

APLICACIÓN DE SISTEMAS DE DRENAJE URBANO SOSTENIBLE EN EL DESARROLLO URBANÍSTICO DE PATERNA (VALENCIA)

LUIS ALTAREJOS GARCÍA
CPS Ingenieros, Obra Civil y Medio Ambiente, S.L.

RESUMEN

El desarrollo urbanístico en el levante español, con un régimen de precipitaciones torrencial típicamente mediterráneo, produce, debido al aumento de superficie impermeabilizada, un incremento y un adelanto en la punta de los hidrogramas de avenida aguas abajo, que se traduce en una modificación del régimen natural de los ríos. Para hacer frente a esta situación se pueden emplear las técnicas conocidas como Sistemas de Drenaje Urbano Sostenibles (SUDS), que permiten reducir los efectos adversos sobre la calidad del agua, reducir las puntas de avenida y mejorar el desarrollo urbano. Se presenta el caso de la ciudad de Paterna (Valencia), donde se han implementado distintos Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible en los recientes desarrollos urbanísticos acometidos. Se han empleado técnicas como las zanjas y pozos filtrantes y los depósitos de detención, aprovechando las oportunidades que tanto el planeamiento como el territorio ofrecen. En concreto, se ha empleado una zona verde prevista en el planeamiento como depósito de detención, para compensar el incremento del caudal punta que los sistemas clásicos de drenaje producen sobre el río Turia, consiguiendo, además, una buena integración paisajística y la compatibilidad con usos lúdicos en tiempo seco.

1. DESARROLLO URBANO E HIDROLOGÍA

Extracto de la noticia publicada en el diario Levante el sábado 15 de septiembre de 2007 (1):

“Eran poco más de las tres de la tarde cuando el cielo se oscureció y unas grandes gotas dispersas anunciaron el diluvio que se desencadenó en unos instantes y que llegó acompañado de descargas eléctricas, potentes truenos y rachas de viento que provocaron el derribo de decenas de árboles, pequeñas inundaciones y grandes problemas de movilidad en todo el entorno del área metropolitana de Valencia, donde las lluvias superaron los 100 litros por metro cuadrado.(...) Casi todos los pasos inferiores del área metropolitana quedaron inundados (...) Esta situación, que se repite incluso con precipitaciones de menor intensidad que las de ayer, fue especialmente grave en el Polígono Industrial de Fuente del Jarro de Paterna, que quedó prácticamente incomunicado. La respuesta de cauces y pequeños barrancos fue casi inmediata.(...) El encauzamiento del Endolça y el Benimamet evitó mayores problemas en el entorno de la Feria de Muestras, aunque finalmente el río Turia experimento una crecida de más de un metro de altura que se dispersó al llegar al cauce nuevo, cubierto por una lámina de agua de orilla a orilla. La tormenta fue extremadamente violenta y desde su inicio hasta su finalización, pasadas las 20 horas, se contabilizaron más de 7.700 rayos que fueron los responsables de la interrupción del suministro eléctrico y de daños en árboles, inmuebles y algunos vehículos (...).

La expansión urbana de las ciudades hacia las zonas rurales supone una ocupación de espacios y una transformación de usos, con importantes consecuencias sobre los procesos medioambientales naturales. Uno de estos procesos afectados directamente es el ciclo hidrológico natural, como queda ilustrado en el artículo recogido.

El desarrollo urbano es, ante todo, una acción de impermeabilización de la superficie del terreno. La construcción de calles con pavimentos que son impermeables, la urbanización de parcelas con superficies destinadas a aparcamientos o paseos y la construcción de edificaciones suele suponer una alteración radical del funcionamiento hidrológico de una determinada zona con respecto a la situación preexistente. La consecuencia inmediata de este proceso de impermeabilización es que se produce una acumulación de agua de lluvia sobre la zona urbanizada de la que además el sistema urbano “desea” desprenderse lo más rápidamente posible: en las calles y avenidas por seguridad vial y por confort del usuario; en las aceras por lo que Hough llama “Mantener los zapatos secos” (2); en las cubiertas, para evitar problemas de filtraciones a las viviendas.

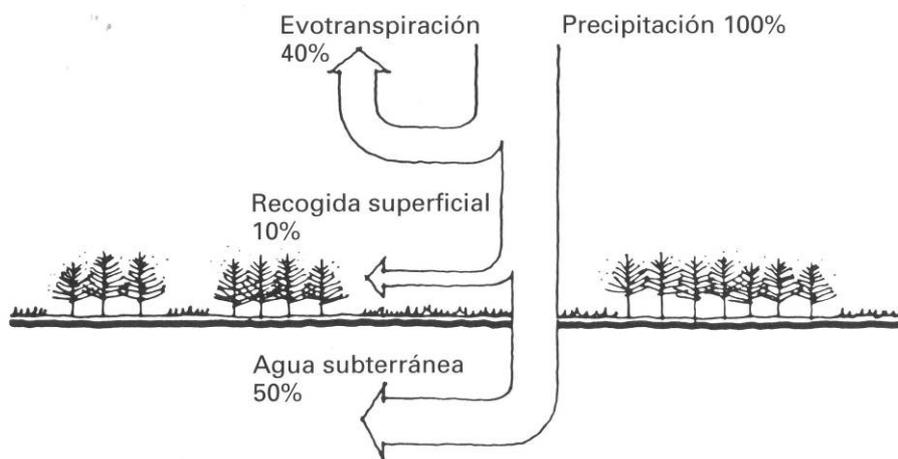


Figura 1. Cambios hidrológicos debido a la urbanización. Estado preurbano, según Hough (2).

