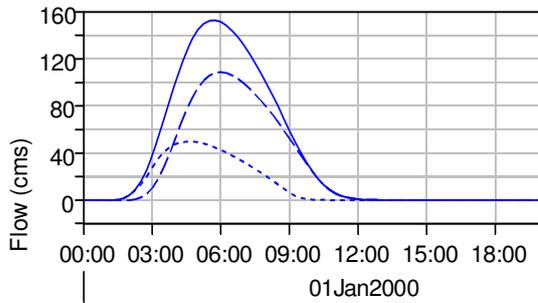
- Run:T\_100 Element:T5 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:T5 Result:Combined Inflow

### Subbasin "S6" Results for Run "T\_100"



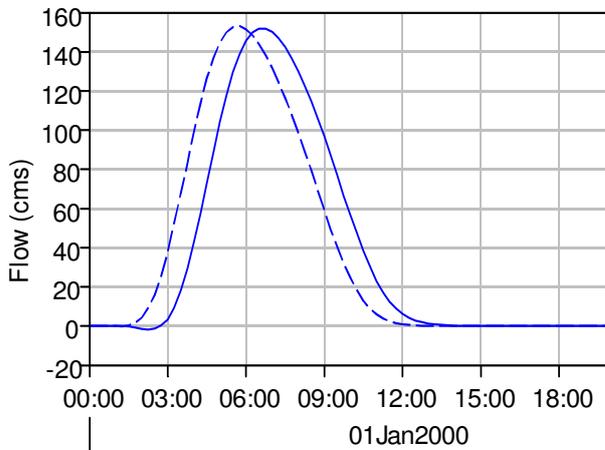
- Run:T\_100 Element:S6 Result:Precipitation
- Run:T\_100 Element:S6 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_100 Element:S6 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:S6 Result:Baseflow

### Junction "HONDON\_DE\_LAS\_NIEVES" Results for Run "T\_100"



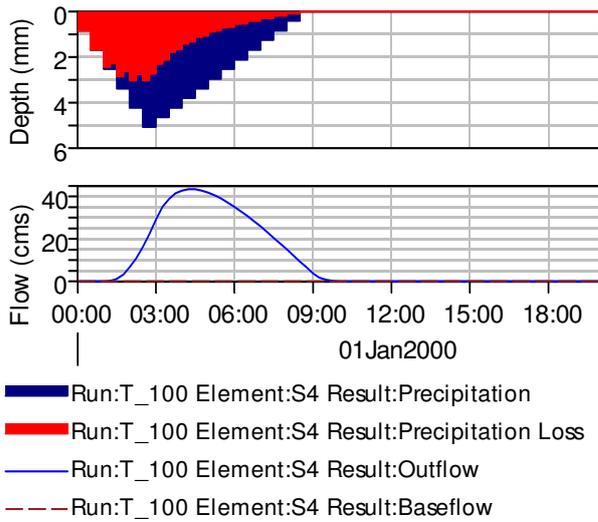
- Run:T\_100 Element:HONDON\_DE\_LAS\_NIEVES Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:T5 Result:Outflow
- ..... Run:T\_100 Element:S6 Result:Outflow

### Reach "T4" Results for Run "T\_100"

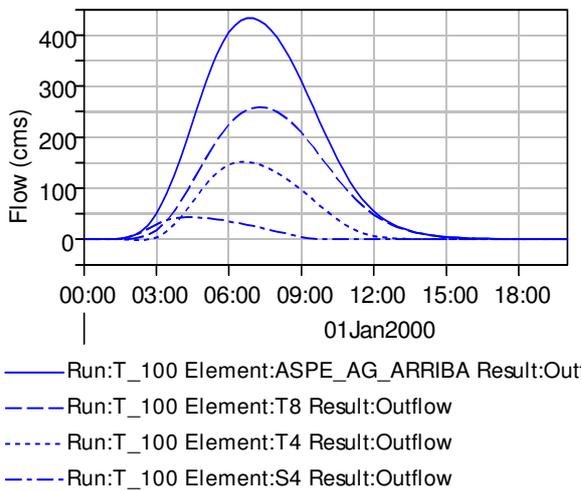


- Run:T\_100 Element:T4 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:T4 Result:Combined Inflow

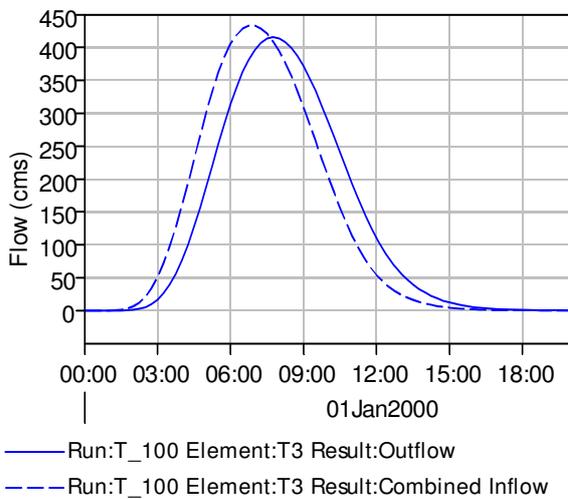
Subbasin "S4" Results for Run "T\_100"



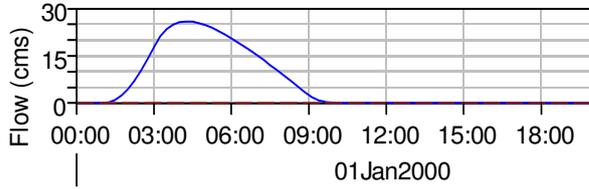
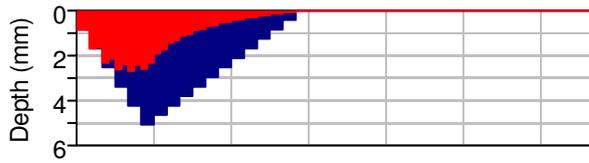
Junction "ASPE\_Ag\_arriba" Results for Run "T\_100"



Reach "T3" Results for Run "T\_100"

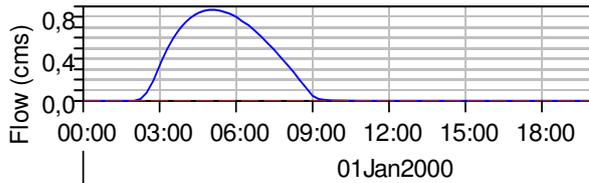
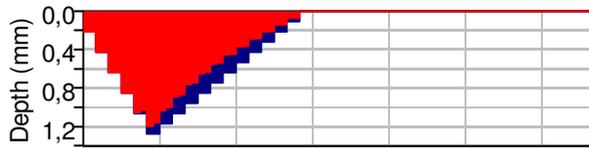


Subbasin "S2" Results for Run "T\_100"



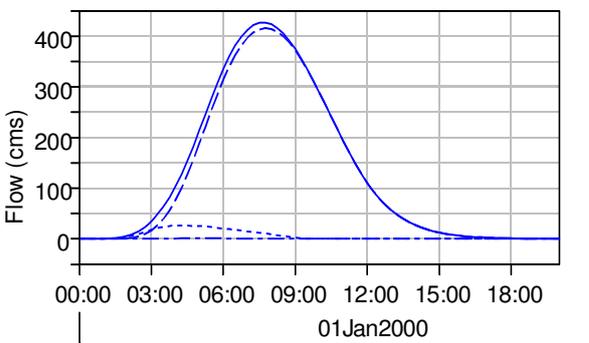
- Run:T\_100 Element:S2 Result:Precipitation
- Run:T\_100 Element:S2 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_100 Element:S2 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:S2 Result:Baseflow

Subbasin "S3" Results for Run "T\_100"



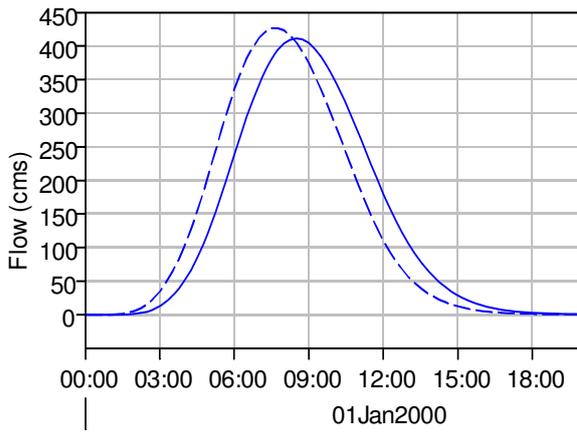
- Run:T\_100 Element:S3 Result:Precipitation
- Run:T\_100 Element:S3 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_100 Element:S3 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:S3 Result:Baseflow

Junction "ASPE\_CIUDDAD" Results for Run "T\_100"



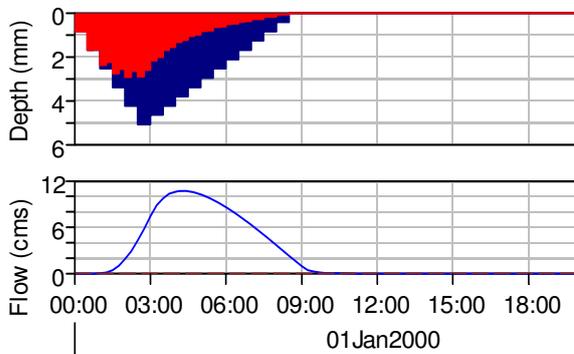
- Run:T\_100 Element:ASPE\_CIUDDAD Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:T3 Result:Outflow
- ..... Run:T\_100 Element:S2 Result:Outflow
- . - . Run:T\_100 Element:S3 Result:Outflow

Reach "T2" Results for Run "T\_100"



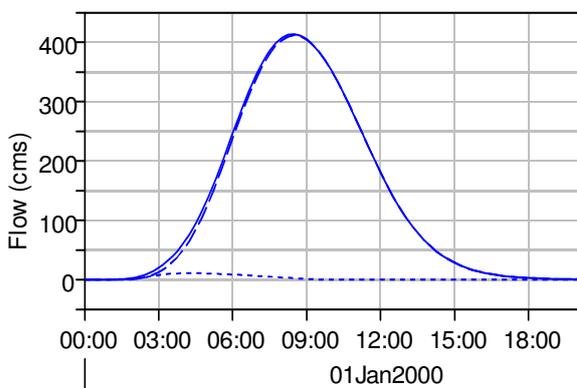
- Run:T\_100 Element:T2 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:T2 Result:Combined Inflow

Subbasin "S1" Results for Run "T\_100"



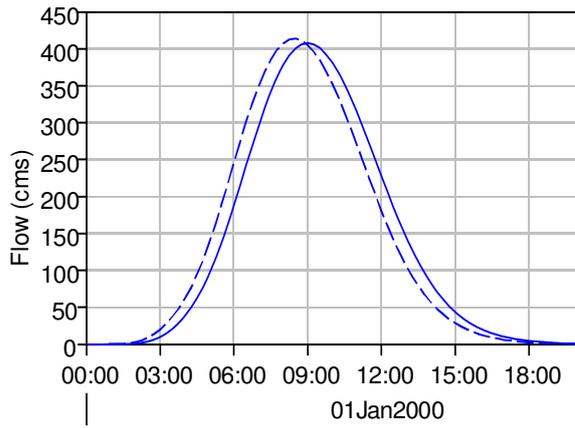
- Run:T\_100 Element:S1 Result:Precipitation
- Run:T\_100 Element:S1 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_100 Element:S1 Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:S1 Result:Baseflow

Junction "ASPE\_Ag\_abajo" Results for Run "T\_100"



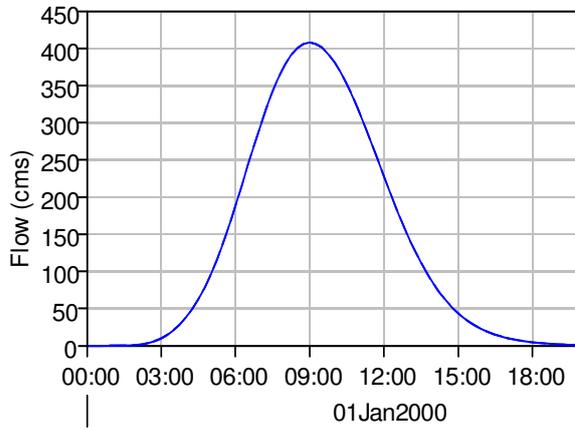
- Run:T\_100 Element:ASPE\_AG\_ABAJO Result:Outflow
- - - Run:T\_100 Element:T2 Result:Outflow
- ..... Run:T\_100 Element:S1 Result:Outflow

Reach "T1" Results for Run "T\_100"



— Run:T\_100 Element:T1 Result:Outflow  
- - Run:T\_100 Element:T1 Result:Combined Inflow

Sink "VINALOPO" Results for Run "T\_100"



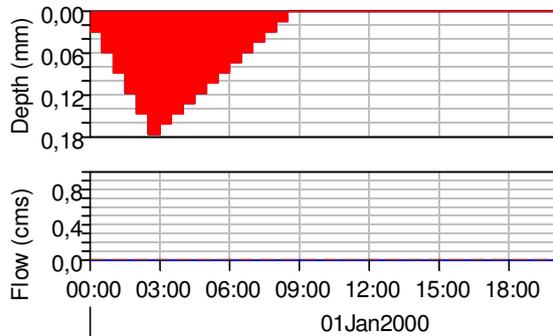
— Run:T\_100 Element:VINALOPO Result:Outflow  
- - Run:T\_100 Element:T1 Result:Outflow



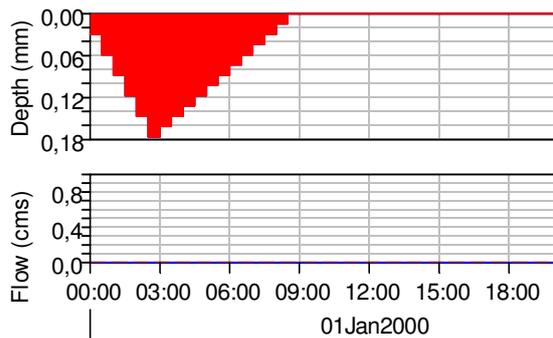
## RESULTADOS DEL MODELO HIDROLÓGICO. T = 25 AÑOS

A continuación se exponen los hidrogramas obtenidos por el modelo hidrológico para T=25 años en todos los puntos del sistema (subcuencas, nodos y tramos).

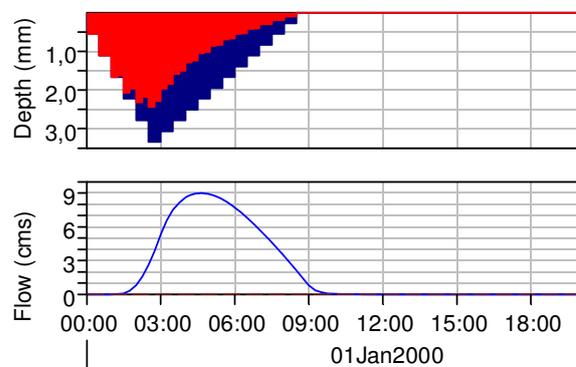
Subbasin "S22" Results for Run "T\_25\_"



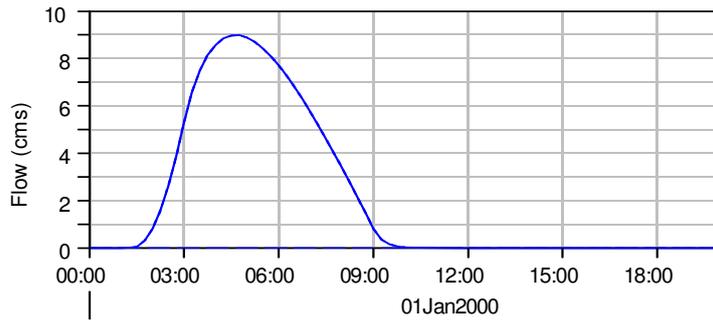
Subbasin "S21" Results for Run "T\_25\_"



Subbasin "S16" Results for Run "T\_25\_"

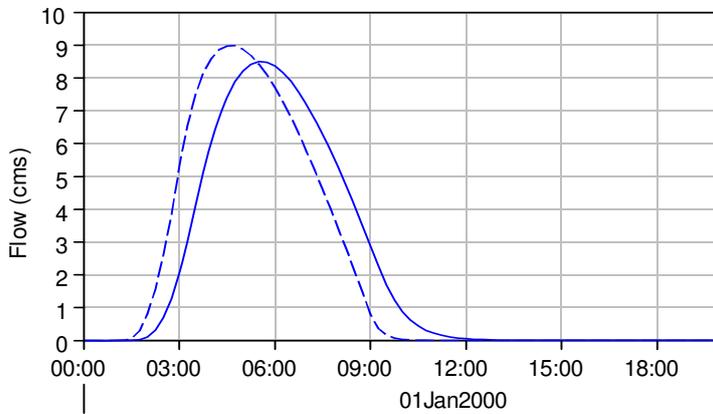


Junction "MAÑYR" Results for Run "T\_25\_"



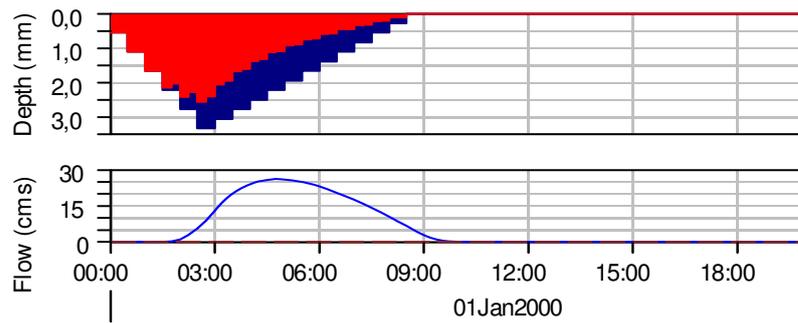
- Run:T\_25\_Element:MAÑYR Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_Element:T18 Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_Element:S16 Result:Outflow

Reach "T17" Results for Run "T\_25\_"