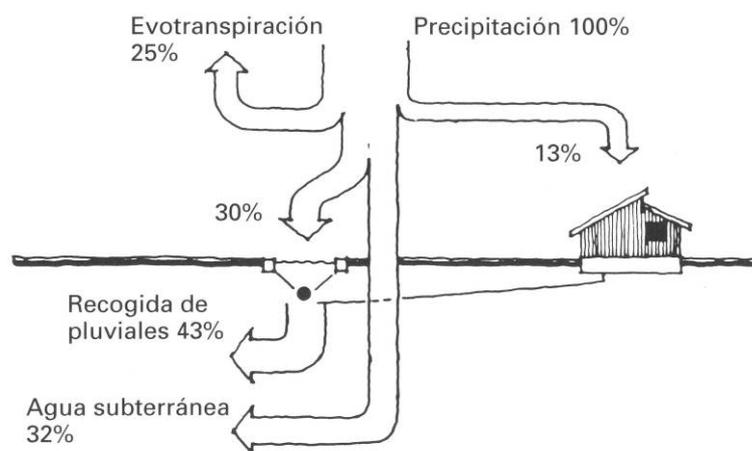


Figura 2. Cambios hidrológicos debido a la urbanización. Estado urbano, según Hough (2).

De este modo surgen los sistemas de alcantarillado combinados, en los que a las aguas residuales urbanas y/o industriales se incorporan durante los eventos de precipitación parte de las aguas recogidas por las superficies impermeables. Estos sistemas de alcantarillado combinados (o unitarios, como se les conoce más comúnmente en España) se dimensionan con una capacidad limitada. Esta limitación se suele expresar en términos de la magnitud de la precipitación a la que deben hacer frente, lo que se traduce en el conocido concepto de periodo de retorno. Este periodo de retorno, como criterio de diseño, habitualmente oscila entre los 5 y los 25 años según zonas geográficas.

La entrada al sistema de saneamiento del agua recogida por la superficie impermeabilizada se realiza en el caso de viales y grandes superficies mediante sumideros o imbornales, y en el caso del agua recogida en parcelas (ya sea sobre el terreno de la parcela o sobre las cubiertas de las edificaciones) mediante acometidas directas a la red.

Es habitual que parte del volumen de precipitación no entre en el sistema, sino que se almacene o discurra por la superficie hasta alcanzar los puntos de retorno a los cauces naturales, lo que puede tener lugar, bien por escorrentía superficial, bien por infiltración y flujo subterráneo.

En particular, para eventos de precipitación de magnitud superior a la de diseño o cuando concurre alguna circunstancia que limita la capacidad del sistema de admitir las escorrentías (por ejemplo, debido a la obstrucción de los sumideros), una parte muy importante de la escorrentía discurre sobre la urbanización, produciendo inundaciones que se caracterizan por su rápida evolución temporal (típicamente de minutos a unas pocas horas para las cuencas mayores).



Figura 3. Inundaciones como consecuencias de la excesiva impermeabilización del territorio.

Esta escorrentía superficial, cuando alcanza los bordes no urbanizados, posee una significativa capacidad erosiva, sobre todo en zonas de pendientes moderadas, con importantes repercusiones locales en los puntos de retorno a los cauces naturales.

Otro efecto adverso a tener en cuenta es que se produce en la calidad del agua, debido al fenómeno de lavado de superficies que se produce. Así, las primeras escorrentías generadas suelen caracterizarse por su importante carga contaminante (en forma de residuos sólidos y vegetales, materia orgánica, metales pesados, etc.), muy dañina para el medio natural al que finalmente se vierte.

Los sistemas de saneamiento unitarios están conectados con estaciones de depuración de aguas residuales, cuya capacidad de tratamiento está limitada. Por ello, las puntas de avenida que alcanzan estas estaciones de depuración y que superan la capacidad de admisión de la planta suelen desviarse a cauces naturales, vertiendo a los ríos y al mar toda la carga contaminante procedente del fenómeno del primer lavado del terreno. Para evitar este fenómeno se están desarrollando estrategias basadas en el almacenamiento de las puntas iniciales de avenida en depósitos enterrados desde los que posteriormente se conduce el agua a las estaciones depuradoras con caudales acoplados a la capacidad de las mismas (3).

A este escenario hay que añadir el problema de la pérdida de recarga natural de agua del suelo, que en término medio puede pasar de ser el 50% en el estado previo hasta el 30% en el estado ya urbanizado.