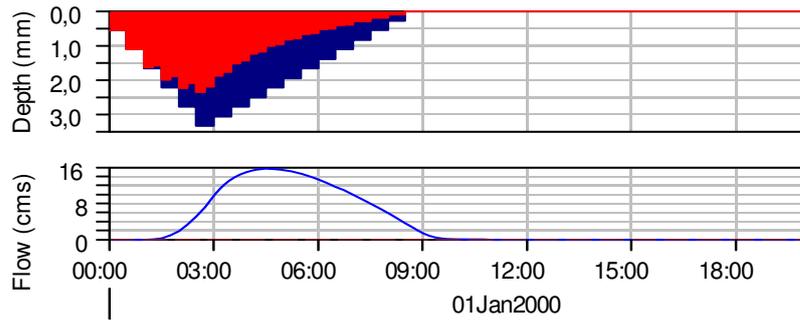
- Run:T\_25\_Element:T17 Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_Element:T17 Result:Combined Inflow

Subbasin "S17" Results for Run "T\_25\_"



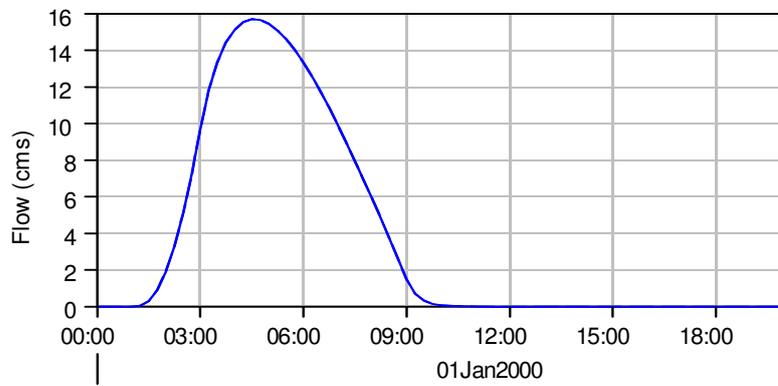
- Run:T\_25\_Element:S17 Result:Precipitation
- Run:T\_25\_Element:S17 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_25\_Element:S17 Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_Element:S17 Result:Baseflow

Subbasin "S19" Results for Run "T\_25\_"



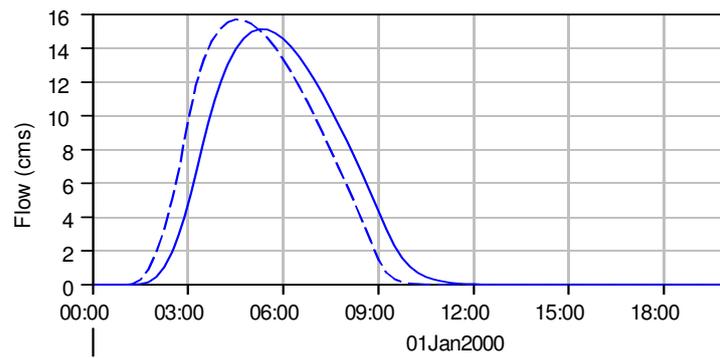
- Run:T\_25\_ Element:S19 Result:Precipitation
- Run:T\_25\_ Element:S19 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_25\_ Element:S19 Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:S19 Result:Baseflow

Junction "CULEBRON" Results for Run "T\_25\_"



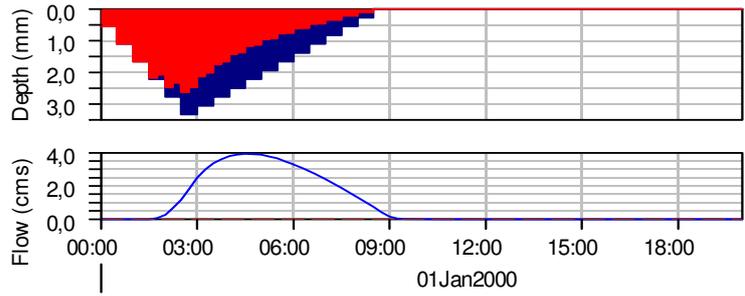
- Run:T\_25\_ Element:CULEBRON Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:S19 Result:Outflow

Reach "T16" Results for Run "T\_25\_"



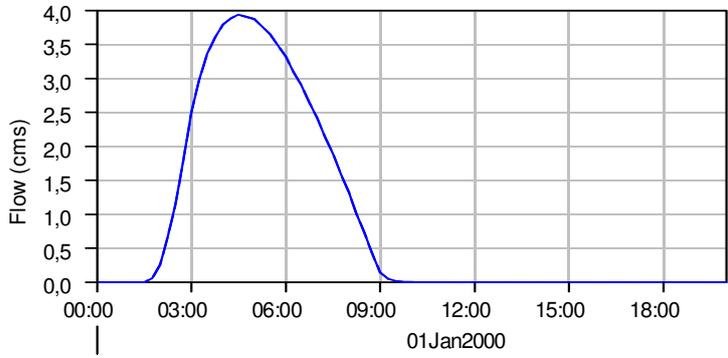
- Run:T\_25\_ Element:T16 Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:T16 Result:Combined Inflow

Subbasin "S18" Results for Run "T\_25\_"



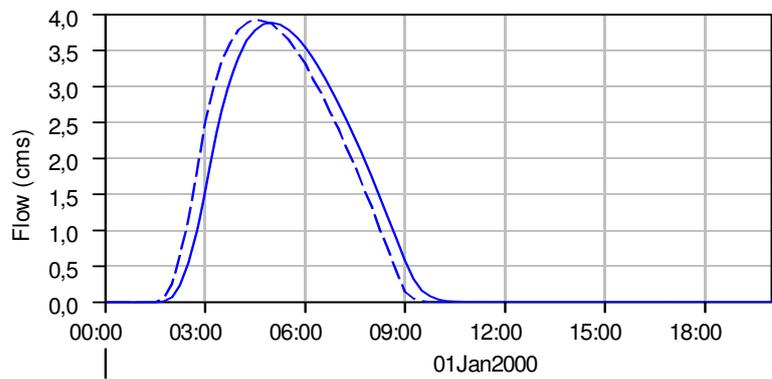
- Run:T\_25\_ Element:S18 Result:Precipitation
- Run:T\_25\_ Element:S18 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_25\_ Element:S18 Result:Outflow
- Run:T\_25\_ Element:S18 Result:Baseflow

Junction "ENCEBRAS" Results for Run "T\_25\_"



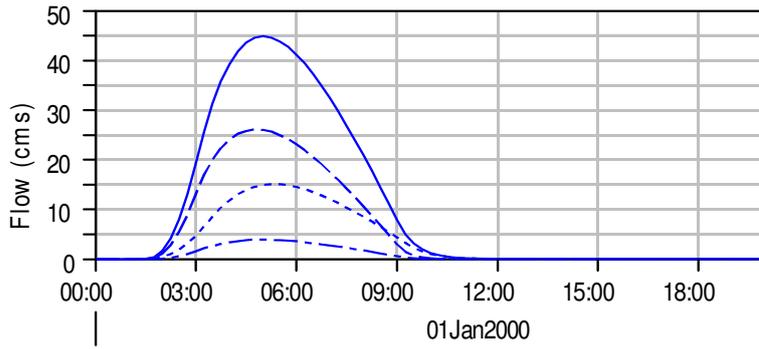
- Run:T\_25\_ Element:ENCEBRAS Result:Outflow
- Run:T\_25\_ Element:S18 Result:Outflow

Reach "T15" Results for Run "T\_25\_"



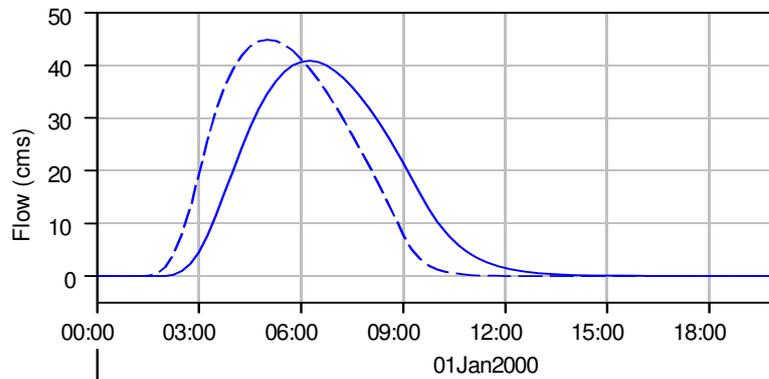
- Run:T\_25\_ Element:T15 Result:Outflow
- - Run:T\_25\_ Element:T15 Result:Combined Inflow

Junction "CHINORLET" Results for Run "T\_25\_"



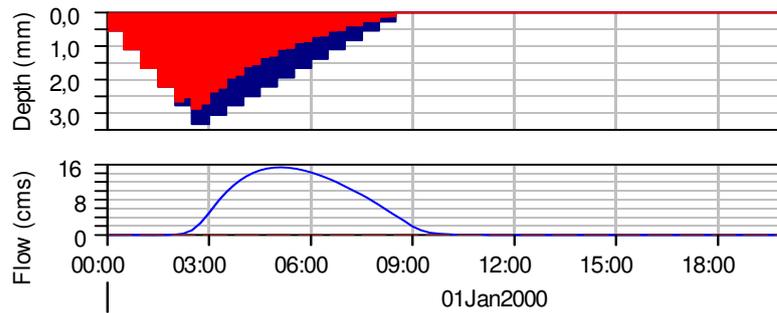
- Run:T\_25\_ Element:CHINORLET Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:S17 Result:Outflow
- ... Run:T\_25\_ Element:T16 Result:Outflow
- . - Run:T\_25\_ Element:T15 Result:Outflow

Reach "T14" Results for Run "T\_25\_"



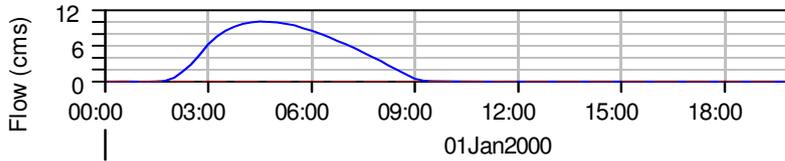
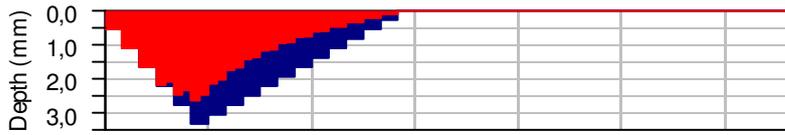
- Run:T\_25\_ Element:T14 Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:T14 Result:Combined Inflow

Subbasin "S15" Results for Run "T\_25\_"



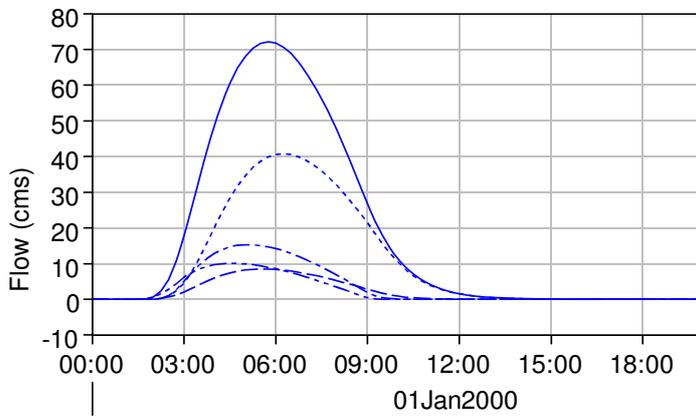
- Run:T\_25\_ Element:S15 Result:Precipitation
- Run:T\_25\_ Element:S15 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_25\_ Element:S15 Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:S15 Result:Baseflow

Subbasin "S14" Results for Run "T\_25\_"



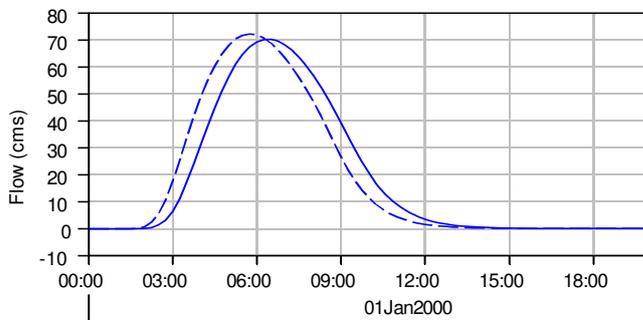
- Run:T\_25\_ Element:S14 Result:Precipitation
- Run:T\_25\_ Element:S14 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_25\_ Element:S14 Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:S14 Result:Baseflow

Junction "CASAS\_DE\_PEDRETA" Results for Run "T\_25\_"



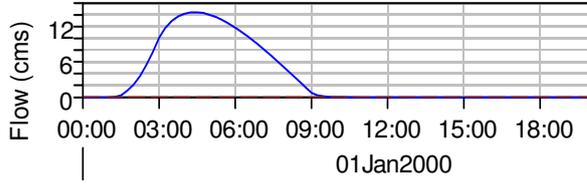
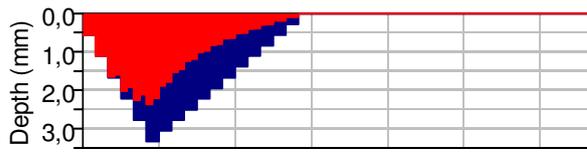
- Run:T\_25\_ Element:CASAS\_DE\_PEDRETA Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:T17 Result:Outflow
- ..... Run:T\_25\_ Element:T14 Result:Outflow
- . - . Run:T\_25\_ Element:S15 Result:Outflow
- - - - Run:T\_25\_ Element:S14 Result:Outflow

Reach "T13" Results for Run "T\_25\_"



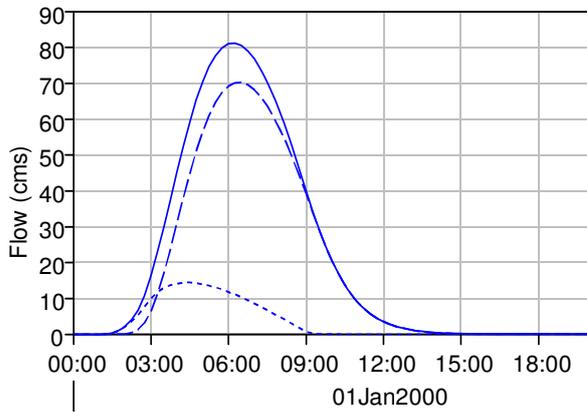
- Run:T\_25\_ Element:T13 Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:T13 Result:Combined Inflow

Subbasin "S10" Results for Run "T\_25\_"



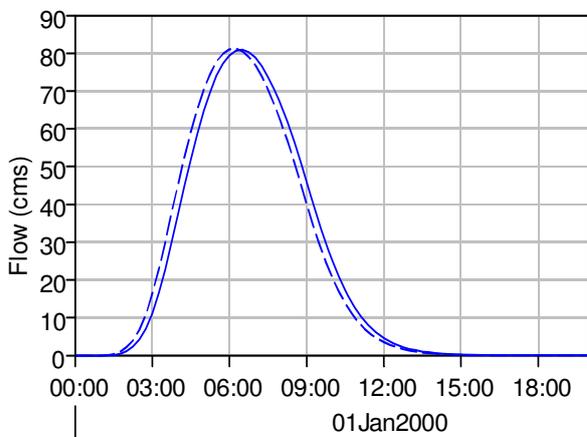
- Run:T\_25\_ Element:S10 Result:Precipitation
- Run:T\_25\_ Element:S10 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_25\_ Element:S10 Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:S10 Result:Baseflow

Junction "LA\_ROMANA" Results for Run "T\_25\_"



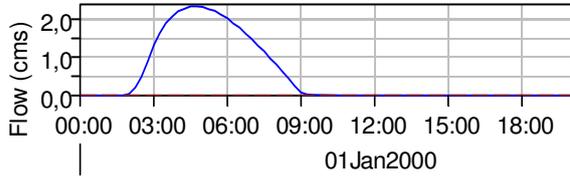
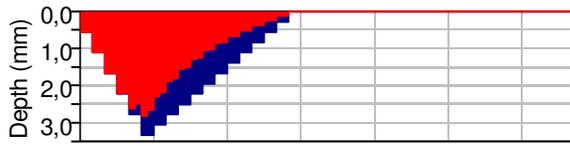
- Run:T\_25\_ Element:LA\_ROMANA Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:T13 Result:Outflow
- ..... Run:T\_25\_ Element:S10 Result:Outflow

Reach "T12" Results for Run "T\_25\_"



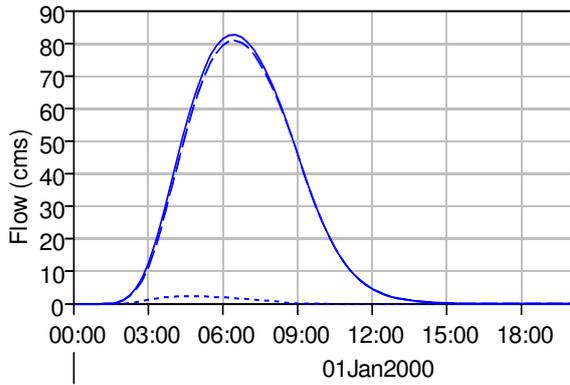
- Run:T\_25\_ Element:T12 Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:T12 Result:Combined Inflow

Subbasin "S11" Results for Run "T\_25\_"



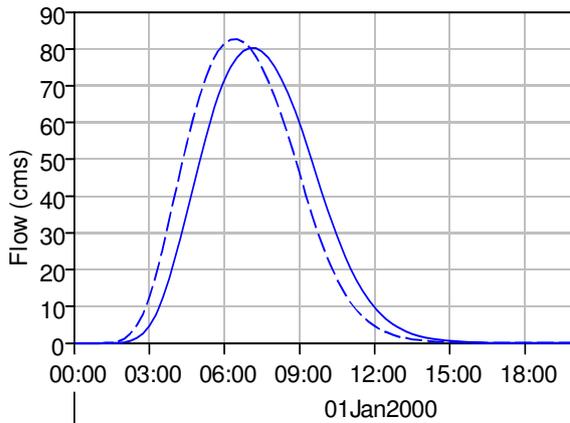
- Run:T\_25\_ Element:S11 Result:Precipitation
- Run:T\_25\_ Element:S11 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_25\_ Element:S11 Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:S11 Result:Baseflow

Junction "BELTRANS" Results for Run "T\_25\_"