2. ESTRATEGIAS ALTERNATIVAS.

En el proceso descrito el concepto clave es el de “almacenamiento” (2). El ciclo hidrológico natural muestra cómo solamente un limitado porcentaje de la precipitación se transforma en escorrentía, debido a la capacidad de almacenamiento que presenta el medio. Este almacenamiento se produce en la vegetación, en las masas de agua que se forman en terrenos inundados, en el subsuelo, y en las propias riberas de los ríos. Las masas de vegetación retienen y filtran el agua al terreno. Por tanto, de la mano de la idea de “almacenamiento” está la idea de “recarga” del agua al terreno.



Figura 4. Paisaje de borde urbano. Cauce del Barranco de La Fuente frente al casco urbano de Paterna.

Cuanto mayores sean el almacenamiento y la recarga de un sistema, menor será la escorrentía generada, reduciendo las inundaciones, la capacidad erosiva y la pérdida de calidad del agua de las masas receptoras.

Los modernos sistemas de drenaje (“modernos” por contraposición a los “clásicos” sistemas de alcantarillado, que no por su concepto funcional) están por tanto basados en estas dos ideas clave: almacenamiento y recarga.

Los modernos sistemas de drenaje orientan su actuación hacia tres campos: cantidad, calidad y compatibilidad.

- Cantidad, en cuanto a que uno de los objetivos es reducir las puntas de los hidrogramas de las cuencas.
- Calidad, en la medida en que los sistemas favorezcan los procesos naturales de depuración y/o impidan que las cargas contaminantes alcancen los medios receptores sensibles.
- Compatibilidad, en el sentido del uso de los sistemas, integrándolos en la trama urbana y haciéndolos susceptibles de otros usos para la población (por ejemplo, como parques urbanos, zonas de juegos, etc. o como elementos integrados de las infraestructuras del transporte con usos como sistemas de drenaje, como pueden ser el caso de los anillos interiores de glorietas, lazos de enlaces de carreteras, etc.).

Es evidente que en la medida en que la concepción del espacio urbano se genere teniendo estas ideas presentes en origen, la probabilidad de éxito aumenta. En el polo opuesto se encuentra el caso del espacio urbano ya consolidado, donde los sistemas se tratan de implementar “a posteriori”, y donde su eficacia es menor. Aún así, es posible, con limitaciones, tratar de corregir con las modernas soluciones la problemática existente, por lo que no deben ser descartadas en el ámbito de lo ya construido.

3. LOS SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE.

Los sistemas urbanos de drenaje sostenible se basan, como ya se ha comentado, en dos principios:

- “Maximizar la capacidad de almacenamiento”
- “Maximizar la capacidad de recarga”

En la práctica, esto supone:

- Minimizar la superficie impermeable
- Evitar concentrar los flujos

En función de la fase en la que se encuentre el desarrollo urbano, las medidas a adoptar puede ser, siguiendo el curso del agua desde aguas arriba hacia aguas abajo (3):

- Medidas preventivas
- Medidas de control en origen
- Medidas de control en transporte
- Medidas de control en destino

Las medidas preventivas comprenden la reducción de la superficie impermeable en toda la cuenca urbana, ya desde la fase de proyecto de la urbanización, la dispersión de los flujos, la reutilización de caudales y la limpieza de los espacios públicos y privados.

Las medidas de control en origen pueden ser la adopción de superficies permeables (zonas de aparcamiento con diseños especiales) y la utilización de los pozos y zanjas de filtración.

Las medidas de control en el transporte consisten en el uso de técnicas como las franjas filtrantes, las cunetas drenantes y los conductos drenantes, que tratan de favorecer la infiltración al terreno durante la fase de conducción del agua.

Las medidas de control en destino pasan por el uso de depósitos de infiltración, depósitos de detención y estanques de retención, entre otras.

4. APLICACIÓN AL CASO DE PATERNA (VALENCIA).

4.1. Datos generales.

El municipio de Paterna está situado en la provincia de Valencia, en la comarca de l’Horta Oest, en la margen izquierda del río Turia, a 5 km al NO de la capital, Valencia. Limita con los términos de Burjasot y Valencia al este, con los de Manises y Quart de Poblet al sur, con los de Ribarroja del Turia, L’Elia y San Antonio de Benagéber al oeste, y con los de Bétera y Godella al norte. La población actual es de unos 54.500 habitantes.(4)

La precipitación media es de 469,6 mm anuales, con un máximo otoñal en el mes de octubre de 92,6 mm de media y un mínimo mensual en julio de 13,5 mm.

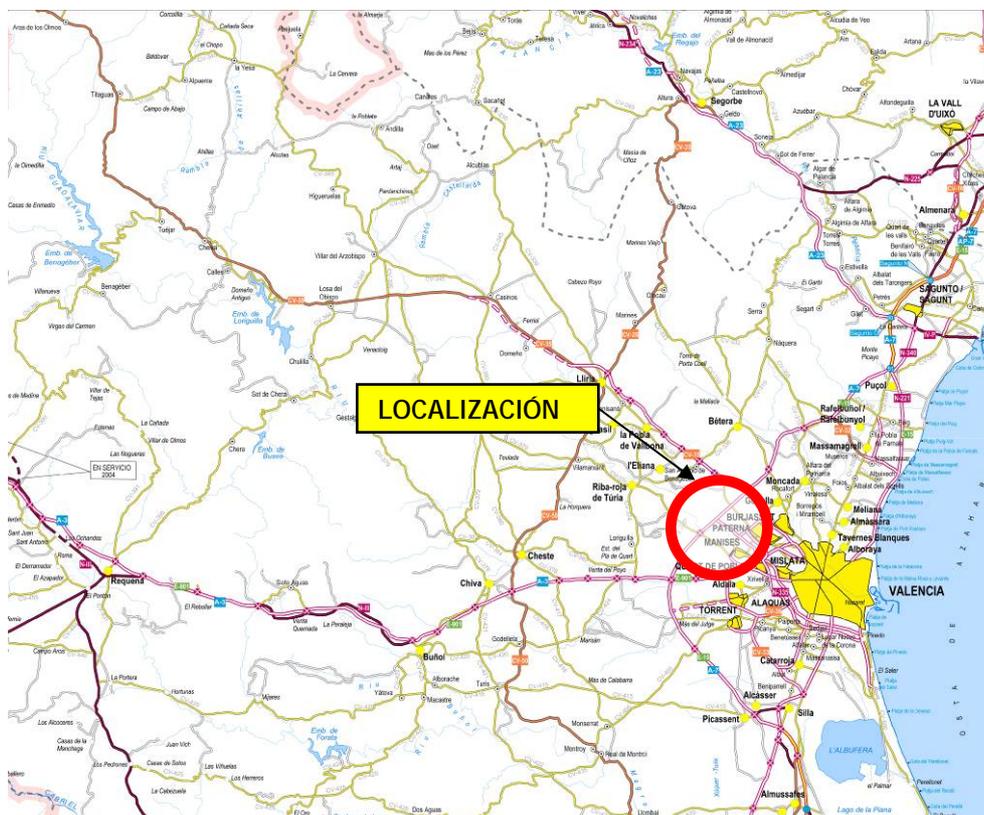


Figura 5. Situación de la población de Paterna.

La red fluvial del término municipal de Paterna está formada por el río Turia, al cual drenan una serie de barrancos con un régimen de aguas ocasional, más que estacional: Barranc Fondo, Barranc de Martinot, Barranc del Rubio y del Serra, el Barranc de la Font y Barranc Travessat, y el Barranc d'en Dolça.

A partir de la toma de abastecimiento para la Estación de Tratamiento de Aguas Potables (ETAP) de La Presa (Manises), el río está muy contaminado, debido a vertidos tanto urbanos como industriales, de los municipios de Paterna, Burjasot, Manises, Mislata y Quart de Poblet. Esta situación se está corrigiendo en la actualidad debido a la entrada en funcionamiento de la nueva Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) de Paterna.

Desde el punto de vista hidrogeológico, el municipio está incluido en el denominado Sistema acuífero nº 51 “Plana de Valencia”, asimilable a un acuífero multicapa. Paterna pertenece a la Unidad Hidrogeológica 08 22 “Liria-Casinos” y una pequeña parte de la zona norte de la 08 23 “Buñol-Cheste”. El municipio de Paterna presenta una accesibilidad potencial a los recursos hídricos media en su mayor parte, y alta en las zonas de la Vallesa, ribera del Turia, y la huerta. Los principales problemas de contaminación observados en la Plana de Valencia derivan de las actividades agrícolas y, en sectores muy localizados, de la actividad industrial. El municipio presenta un grado de vulnerabilidad de contaminación de acuíferos predominantemente Medio, aunque existen zonas dispersas con grado Alto.

4.2.- Desarrollo urbanístico en el entorno del Polígono Industrial Fuente del Jarro.

El Polígono Industrial Fuente del Jarro ocupa una superficie de 3.68 millones de metros cuadrados, lo que supone un 67% del total de superficie industrial de Paterna, que es de 5.50 millones de metros cuadrados. Del total de superficie del polígono, aproximadamente 1 millón de metros cuadrados se han desarrollado en los últimos 5 años (Sector 1, formado por las unidades UE-1 y UE-2). Además del propio polígono industrial, recientemente se han desarrollado actuaciones urbanísticas próximas al mismo, situadas al este de la carretera CV-365, incluyendo la urbanización del sector “Los Molinos” y el “Parque Apeadero”, ambas actualmente en ejecución.