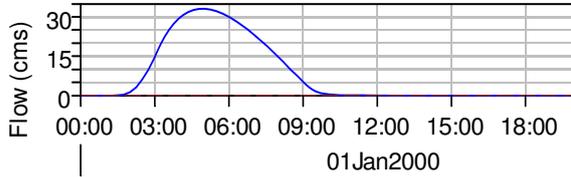
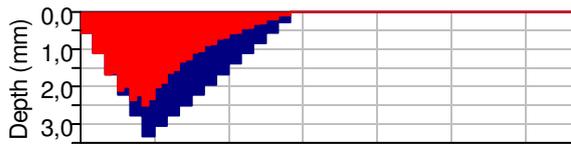
- Run:T\_25\_ Element:BELTRANS Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:T12 Result:Outflow
- · · Run:T\_25\_ Element:S11 Result:Outflow

Reach "T11" Results for Run "T\_25\_"



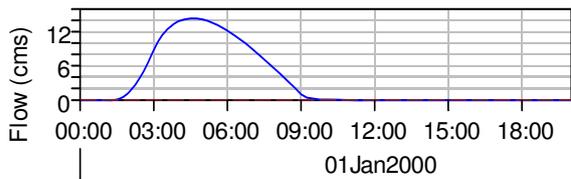
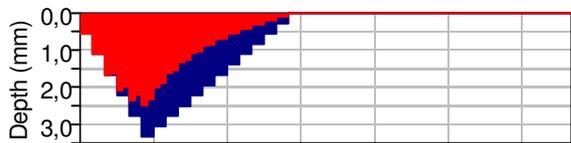
- Run:T\_25\_ Element:T11 Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:T11 Result:Combined Inflow

Subbasin "S12" Results for Run "T\_25\_"



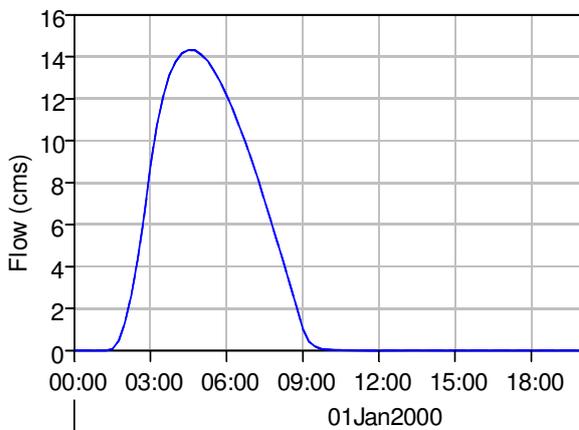
- Run:T\_25\_ Element:S12 Result:Precipitation
- Run:T\_25\_ Element:S12 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_25\_ Element:S12 Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:S12 Result:Baseflow

Subbasin "S13" Results for Run "T\_25\_"



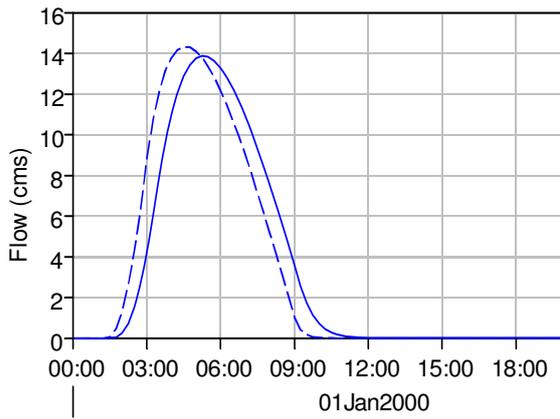
- Run:T\_25\_ Element:S13 Result:Precipitation
- Run:T\_25\_ Element:S13 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_25\_ Element:S13 Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:S13 Result:Baseflow

Junction "SOLANA ALTA" Results for Run "T\_25\_"



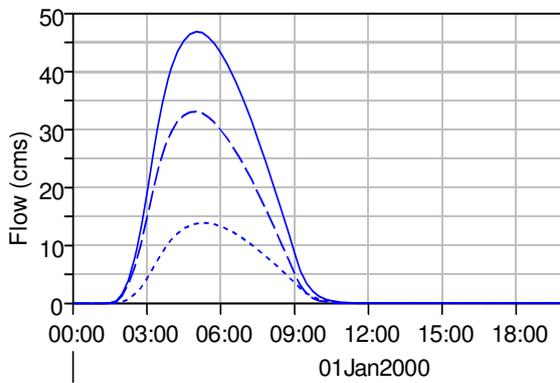
- Run:T\_25\_ Element:SOLANA ALTA Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:S13 Result:Outflow

Reach "T10" Results for Run "T\_25\_"



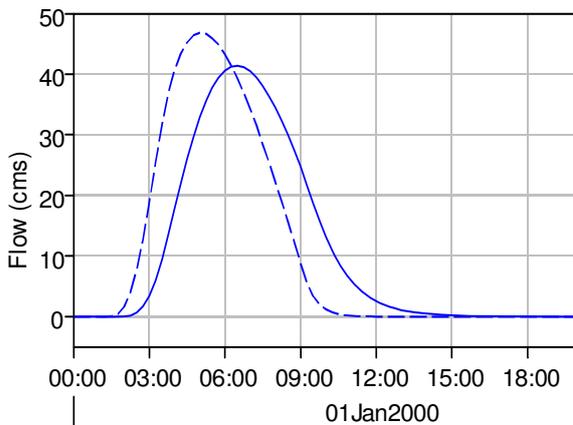
- Run:T\_25\_ Element:T10 Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:T10 Result:Combined Inflow

Junction "POMARES" Results for Run "T\_25\_"



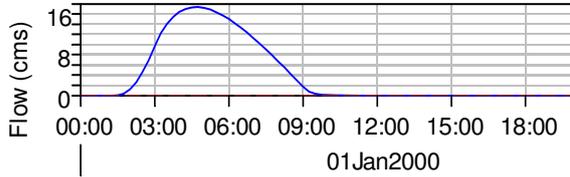
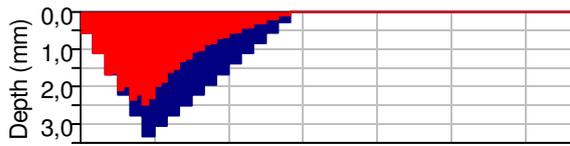
- Run:T\_25\_ Element:POMARES Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:S12 Result:Outflow
- ... Run:T\_25\_ Element:T10 Result:Outflow

Reach "T9" Results for Run "T\_25\_"



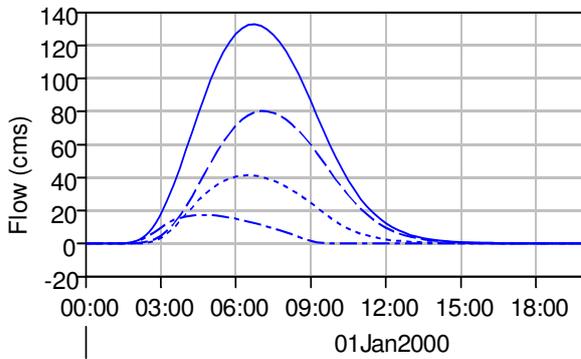
- Run:T\_25\_ Element:T9 Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:T9 Result:Combined Inflow

### Subbasin "S5" Results for Run "T\_25\_"



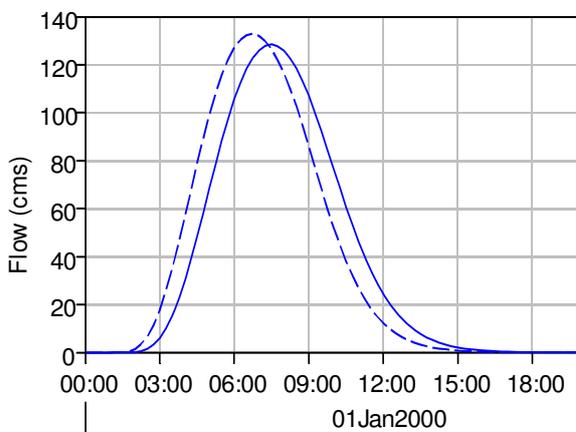
- Run:T\_25\_ Element:S5 Result:Precipitation
- Run:T\_25\_ Element:S5 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_25\_ Element:S5 Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:S5 Result:Baseflow

### Junction "Glacis\_Rio\_Tarafa" Results for Run "



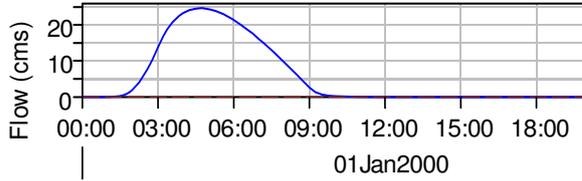
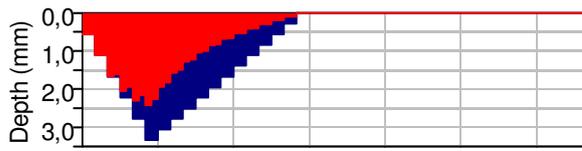
- Run:T\_25\_ Element:GLACIS\_RIO\_TARAF A Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:T11 Result:Outflow
- ..... Run:T\_25\_ Element:T9 Result:Outflow
- . - . Run:T\_25\_ Element:S5 Result:Outflow

### Reach "T8" Results for Run "T\_25\_"



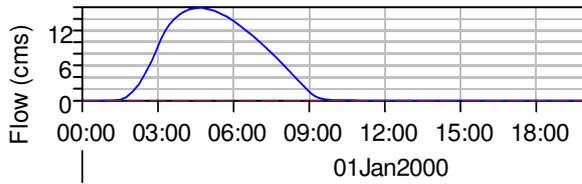
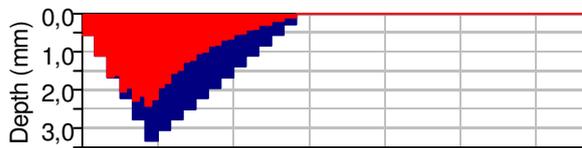
- Run:T\_25\_ Element:T8 Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:T8 Result:Combined Inflow

### Subbasin "S9" Results for Run "T\_25\_"



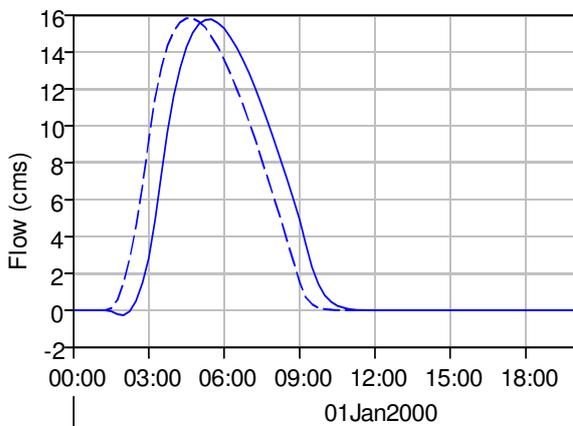
- Run:T\_25\_ Element:S9 Result:Precipitation
- Run:T\_25\_ Element:S9 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_25\_ Element:S9 Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:S9 Result:Baseflow

### Subbasin "S8" Results for Run "T\_25\_"



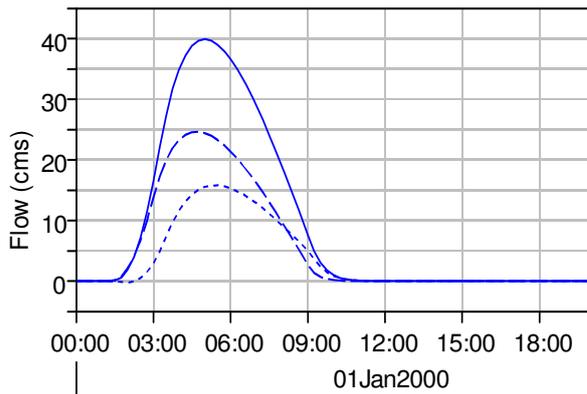
- Run:T\_25\_ Element:S8 Result:Precipitation
- Run:T\_25\_ Element:S8 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_25\_ Element:S8 Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:S8 Result:Baseflow

### Reach "T7" Results for Run "T\_25\_"



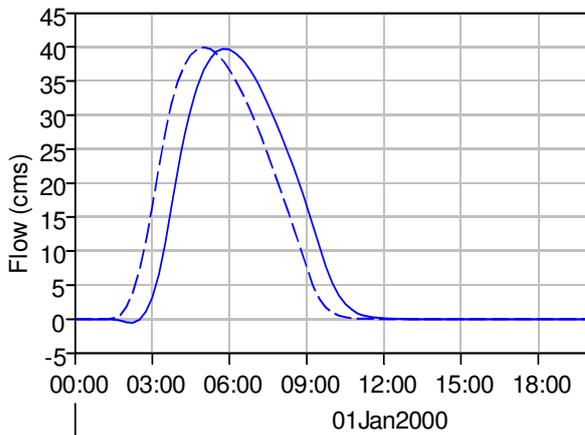
- Run:T\_25\_ Element:T7 Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:T7 Result:Combined Inflow

Junction "CANALOSA" Results for Run "T\_2"



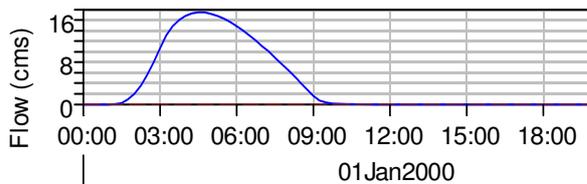
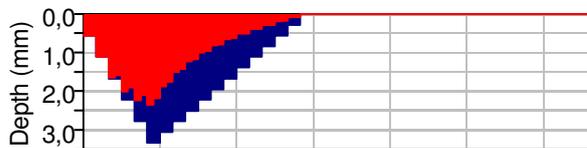
- Run:T\_25\_ Element:CANALOSA Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:S9 Result:Outflow
- · · Run:T\_25\_ Element:T7 Result:Outflow

Reach "T6" Results for Run "T\_25\_"



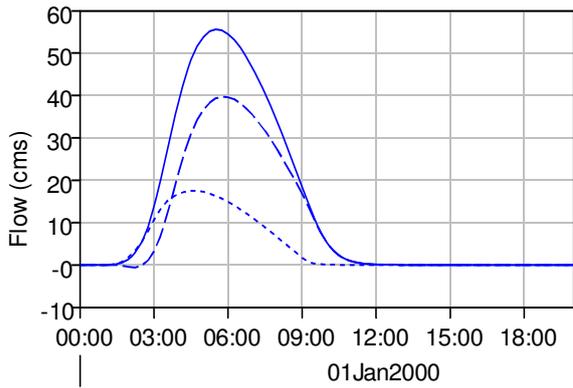
- Run:T\_25\_ Element:T6 Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:T6 Result:Combined Inflow

Subbasin "S7" Results for Run "T\_25\_"



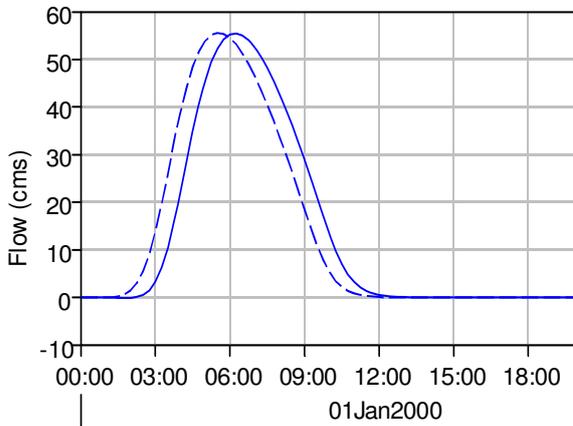
- Run:T\_25\_ Element:S7 Result:Precipitation
- Run:T\_25\_ Element:S7 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_25\_ Element:S7 Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:S7 Result:Baseflow

Junction "LA\_ALGUASTA" Results for Run "T"



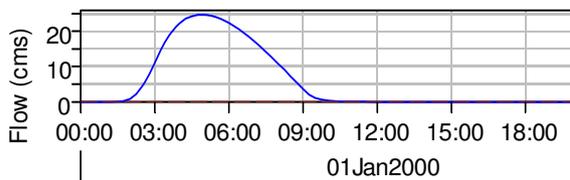
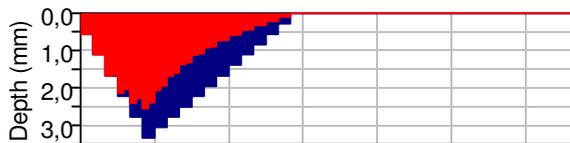
- Run:T\_25\_ Element:LA\_ALGUASTA Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:T6 Result:Outflow
- ... Run:T\_25\_ Element:S7 Result:Outflow

Reach "T5" Results for Run "T\_25\_"



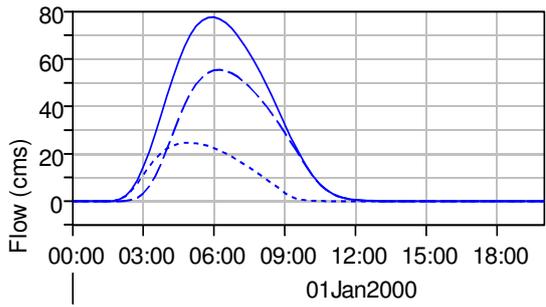
- Run:T\_25\_ Element:T5 Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:T5 Result:Combined Inflow

Subbasin "S6" Results for Run "T\_25\_"



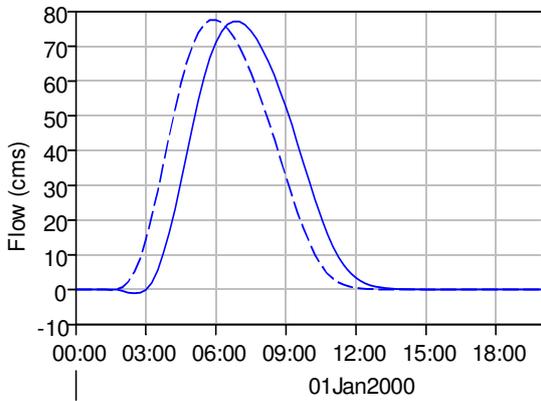
- Run:T\_25\_ Element:S6 Result:Precipitation
- Run:T\_25\_ Element:S6 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_25\_ Element:S6 Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:S6 Result:Baseflow

Junction "HONDON\_DE\_LAS\_NIEVES" Results for Run "T\_25\_"



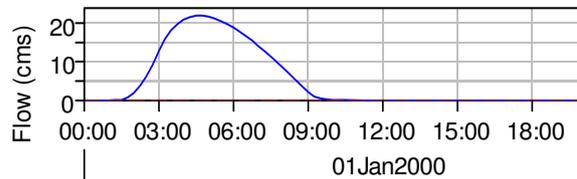
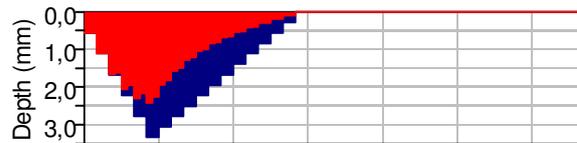
- Run:T\_25\_ Element:HONDON\_DE\_LAS\_NIEVES Result:Out
- - - Run:T\_25\_ Element:T5 Result:Out
- · · Run:T\_25\_ Element:S6 Result:Out

Reach "T4" Results for Run "T\_25\_"



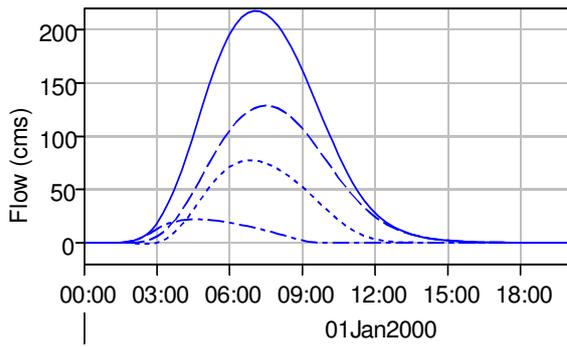
- Run:T\_25\_ Element:T4 Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:T4 Result:Combined Inflow

Subbasin "S4" Results for Run "T\_25\_"



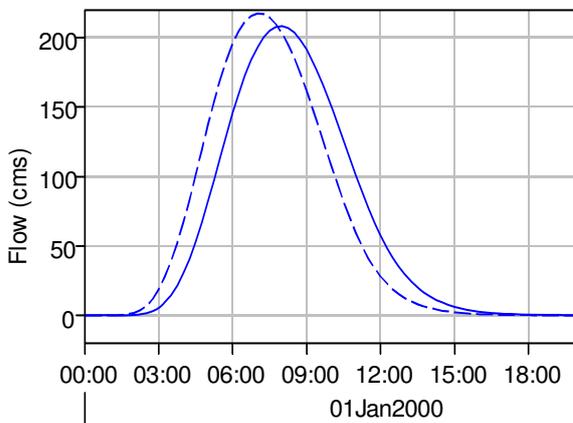
- Run:T\_25\_ Element:S4 Result:Precipitation
- Run:T\_25\_ Element:S4 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_25\_ Element:S4 Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:S4 Result:Baseflow

Junction "ASPE\_Ag\_arriba" Results for Run "T"



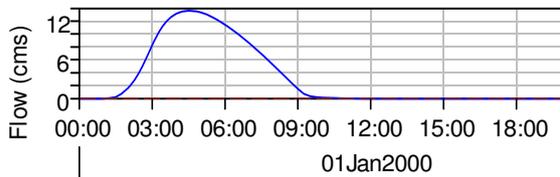
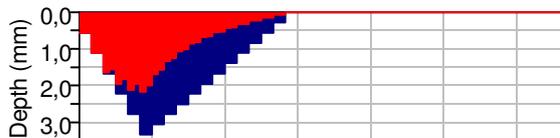
- Run:T\_25\_ Element:ASPE\_AG\_ARRIBA Result:Out
- - - Run:T\_25\_ Element:T8 Result:Outflow
- ... Run:T\_25\_ Element:T4 Result:Outflow
- . - Run:T\_25\_ Element:S4 Result:Outflow

Reach "T3" Results for Run "T\_25\_"



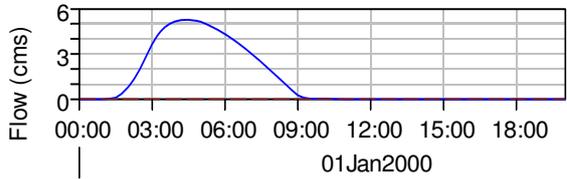
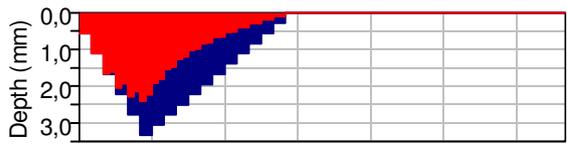
- Run:T\_25\_ Element:T3 Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:T3 Result:Combined Inflow

Subbasin "S2" Results for Run "T\_25\_"



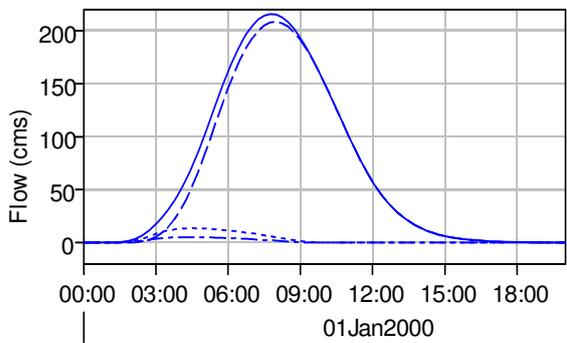
- Run:T\_25\_ Element:S2 Result:Precipitation
- Run:T\_25\_ Element:S2 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_25\_ Element:S2 Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:S2 Result:Baseflow

Subbasin "S3" Results for Run "T\_25\_"



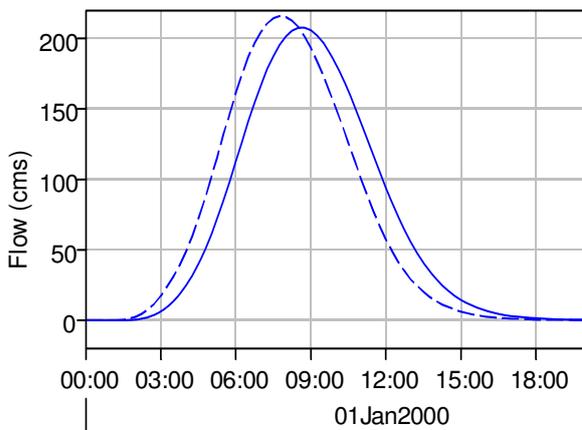
- Run:T\_25\_ Element:S3 Result:Precipitation
- Run:T\_25\_ Element:S3 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_25\_ Element:S3 Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:S3 Result:Baseflow

Junction "ASPE\_CIUADAD" Results for Run "T\_25\_"



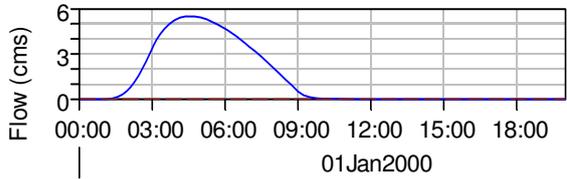
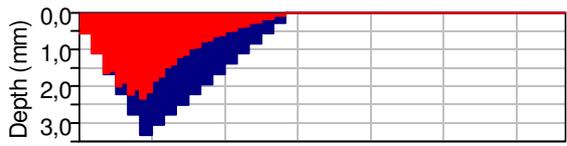
- Run:T\_25\_ Element:ASPE\_CIUADAD Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:T3 Result:Outflow
- · · Run:T\_25\_ Element:S2 Result:Outflow
- · - Run:T\_25\_ Element:S3 Result:Outflow

Reach "T2" Results for Run "T\_25\_"



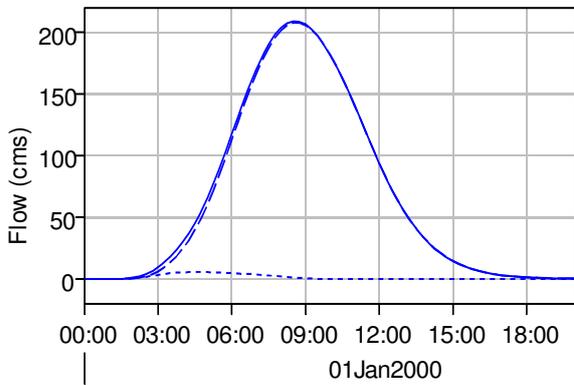
- Run:T\_25\_ Element:T2 Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:T2 Result:Combined Inflow

Subbasin "S1" Results for Run "T\_25\_"



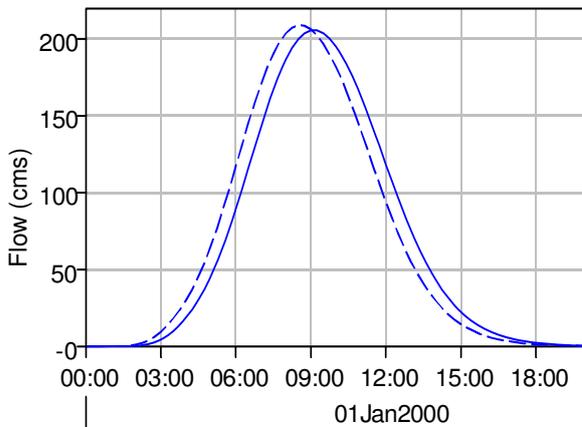
- Run:T\_25\_ Element:S1 Result:Precipitation
- Run:T\_25\_ Element:S1 Result:Precipitation Loss
- Run:T\_25\_ Element:S1 Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:S1 Result:Baseflow

Junction "ASPE\_Ag\_abajo" Results for Run "T\_25\_"



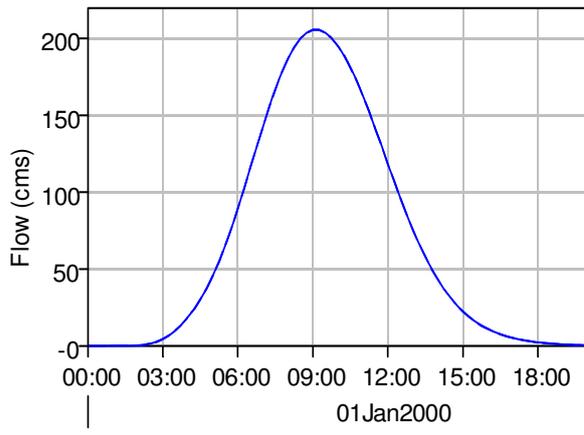
- Run:T\_25\_ Element:ASPE\_AG\_ABAJO Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:T2 Result:Outflow
- . . . Run:T\_25\_ Element:S1 Result:Outflow

Reach "T1" Results for Run "T\_25\_"



- Run:T\_25\_ Element:T1 Result:Outflow
- - - Run:T\_25\_ Element:T1 Result:Combined Inflow

Sink "VINALOPO" Results for Run "T\_25\_



— Run:T\_25\_ Element:VINALOPO Result:Outflow  
- - - Run:T\_25\_ Element:T1 Result:Outflow



## **HIDROGRAMAS DE ENTRADA EN EL MODELO 2D**

A continuación se exponen los hidrogramas de entrada en el modelo 2D:

### **HIDROGRAMA DE ENTRADA AL MODELO 2D. T = 500 AÑOS.**

<b>Tiempo</b>	<b>Romana</b>	<b>Vinalopó</b>	<b>Delicias</b>	<b>S1 (Sastre)</b>	<b>S4</b>	<b>S3</b>	<b>S2</b>
00::00:00	0	0	0	0	0	0	0
00::00:15	50.8	6.3	40.1	6.5	25.2	7.6	15.5
00::00:30	76.2	11	59.9	9	35.3	10.2	21.3
00::00:45	108.7	17.6	84.7	11.7	46.5	13.1	27.6
00::01:00	146.3	26.7	112.9	14.7	58.7	16	34.4
00::01:15	187	38.6	141.3	17	68.5	17.6	40
00::01:30	230	53.4	169.2	18.3	74.2	18.5	43.3
00::01:45	273.4	71.2	196.3	19	77.3	18.8	45
00::02:00	315.9	91.9	221.1	19.3	78.5	18.8	45.6
00::02:15	356	115.8	241.8	19.2	78.5	18.6	45.4
00::02:30	393	143.4	257.8	18.9	77.4	18.2	44.6
00::02:45	425.8	174.8	268.5	18.4	75.7	17.6	43.5
00::03:00	454.1	210.3	274.5	17.8	73.2	16.9	41.9
00::03:15	477.2	249.8	275.9	17.1	70.4	16.2	40.2
00::03:30	495.2	293	273.9	16.3	67.1	15.4	38.3
00::03:45	507.9	339.5	268.5	15.4	63.7	14.5	36.3
00::04:00	515.7	388.3	260.9	14.5	59.9	13.6	34.1
00::04:15	518.4	438.4	251	13.5	56	12.6	31.9
00::04:30	516.7	488.7	239.7	12.5	51.9	11.6	29.5
00::04:45	510.6	537.7	226.8	11.5	47.7	10.6	27.2
00::05:00	500.6	584.3	213.1	10.5	43.3	9.5	24.7
00::05:15	486.8	627.3	198.3	9.4	38.9	8.4	22.2
00::05:30	469.9	665.8	183	8.3	34.3	7.4	19.7
00::05:45	449.9	698.9	166.9	7.2	29.8	6.3	17.1
00::06:00	427.2	726.2	150.6	6.1	25.1	5.2	14.5
00::06:15	402.1	747.1	133.6	4.9	20.5	4	12
00::06:30	375.4	761.5	116.9	3.8	15.7	2.9	9.3
00::06:45	347.7	769.4	100.7	2.8	11.7	2.2	7.1
00::07:00	319.7	770.9	85.4	2.1	8.6	1.5	5.2
00::07:15	292.1	766.3	71.2	1.5	6.2	1.1	3.8
00::07:30	265.2	756.1	58.3	1.1	4.7	0.9	2.8
00::07:45	239.5	740.8	46.8	0.8	3.5	0.6	2.1
00::08:00	215.1	720.7	36.9	0.6	2.6	0.5	1.6
00::08:15	192.3	696.4	28.7	0.4	1.8	0.3	1.1
00::08:30	171.1	668.5	22	0.3	1.3	0.2	0.8
00::08:45	151.4	637.5	16.7	0.2	0.9	0.1	0.5
00::09:00	133.1	604	12.6	0.1	0.6	0.1	0.4
00::09:15	116.3	568.6	9.3	0.1	0.4	0.1	0.3
00::09:30	101	532	6.9	0.1	0.3	0	0.2

Tiempo	Romana	Vinalopó	Delicias	S1 (Sastre)	S4	S3	S2
00::09:45	87	494.6	5	0	0.2	0	0.1
00::10:00	74.4	457.2	3.6	0	0.1	0	0.1
00::10:15	63.2	420.1	2.5	0	0	0	0
00::10:30	53.3	384	1.8	0	0	0	0
00::10:45	44.7	349.1	1.2	0	0	0	0
00::11:00	37.2	315.8	0.8	0	0	0	0
00::11:15	30.8	284.3	0.6	0	0	0	0
00::11:30	25.3	254.7	0.4	0	0	0	0
00::11:45	20.7	227.1	0.2	0	0	0	0
00::12:00	16.9	201.7	0.1	0	0	0	0
00::12:15	13.7	178.3	0.1	0	0	0	0
00::12:30	11	156.9	0.1	0	0	0	0
00::12:45	8.9	137.6	0	0	0	0	0
00::13:00	7.1	120.1	0	0	0	0	0
00::13:15	5.6	104.4	0	0	0	0	0
00::13:30	4.5	90.4	0	0	0	0	0
00::13:45	3.5	77.9	0	0	0	0	0
00::14:00	0	66.9	0	0	0	0	0
00::14:15	0	0	0	0	0	0	0

**HIDROGRAMA DE ENTRADA AL MODELO 2D. T = 100 AÑOS.**

Tiempo	Romana	Vinalopó	Delicias	S1 (Sastre)	S4	S3	S2
00::00:00	0	0	0	0	0	0	0
00::00:15	11.845	1.981	9.145	2.917	10.863	3.4	7.09
00::00:30	20.326	3.685	16.075	4.229	16.127	4.8	10.229
00::00:45	32.086	6.221	25.535	5.736	22.229	6.4	13.794
00::01:00	47.725	9.812	37.984	7.438	29.172	8.2	17.801
00::01:15	66.33	14.695	52.632	8.854	35.028	9.2	21.276
00::01:30	86.997	20.978	67.928	9.757	38.859	9.9	23.547
00::01:45	109.275	28.724	83.475	10.327	41.353	10.2	24.959
00::02:00	132.17	38.063	99.012	10.628	42.741	10.4	25.679
00::02:15	154.933	49.183	113.754	10.746	43.374	10.4	25.94
00::02:30	176.763	62.302	126.589	10.699	43.315	10.3	25.792
00::02:45	197.084	77.61	137.094	10.546	42.804	10	25.387
00::03:00	215.302	95.241	144.808	10.281	41.82	9.8	24.716
00::03:15	231.086	115.234	149.963	9.952	40.555	9.4	23.899
00::03:30	244.103	137.504	152.529	9.544	38.954	9	22.895
00::03:45	254.273	161.805	153.005	9.098	37.188	8.5	21.812
00::04:00	261.471	187.733	151.461	8.593	35.166	8	20.593
00::04:15	265.806	214.738	148.412	8.067	33.047	7.5	19.333
00::04:30	267.299	242.169	143.88	7.493	30.725	6.9	17.966
00::04:45	266.169	269.32	138.327	6.91	28.355	6.3	16.584
00::05:00	262.513	295.481	131.699	6.288	25.819	5.7	15.113
00::05:15	256.599	319.98	124.398	5.664	23.27	5.1	13.644
00::05:30	248.543	342.224	116.309	5.007	20.581	4.4	12.102
00::05:45	238.622	361.71	107.787	4.354	17.905	3.8	10.573
00::06:00	226.947	378.049	98.673	3.673	15.111	3.1	8.98
00::06:15	213.78	390.953	89.296	3.001	12.348	2.4	7.41
00::06:30	199.21	400.246	79.465	2.304	9.485	1.8	5.785
00::06:45	183.478	405.838	69.492	1.62	6.669	1.3	4.19
00::07:00	166.649	407.728	59.169	0.915	3.767	0.9	2.546
00::07:15	149.575	405.991	49.177	0.424	1.744	0.7	1.3
00::07:30	132.861	400.839	40.124	0.198	0.815	0.5	0.647
00::07:45	116.684	392.556	32.013	0.09	0.372	0.3	0.317
00::08:00	101.44	381.418	24.583	0.04	0.165	0.2	0.153
00::08:15	87.355	367.714	18.126	0.017	0.07	0.2	0.071
00::08:30	74.56	351.744	12.865	0.006	0.026	0.1	0.032
00::08:45	63.113	333.838	8.824	0.002	0.008	0.1	0.012
00::09:00	53.011	314.345	5.873	0	0	0.1	0.004
00::09:15	44.21	293.625	3.807	0	0	0	0
00::09:30	36.628	272.051	2.412	0	0	0	0
00::09:45	30.163	250.008	1.497	0	0	0	0
00::10:00	24.702	227.884	0.913	0	0	0	0
00::10:15	20.131	206.052	0.547	0	0	0	0