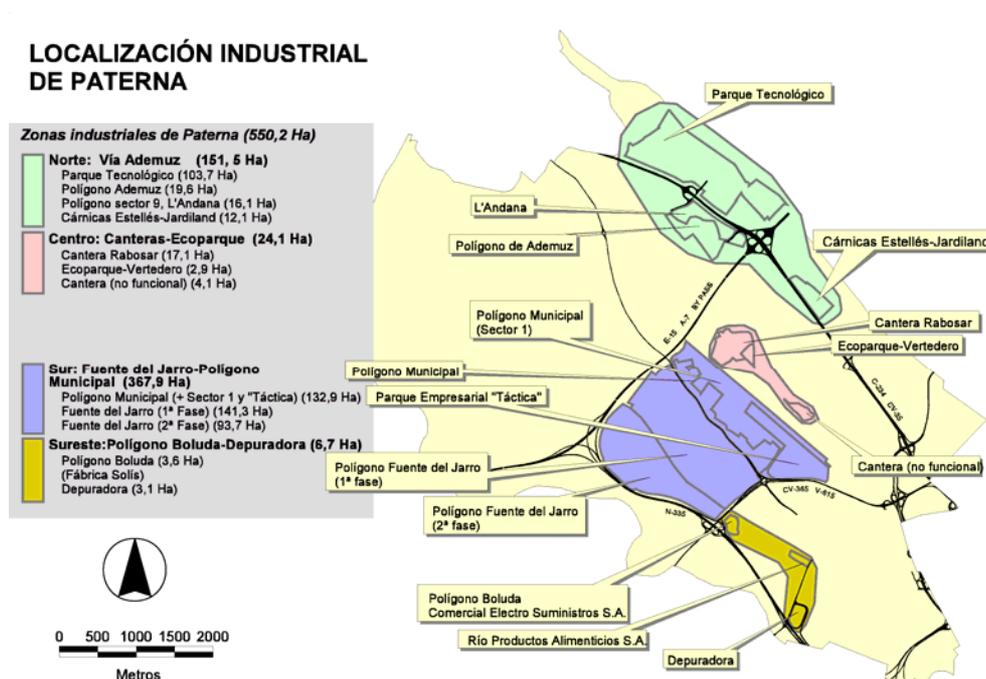


Figura 6. Localización industrial en Paterna (Fuente: SUMPA (4)).

4.3.- El Parque Apeadero.

El Parque Apeadero es una iniciativa de la Sociedad Urbanística Municipal de Paterna (SUMPA). Ocupa una superficie aproximada de 27.000 m², delimitada al norte con el casco urbano de Paterna, al noroeste con la carretera CV-365, al suroeste con la línea de ferrocarril de FGV (Lliria-Valencia) y al este con la zona de “Los Molinos”.

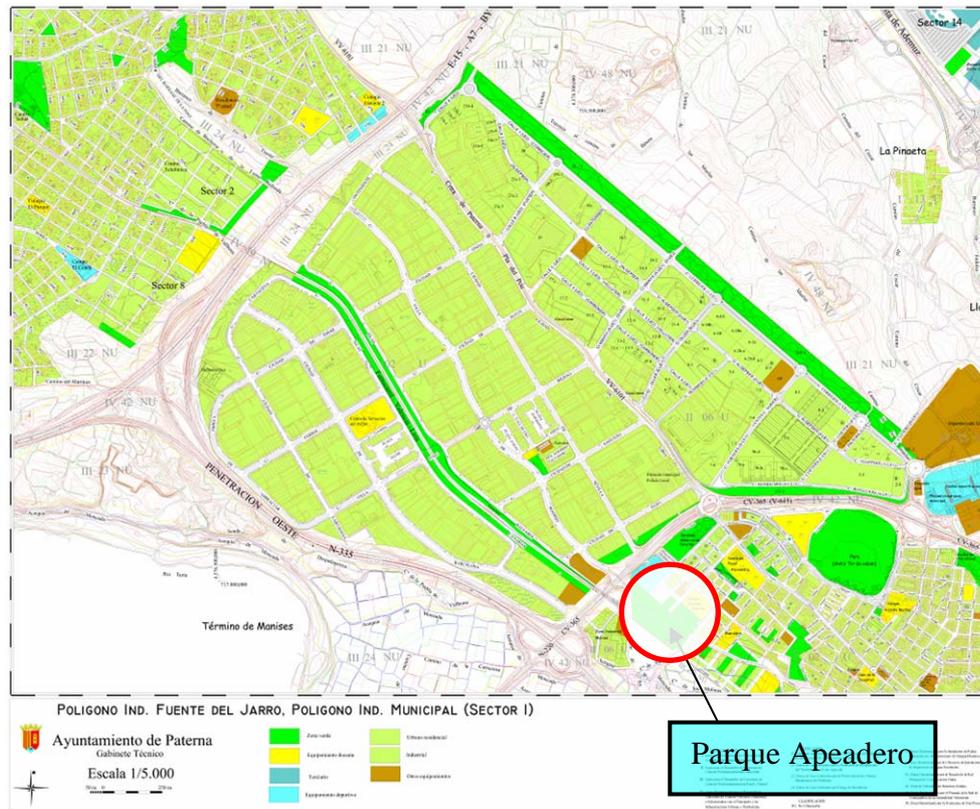


Figura 7. Planeamiento urbanístico en el Polígono Industrial Fuente del Jarro (Fuente: Ayto. de Paterna).

Actualmente el ámbito de actuación lo conforman terrenos improductivos, con un relieve sensiblemente plano, con pendiente descendente hacia la línea de FGV. La zona presenta un carácter marginal marcado por su emplazamiento (en una zona de transición entre un polígono industrial y un casco urbano sin desarrollo hasta fechas recientes), por su proximidad a importantes infraestructuras del transporte (la carretera CV-365 de conexión con el aeropuerto y línea de FGV) y, en buena medida, por su condición de cauce de desagüe del Barranco de La Fuente. Uno de los objetivos de la actuación, por tanto, es el acondicionar funcional y estéticamente la zona descrita, de modo que se elimine o al menos se suavice su carácter marginal. Se trata de conseguir una transición más eficaz y gradual entre la zona urbana y la zona industrial, integrando en lo posible las infraestructuras existentes que configuran un paisaje propio de borde urbano, intentando mejorar los valores ambientales del espacio ocupado, dotándolo de capacidad de uso social, y mejorando en la medida de lo posible sus prestaciones y funcionalidad como elemento integrante de la red hidrológica.

4.4.- Problemática hidrológica.

La zona donde se emplaza el Parque Apeadero, aunque calificada en el planeamiento municipal vigente de Paterna como IV 31 U “Zonas Verdes, Espacios Libres y Parques Urbanos”, se corresponde con la vía de desagüe principal del Barranco de La Fuente.



Figura 8. Estado previo de la zona del Parque Apeadero.

La cuenca vertiente al punto donde se ubica el Parque Apeadero comprende una parte importante del sector residencial de La Cañada, así como la práctica totalidad del Polígono Industrial Fuente del Jarro y una zona no urbanizable situada al norte de la ampliación del polígono, junto al Sector 1.

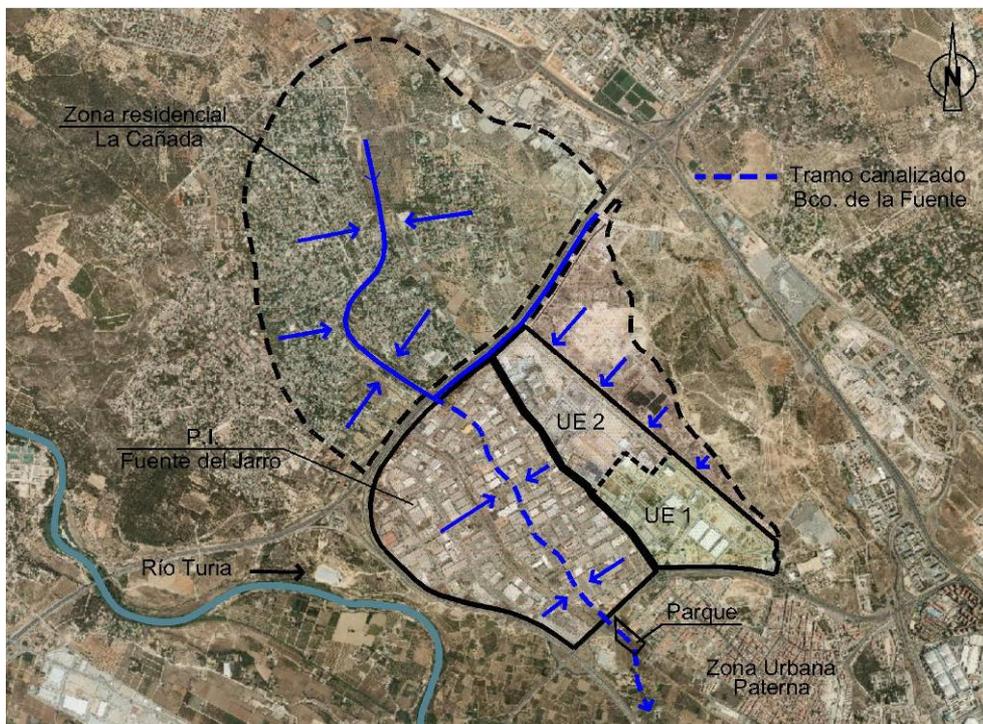


Figura 9. Cuenca vertiente del Barranco de La Fuente al Parque Apeadero.

El barranco discurre canalizado bajo el polígono industrial Fuente del Jarro, tras cruzar bajo el By-Pass de Valencia. Una vez sale del polígono, la vía de desagüe está atravesada por la carretera CV-365 y por la línea 1 de F.G.V., en el entorno del apeadero de Santa Rita.

El paso del Barranco de La Fuente bajo la carretera CV-365 está resuelto mediante una obra de paso de 4 vanos de 6.00 m de anchura cada uno (24 m libres en total), con una altura de paso de unos 5 m. Tras cruzar bajo la carretera, el barranco se abre en una amplia zona donde recibe aportes de escorrentía superficial de la parte más próxima del casco urbano de Paterna.



Figura 10. Obras de drenaje transversal bajo la línea de FGV. Estado previo.