Tiempo	Romana	Vinalopó	Delicias	S1 (Sastre)	S4	S3	S2
00::10:30	16.331	184.854	0.324	0	0	0	0
00::10:45	13.195	164.586	0.189	0	0	0	0
00::11:00	10.621	145.485	0.11	0	0	0	0
00::11:15	8.521	127.721	0.063	0	0	0	0
00::11:30	6.815	111.404	0.036	0	0	0	0
00::11:45	5.436	96.585	0.02	0	0	0	0
00::12:00	4.325	83.263	0.011	0	0	0	0
00::12:15	3.433	71.399	0.006	0	0	0	0
00::12:30	2.719	60.923	0.004	0	0	0	0
00::12:45	2.15	51.744	0.002	0	0	0	0
00::13:00	1.697	43.758	0.001	0	0	0	0
00::13:15	1.337	36.855	0.001	0	0	0	0
00::13:30	1.052	30.922	0	0	0	0	0
00::13:45	0.827	25.851	0	0	0	0	0
00::14:00	0.649	21.538	0	0	0	0	0
00::14:15	0	0	0	0	0	0	0

**HIDROGRAMA DE ENTRADA AL MODELO 2D. T = 25 AÑOS.**

Tiempo	Romana	Vinalopó	Delicias	S1 (Sastre)	S4	S3	S2
00::00:00	0	0	0	0	0	0	0
00::00:15	3.37	0.644	2.324	1.092	3.768	1.31	2.739
00::00:30	6.537	1.396	4.973	1.716	6.213	1.973	4.265
00::00:45	11.228	2.605	8.865	2.467	9.195	2.792	6.08
00::01:00	17.772	4.384	14.293	3.344	12.719	3.692	8.197
00::01:15	25.839	6.851	21.024	4.118	15.873	4.301	10.133
00::01:30	35.106	10.046	28.378	4.666	18.163	4.732	11.529
00::01:45	45.413	13.947	36.15	5.055	19.827	5.007	12.508
00::02:00	56.344	18.56	44.173	5.305	20.934	5.187	13.125
00::02:15	67.565	23.936	52.055	5.455	21.631	5.264	13.485
00::02:30	78.676	30.163	59.22	5.51	21.938	5.282	13.604
00::02:45	89.361	37.336	65.397	5.5	21.969	5.223	13.56
00::03:00	99.271	45.549	70.287	5.42	21.712	5.127	13.345
00::03:15	108.184	54.862	73.934	5.297	21.269	4.973	13.027
00::03:30	115.861	65.288	76.261	5.122	20.611	4.795	12.584
00::03:45	122.199	76.765	77.472	4.919	19.83	4.57	12.077
00::04:00	127.073	89.155	77.565	4.676	18.879	4.332	11.475
00::04:15	130.486	102.235	76.782	4.415	17.848	4.055	10.833
00::04:30	132.404	115.725	75.12	4.121	16.681	3.772	10.116
00::04:45	132.906	129.297	72.814	3.817	15.465	3.457	9.378
00::05:00	132.01	142.606	69.833	3.487	14.138	3.141	8.578
00::05:15	129.838	155.308	66.393	3.151	12.787	2.798	7.769
00::05:30	126.438	167.084	62.437	2.794	11.345	2.458	6.911
00::05:45	121.948	177.648	58.162	2.436	9.896	2.095	6.052
00::06:00	116.42	186.762	53.488	2.059	8.37	1.737	5.151
00::06:15	109.996	194.235	48.599	1.685	6.852	1.361	4.258
00::06:30	102.725	199.93	43.404	1.296	5.27	0.992	3.328
00::06:45	94.743	203.755	38.076	0.912	3.709	0.608	2.413
00::07:00	86.092	205.666	32.51	0.515	2.096	0.234	1.467
00::07:15	77.248	205.663	27.083	0.238	0.97	0.085	0.749
00::07:30	68.551	203.831	22.14	0.111	0.453	0.03	0.373
00::07:45	60.108	200.319	17.691	0.051	0.207	0.01	0.183
00::08:00	52.14	195.27	13.601	0.023	0.092	0.003	0.088
00::08:15	44.775	188.824	10.037	0.01	0.039	0	0.041
00::08:30	38.087	181.126	7.129	0.004	0.014	0	0.018
00::08:45	32.112	172.338	4.892	0.001	0.004	0	0.007
00::09:00	26.851	162.633	3.258	0	0	0	0.002
00::09:15	22.282	152.199	2.112	0	0	0	0
00::09:30	18.36	141.231	1.339	0	0	0	0
00::09:45	15.032	129.938	0.831	0	0	0	0
00::10:00	12.236	118.531	0.507	0	0	0	0
00::10:15	9.909	107.218	0.304	0	0	0	0

<b>Tiempo</b>	<b>Romana</b>	<b>Vinalopó</b>	<b>Delicias</b>	<b>S1 (Sastre)</b>	<b>S4</b>	<b>S3</b>	<b>S2</b>
00::10:30	7.988	96.19	0.18	0	0	0	0
00::10:45	6.413	85.614	0.105	0	0	0	0
00::11:00	5.13	75.625	0.061	0	0	0	0
00::11:15	4.091	66.323	0.035	0	0	0	0
00::11:30	3.253	57.772	0.02	0	0	0	0
00::11:45	2.581	50.005	0.011	0	0	0	0
00::12:00	2.043	43.025	0.006	0	0	0	0
00::12:15	1.614	36.814	0.004	0	0	0	0
00::12:30	1.274	31.337	0.002	0	0	0	0
00::12:45	1.004	26.546	0.001	0	0	0	0
00::13:00	0.79	22.385	0.001	0	0	0	0
00::13:15	0.621	18.798	0	0	0	0	0
00::13:30	0.488	15.722	0	0	0	0	0
00::13:45	0.383	13.101	0	0	0	0	0
00::14:00	0.301	10.879	0	0	0	0	0
00::14:15	0	0	0	0	0	0	0

## **ANEJO 2. ESTUDIO HIDRÁULICO**

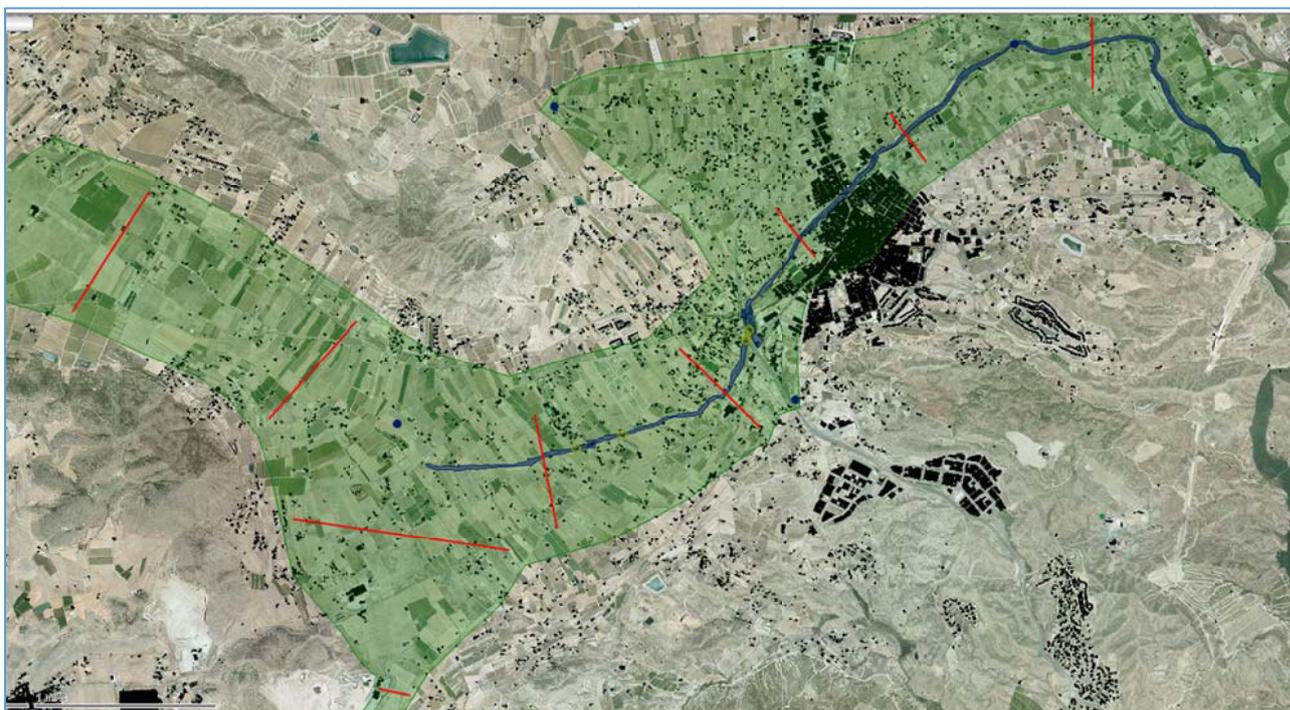
### **RESULTADOS DEL MODELO HIDRÁULICO. T = 500 AÑOS.**



### **RESULTADOS DEL MODELO HIDRÁULICO. T = 500 AÑOS.**

A continuación se muestra la evolución temporal de calados máximos, velocidades máximas y la máxima lámina de agua en las secciones transversales representadas, nombradas de aguas arriba a aguas abajo como:

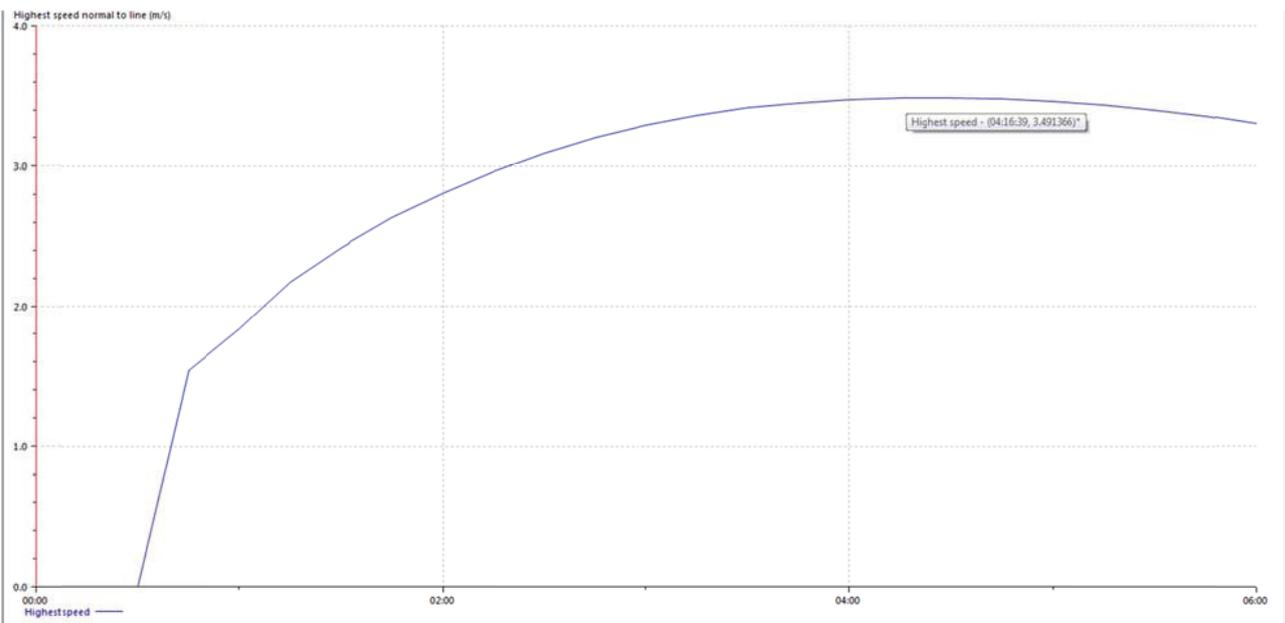
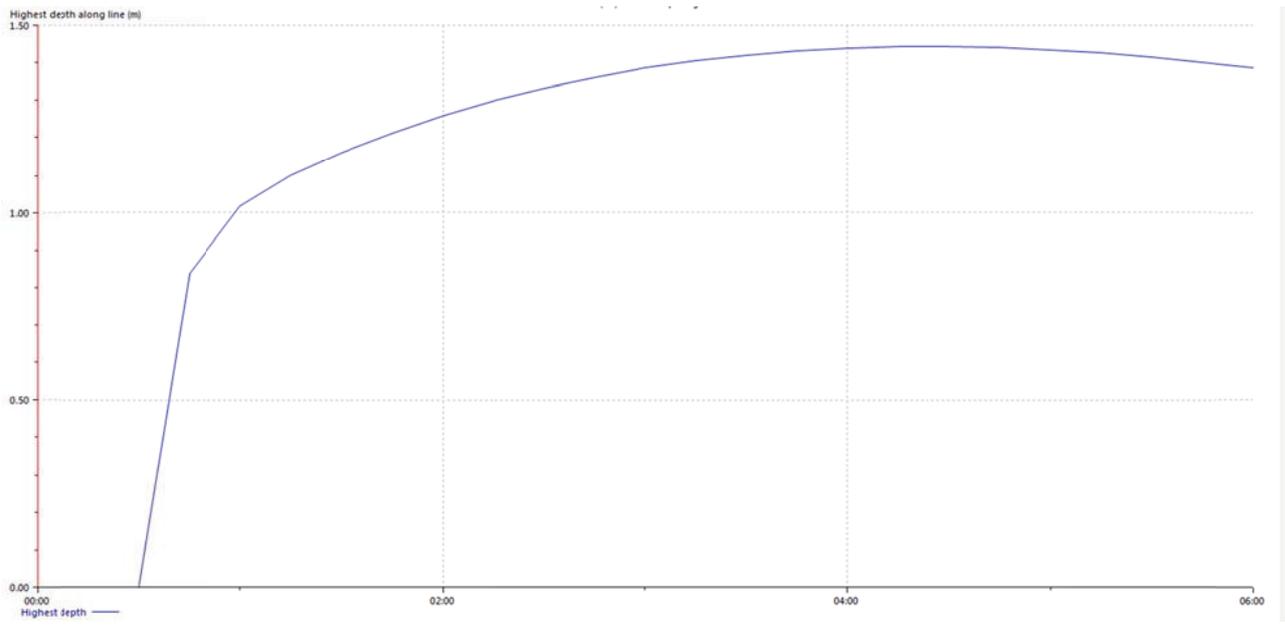
- Romana 1
- Romana 2
- Delicias 1
- Delicias 2
- Tarafa 1
- Tarafa 2
- Tarafa 3
- Tarafa 4
- Tarafa 5

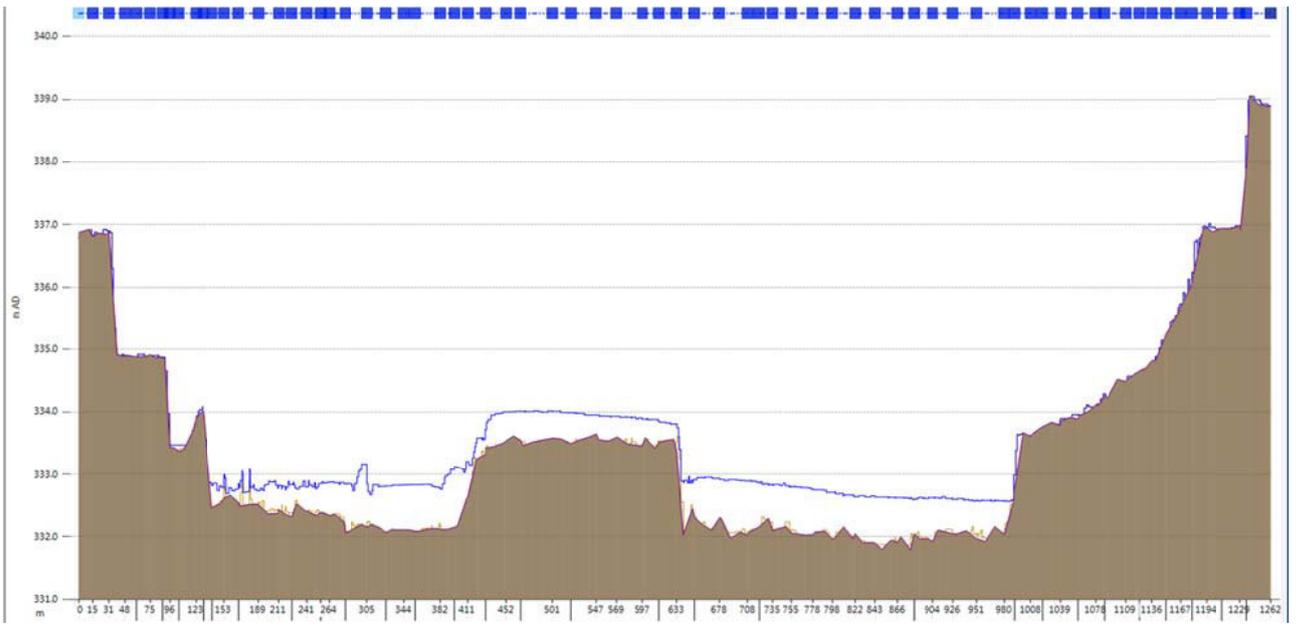


Estos resultados se pueden ver en su totalidad en los mapas de calados y velocidades máximas elaborados para este periodo de retorno y para el resto de periodos de retorno simulados.

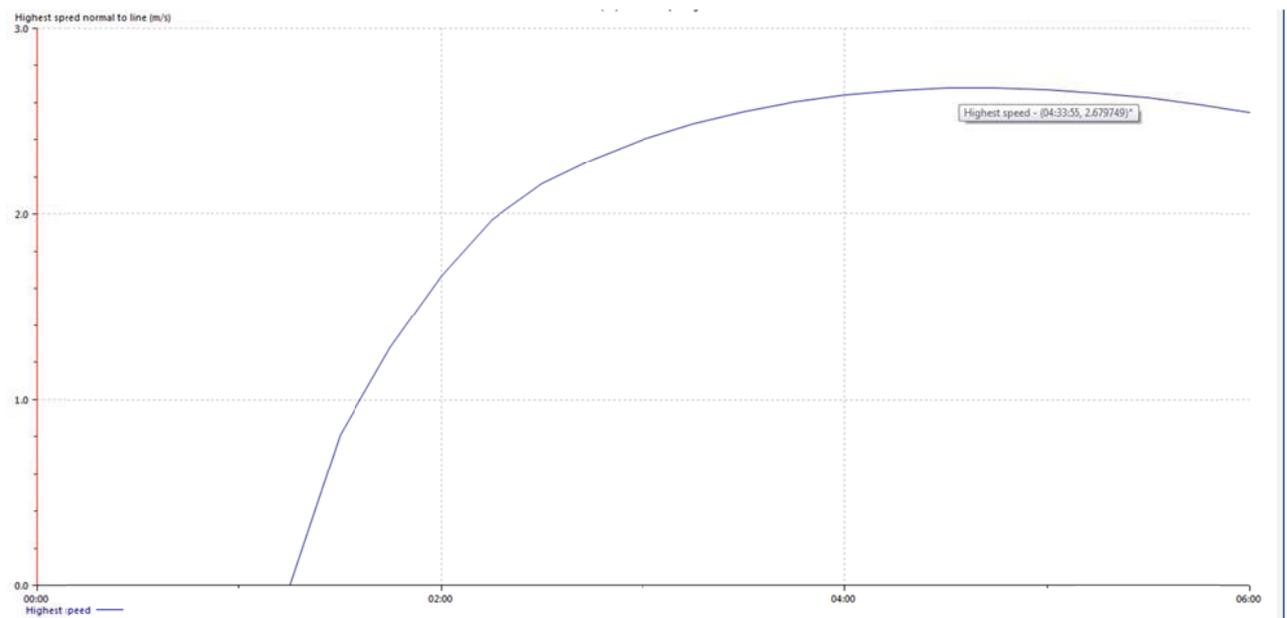
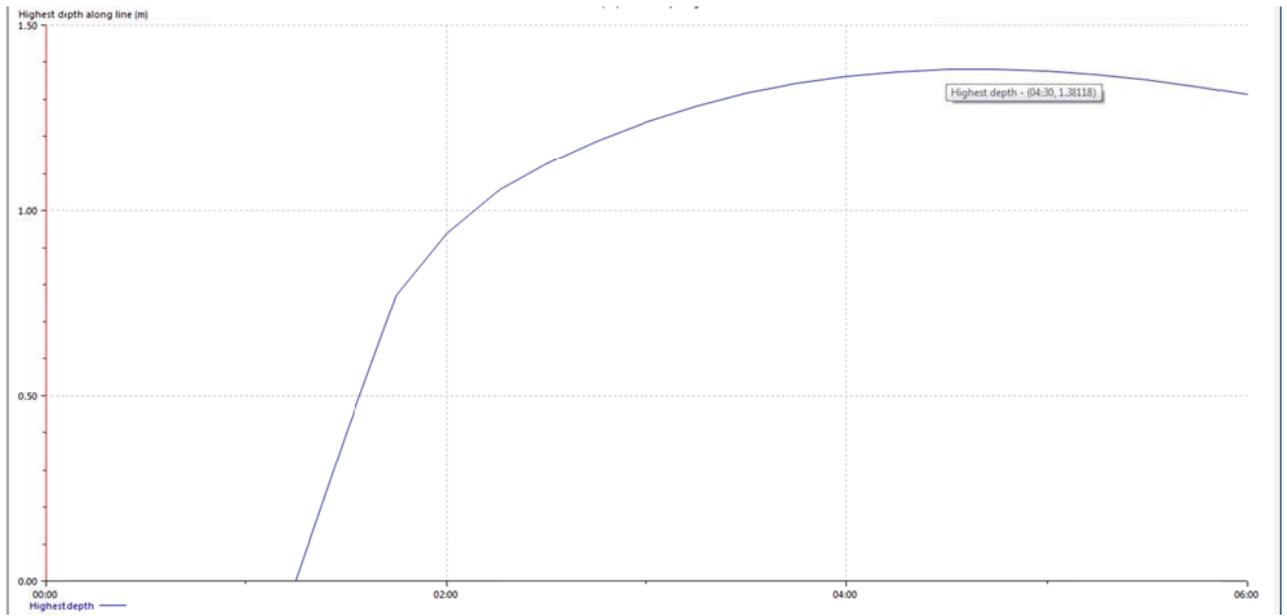


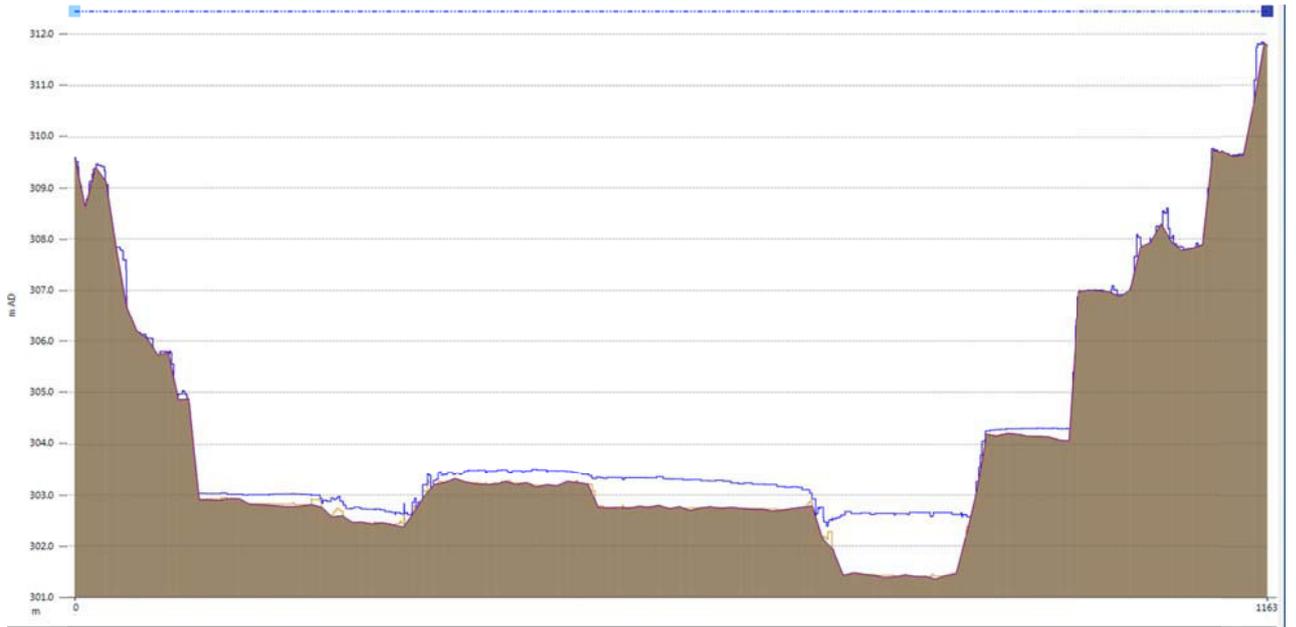
# Romana 1



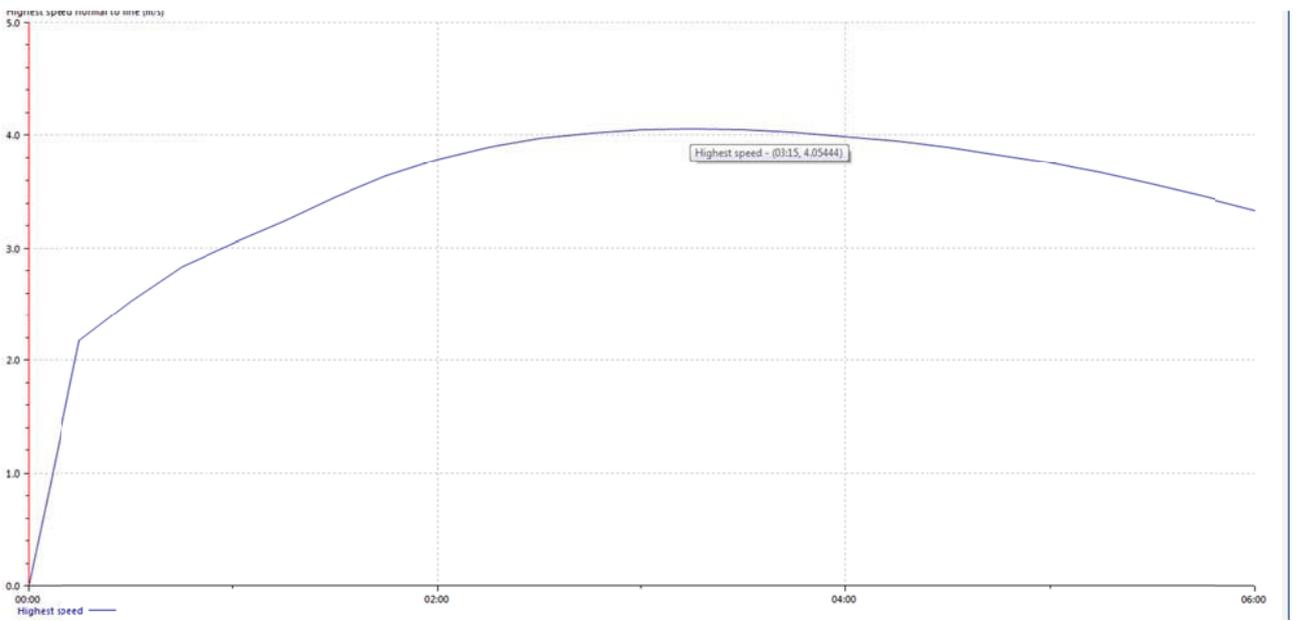
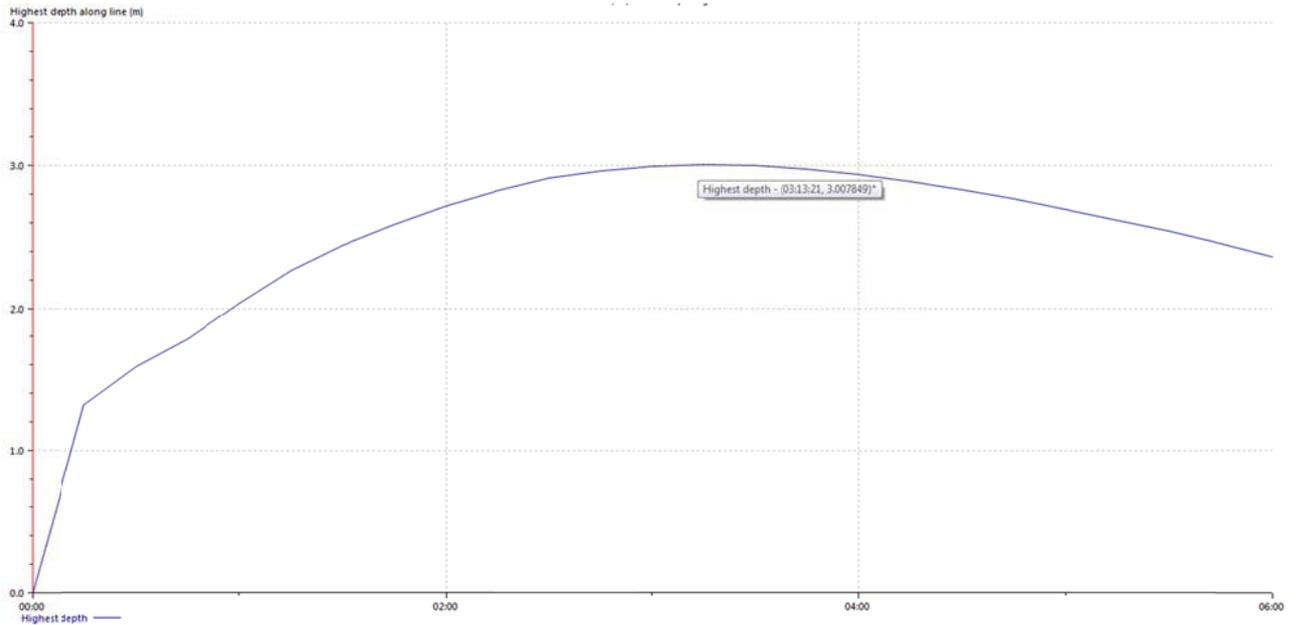


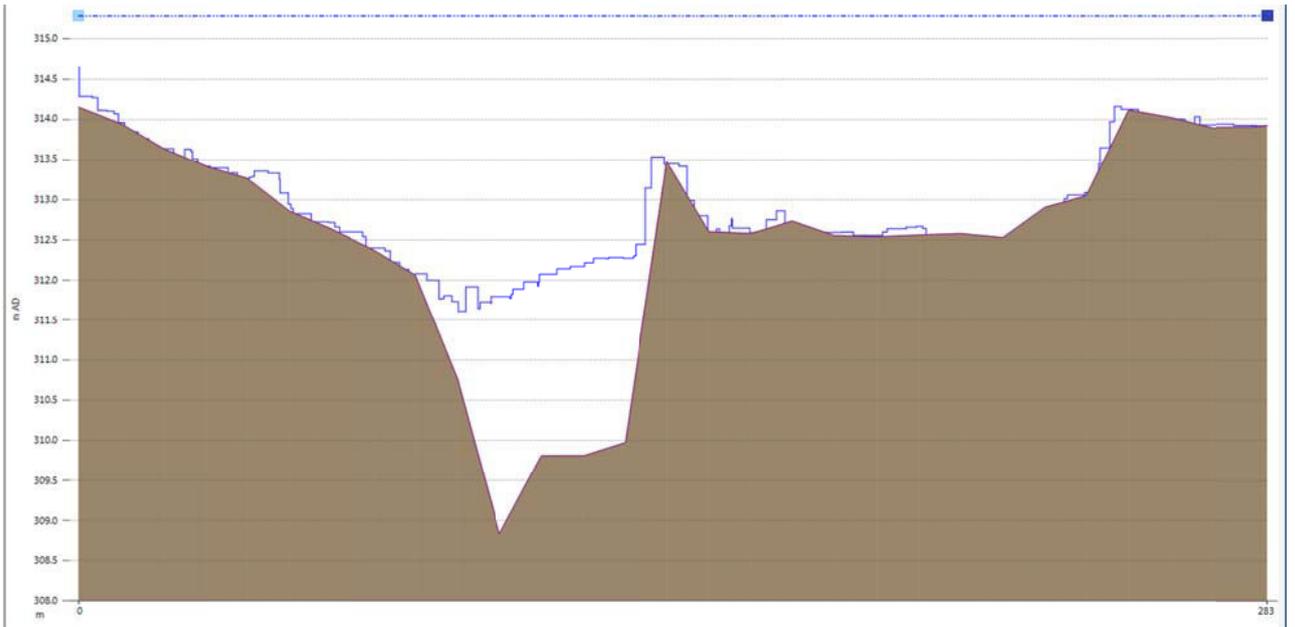
## Romana 2



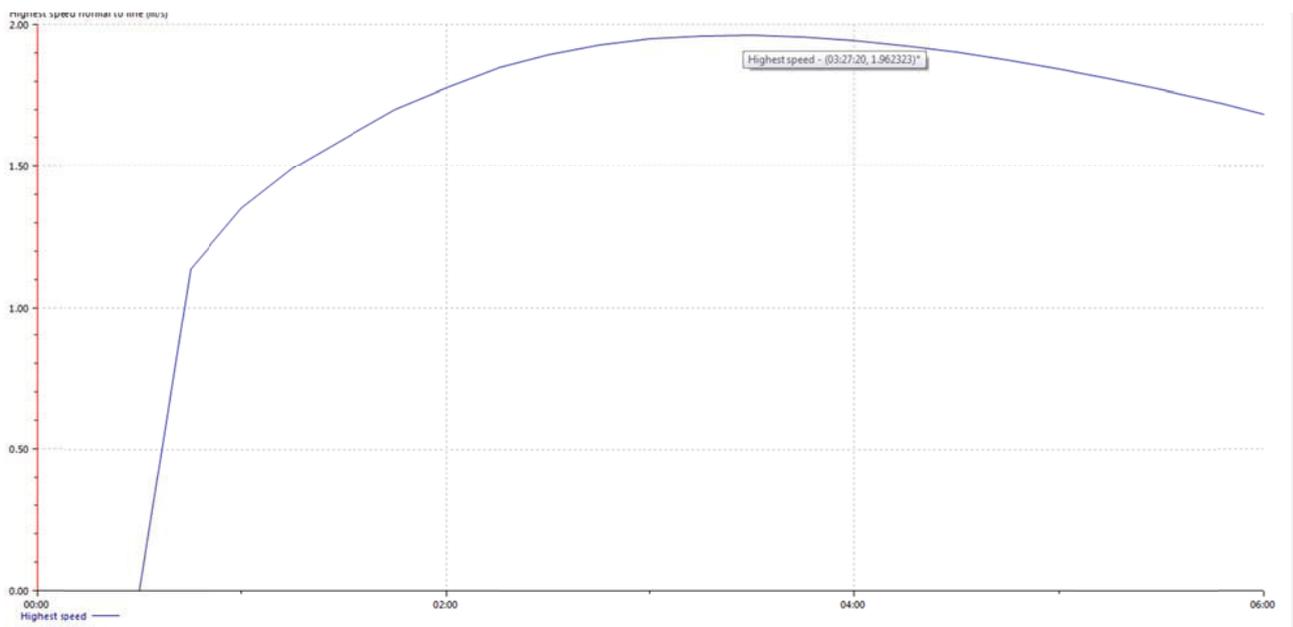
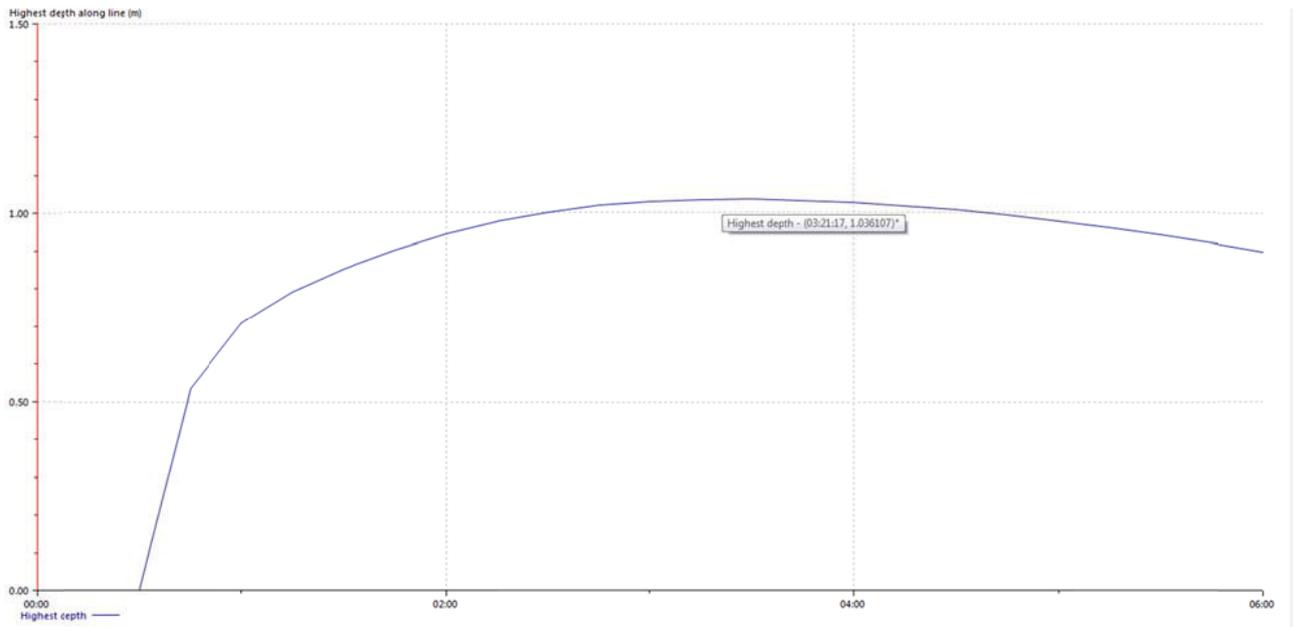