El drenaje bajo la vía de F.G.V. está resuelto mediante cinco obras de drenaje transversal. La situada bajo el apeadero de Santa Rita consta de un marco tricelular, con tres huecos rectangulares rematados con sección abovedada, con unas dimensiones cada uno de ellos de 1.45 m de anchura y 1.00 m de altura, parcialmente obturados. Las otras cuatro obras de drenaje están constituidas por marcos unicelulares de sección rectangular rematada con forma abovedada. Las tres más próximas al apeadero presentan unas dimensiones de 1.45 m de anchura por 1.10 m de altura. La más lejana al apeadero (margen derecha) presenta una anchura de 1.00 m y una altura de 1.40 m.

La cota del terreno se encuentra situada a 0.80 m por encima del fondo de estas obras de drenaje, tanto aguas arriba como aguas abajo de las mismas, lo que limita enormemente su capacidad de desagüe.

Debido tanto a la configuración del terreno como a las condiciones impuestas por las infraestructuras que lo cruzan, con la ocurrencia de eventos de precipitación de intensidad moderada, en la zona comprendida entre la CV-365 y la línea de F.G.V. se producen remansos de agua de forma frecuente.

Este hecho queda confirmado según la delimitación del Plan de Acción Territorial ante el Riesgo de Inundaciones de la Comunidad Valenciana (PATRICOVA), elaborado por la Consellería d'Infraestructures i Transport, puesto que precisamente la zona de cruce entre la línea de ferrocarril y la carretera CV-365 en el curso del Barranc de la Font está identificada como una zona con riesgo de inundación.



Figura 11. Consecuencias de las lluvias en el entorno del Parque Apeadero.

La calificación otorgada es de riesgo de nivel 3 (zona azul clara en la Figura 12), correspondiente a alta frecuencia (menor de 25 años) y bajo calado (inferior a 0.80 m). En esta clasificación, el mayor riesgo es de nivel 1 (frecuencia inferior a 25 años y calado superior a 0.80 m) y el menor riesgo es el de nivel 6 (frecuencia entre 100 y 500 años y calado inferior a 0.80 m).

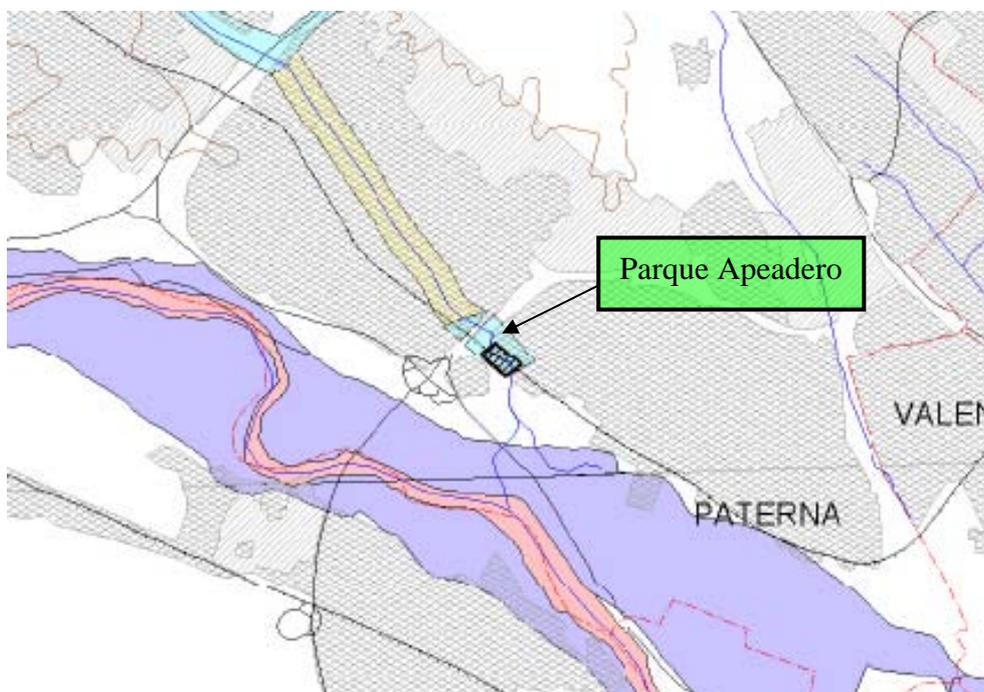


Figura 12. Niveles de riesgo de inundación. (Fuente: PATRICOVA).

En el PATRICOVA se prevé la adopción de medidas estructurales con el objetivo de facilitar la conexión con el cauce definido aguas abajo, que drena en el río Turia y evitar así el corte del ferrocarril.

Las medidas estructurales previstas, que están pendientes de ejecución, son las siguientes:

- Construcción de un desarenador en cabecera, en el inicio del encauzamiento subterráneo que atraviesa el polígono industrial Fuente del Jarro.
- Prolongación del encauzamiento en una longitud de unos 250 m y con una capacidad hidráulica recomendable de 280 m³/s, correspondiente a un periodo de retorno de 500 años.
- Construcción de un nuevo puente en el cruce del barranco con el ferrocarril de FGV
- Mejorar el drenaje del sector este del polígono industrial.