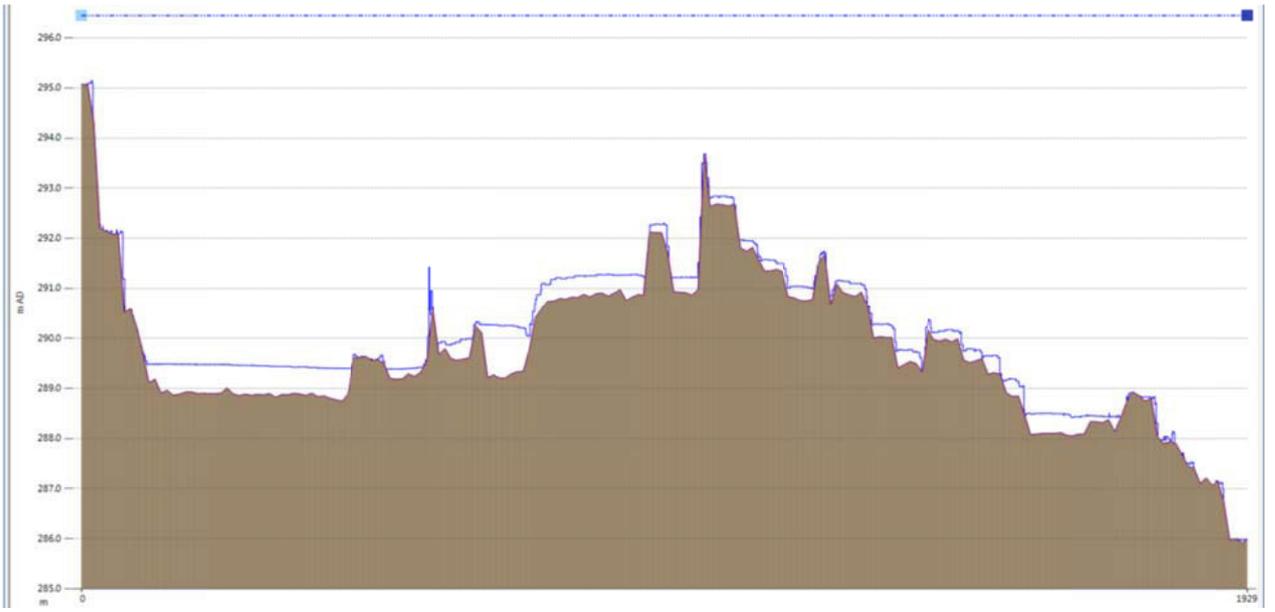
# Delicias 1



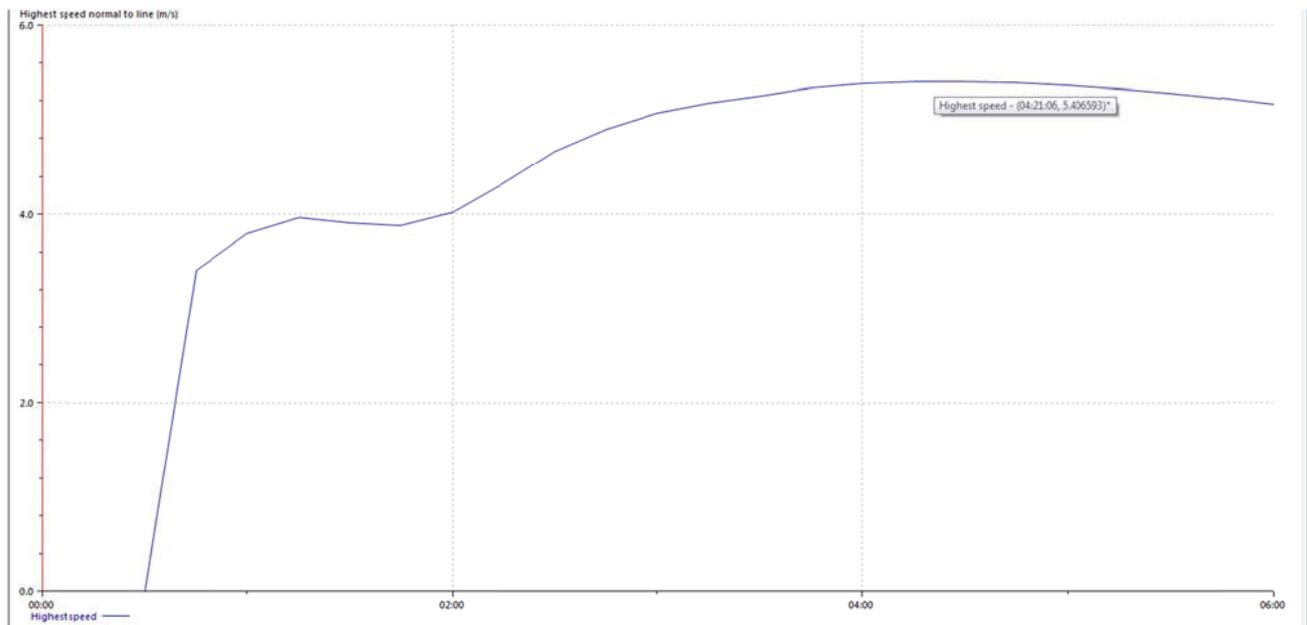
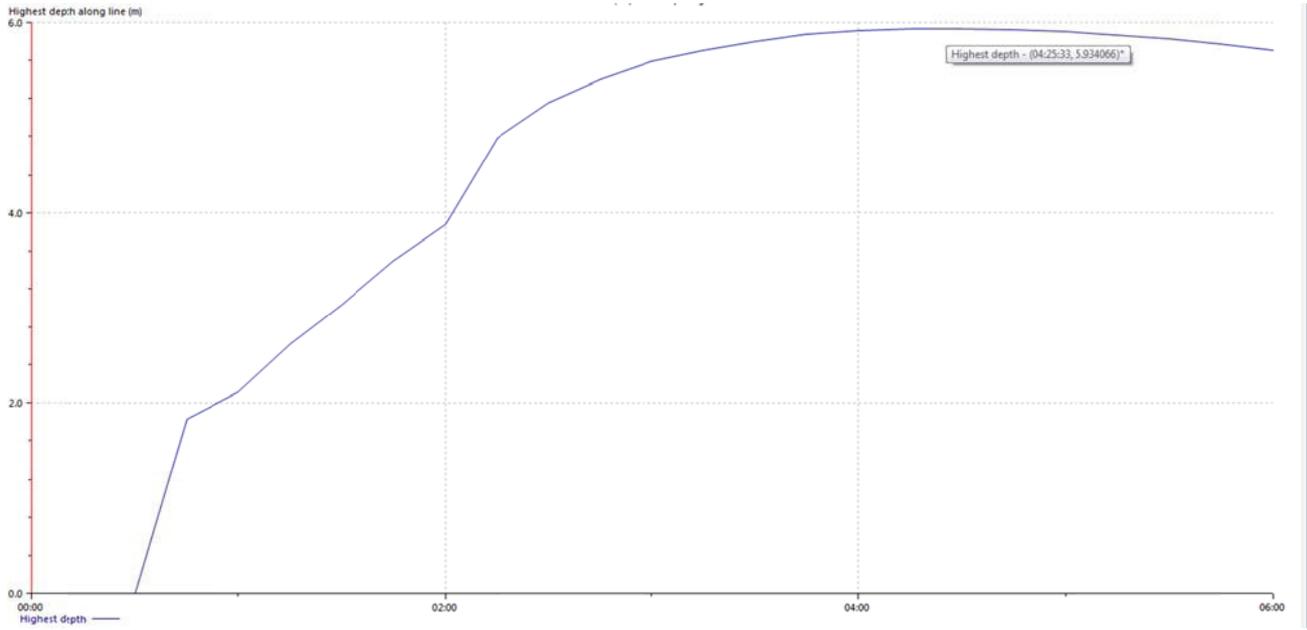


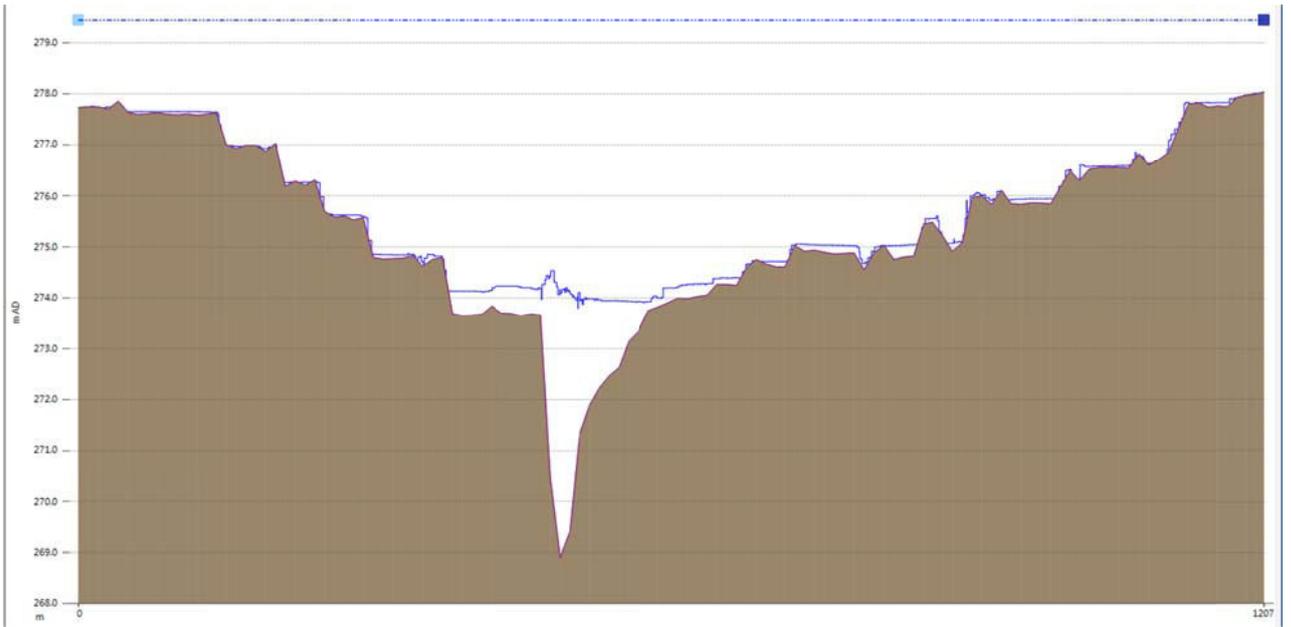
## Delicias 2



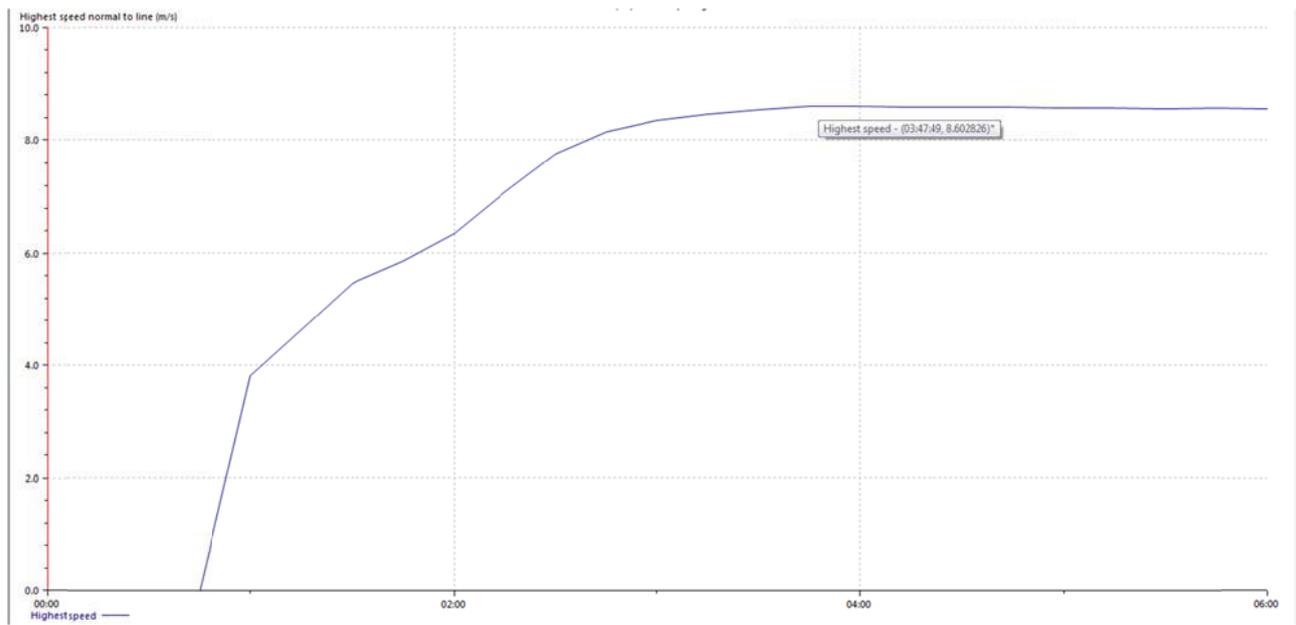
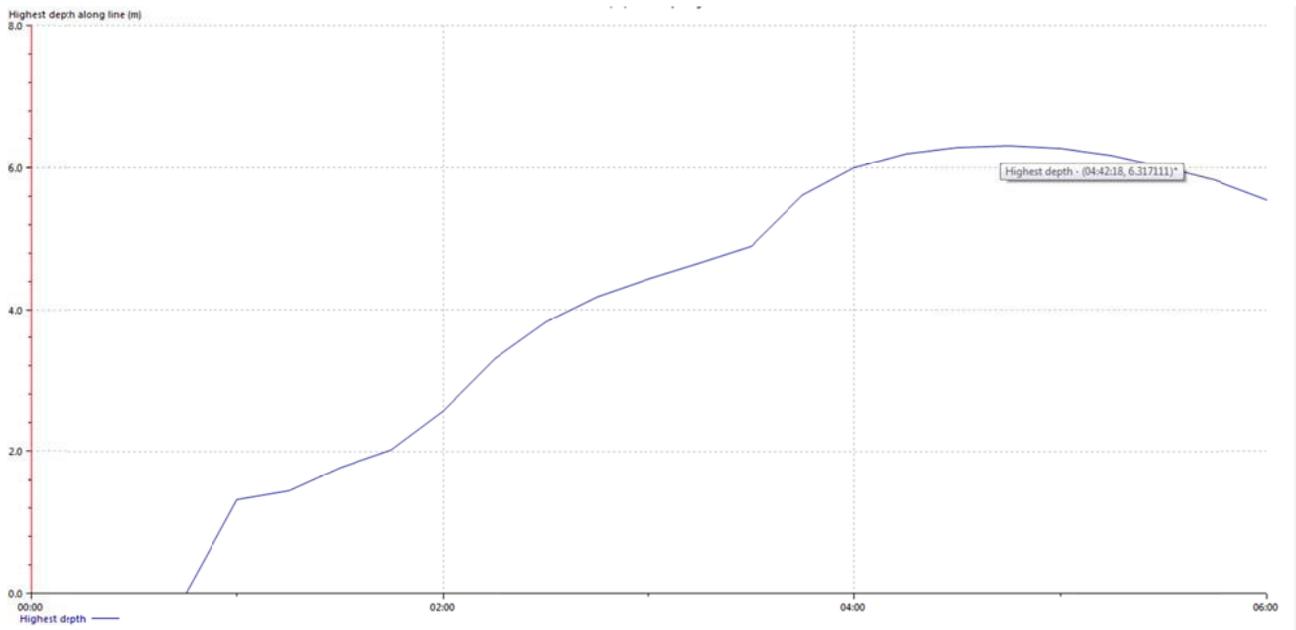


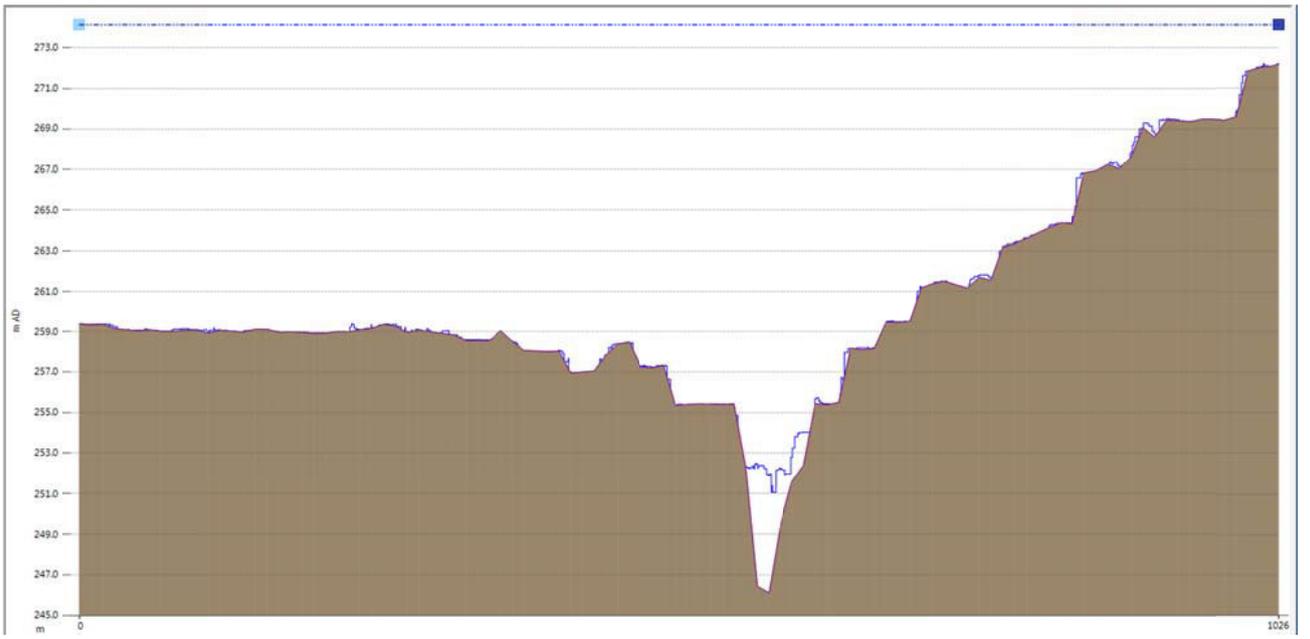
## Tarafa 1



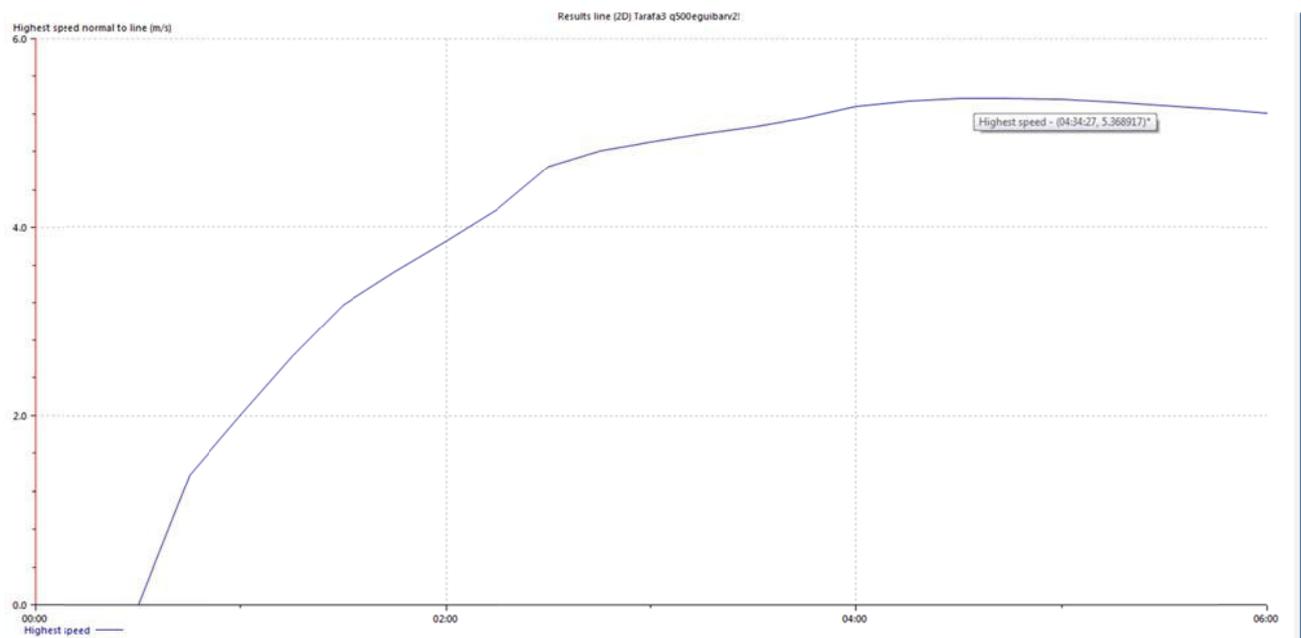
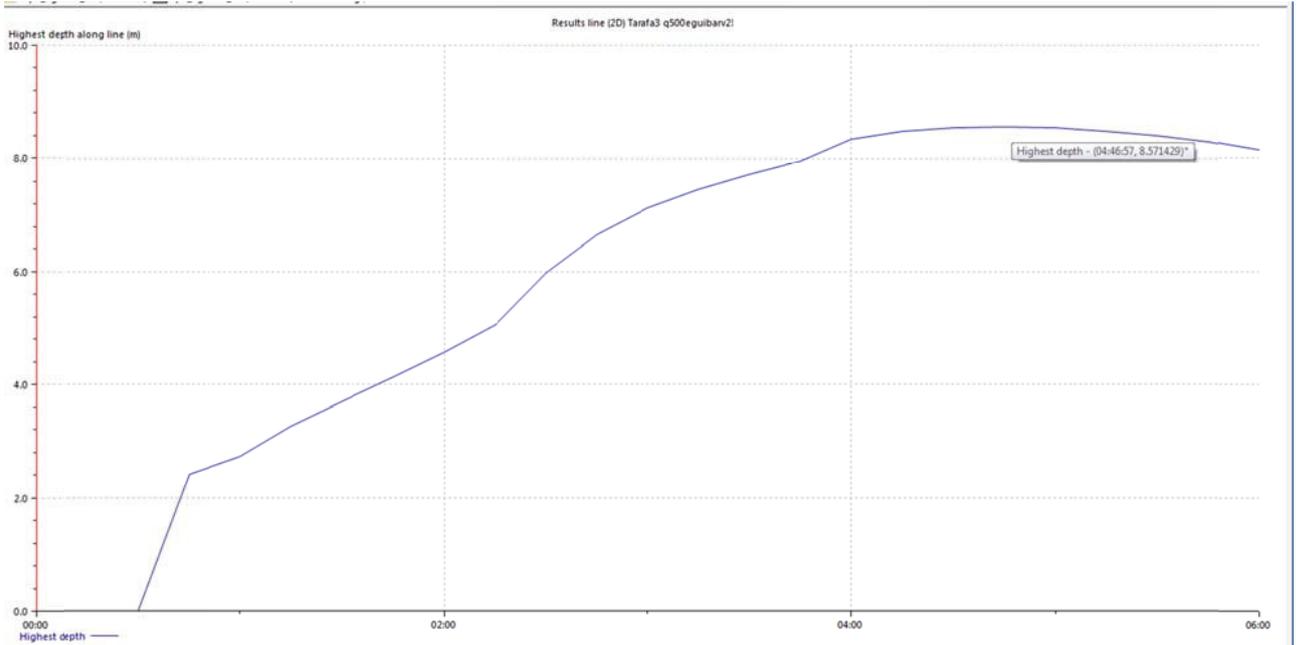


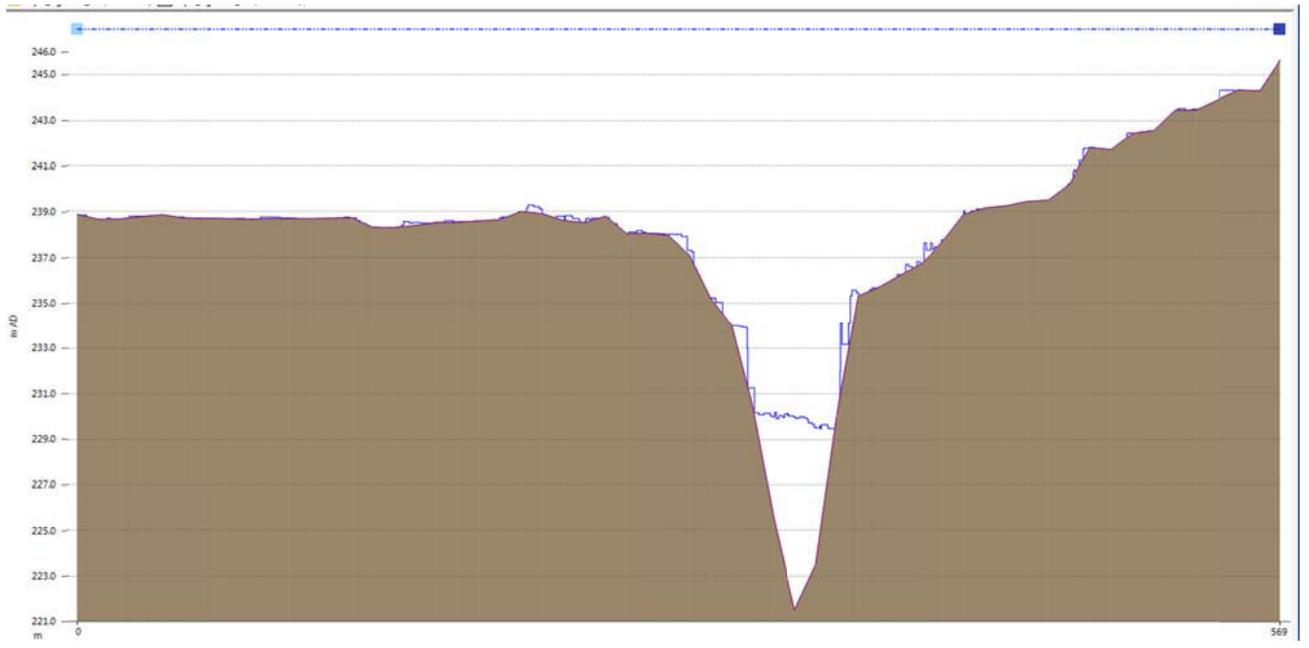
## Tarafa 2



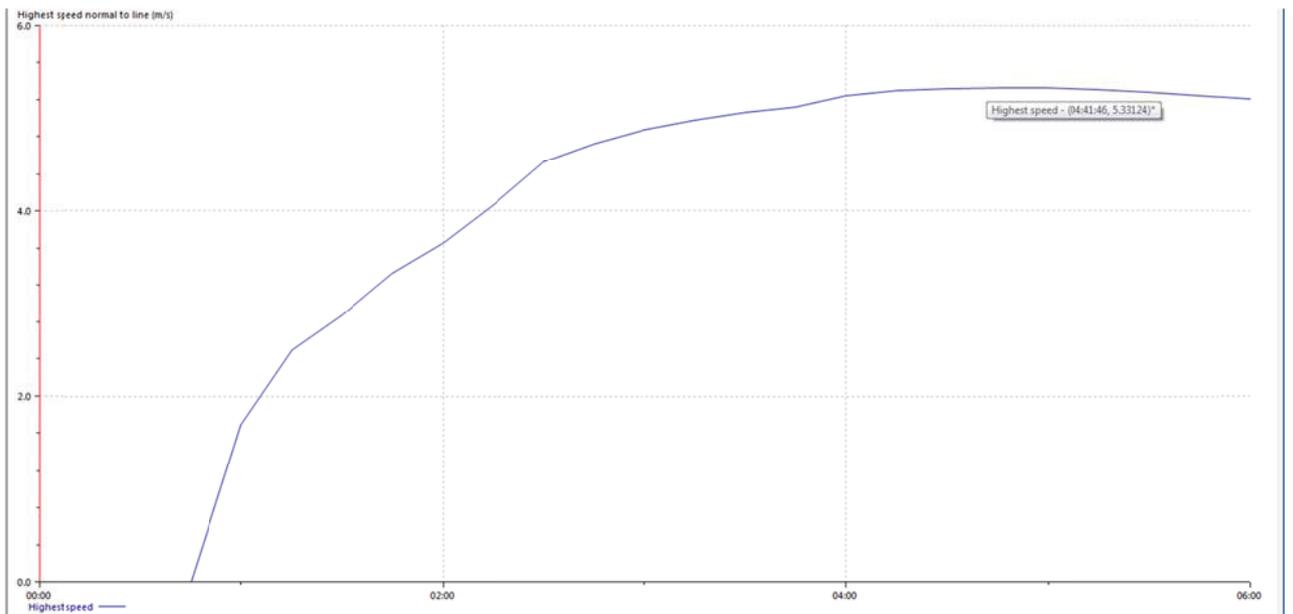
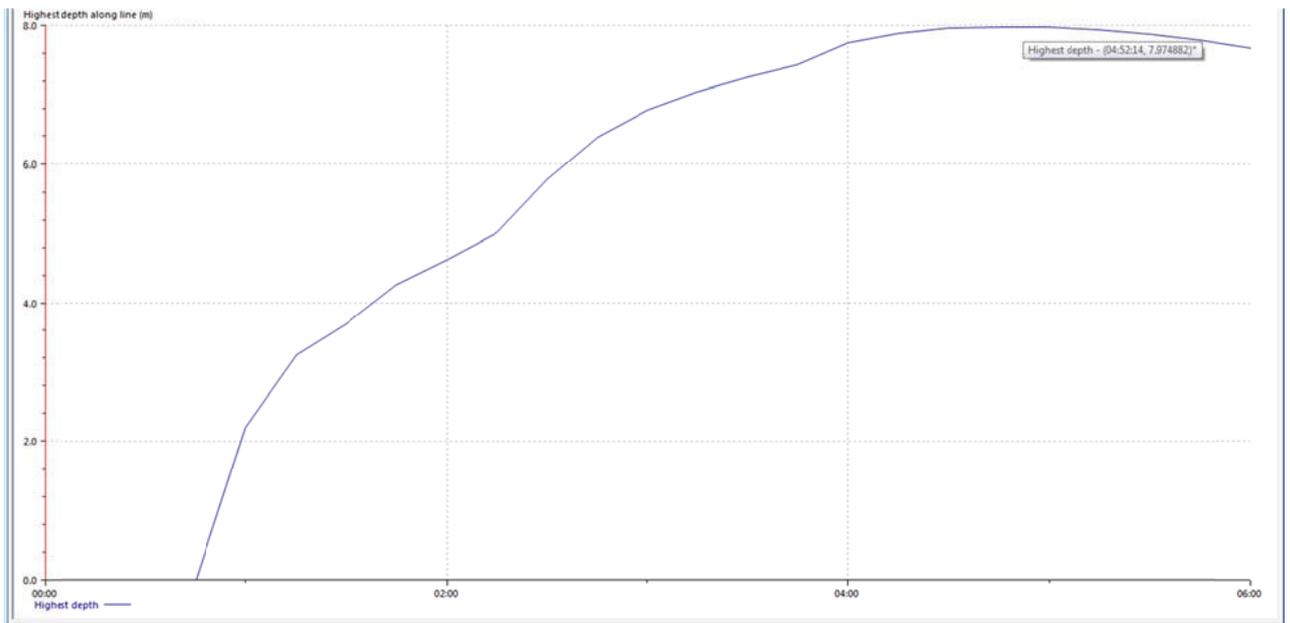


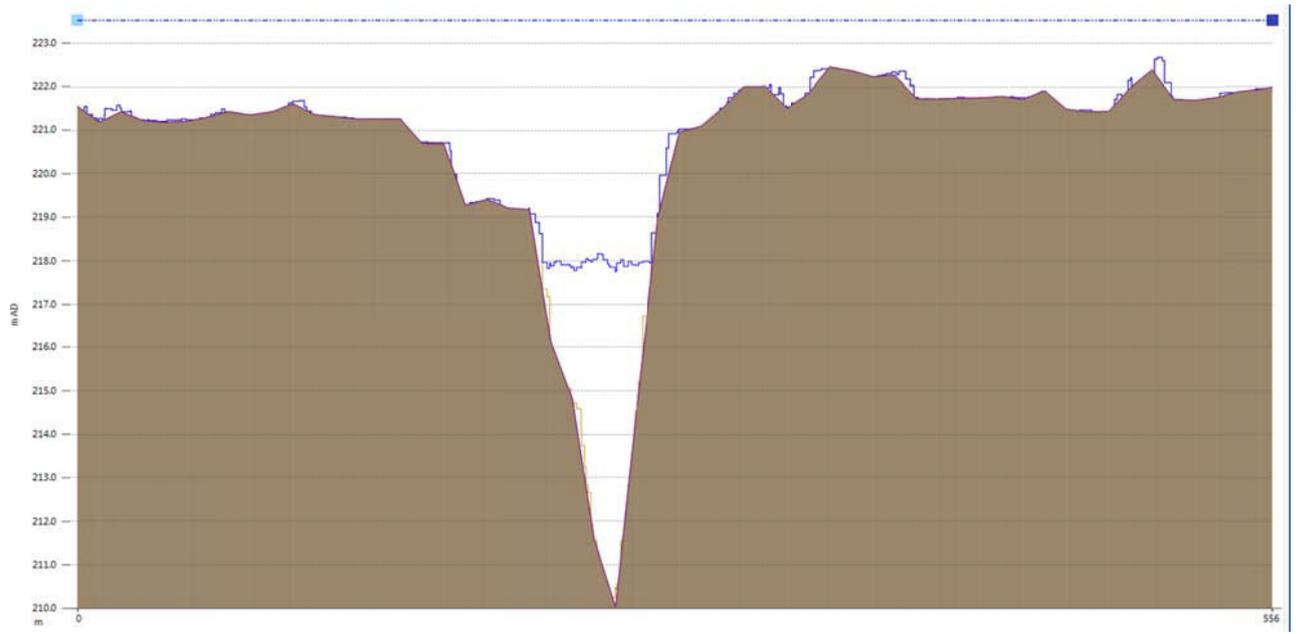
### Tarafa 3





## Tarafa 4





## Tarafa 5