Estas actuaciones estarían encomendadas a la administración autonómica y por tanto quedan fuera del alcance y objetivos de la actuación urbana prevista para el Parque Apeadero.

Para evaluar la magnitud de las avenidas previsibles se ha elaborado un modelo hidrológico con la herramienta HEC-HMS del US Army Corps of Engineers, obteniéndose el hidrograma en el Parque Apeadero correspondiente a la situación previa. El periodo de retorno con el que se ha trabajado es el de 10 años. El caudal punta correspondiente que se obtiene es de 115 m³/s. Con la situación anterior a las obras del Parque Apeadero, el caudal máximo evacuado por las obras de paso existentes bajo la línea de FGV se estima en unos 18 m³/s y el caudal desbordado estimado es de 97 m³/s. La capacidad de laminación con la situación actual supone que para la tormenta de diseño, la situación de desbordamiento de caudales tiene una duración de unas dos horas y media.

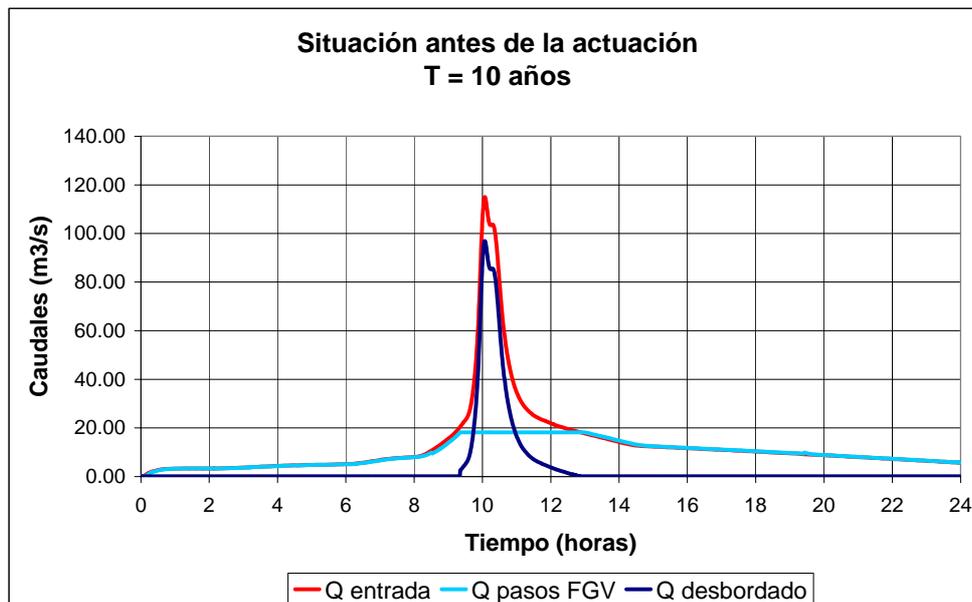


Figura 13. Hidrogramas en el cruce con la línea de FGV, aguas abajo del Parque Apeadero, antes de la actuación.

4.5.- Actuaciones planteadas.

Las actuaciones planteadas se desarrollan en dos fases:

- Fase 1: Urbanización del Sector 1 (ampliación del polígono Fuente del Jarro)
- Fase 2: Parque Apeadero

La Fase 1 tuvo lugar durante el proyecto de urbanización del Sector 1, varios años antes de plantear el proyecto del Parque Apeadero, y ya se encuentra ejecutada en su totalidad.

En ella, se contempló la adopción de una medida de control en origen, consistente en la ejecución de una zanja filtrante en todo el límite norte de la ampliación de la zona industrial.



Figura 14. Zanja filtrante perimetral en la ampliación del .Polígono Industrial Sector 1.

Además, en el final del encauzamiento subterráneo del Barranco de La Fuente, se ejecutó un dispositivo de aliviado con una capacidad de derivar 7 m³/s a un nuevo colector que finalizaba en el río Turia, con el objetivo planteado entonces de evitar sobrecargar el punto situado aguas arriba del ferrocarril con las nuevas escorrentías generadas por la ampliación del polígono.



Figura 15. Final de canalización del Barranco de La Fuente. Aliviadero con reja protectora.

Para la Fase 2, Parque Apeadero, se tuvo muy en cuenta las singulares características hidrológicas que en él concurren y que han sido ya descritas. Surgió entonces la posibilidad de plantear la adopción de estrategias propias de los sistemas urbanos de drenaje sostenible, en la medida en que, al tratarse de actuaciones desarrolladas casi en último lugar, con toda la cuenca aguas arriba ya consolidada, su capacidad correctora está muy limitada. El Proyecto fue elaborado con fecha de enero de 2006, habiéndose iniciado las obras en el mes de diciembre de 2006. Por el ámbito de actuación discurre el carril bici que conecta el casco urbano de Paterna con la zona residencial de La Cañada.

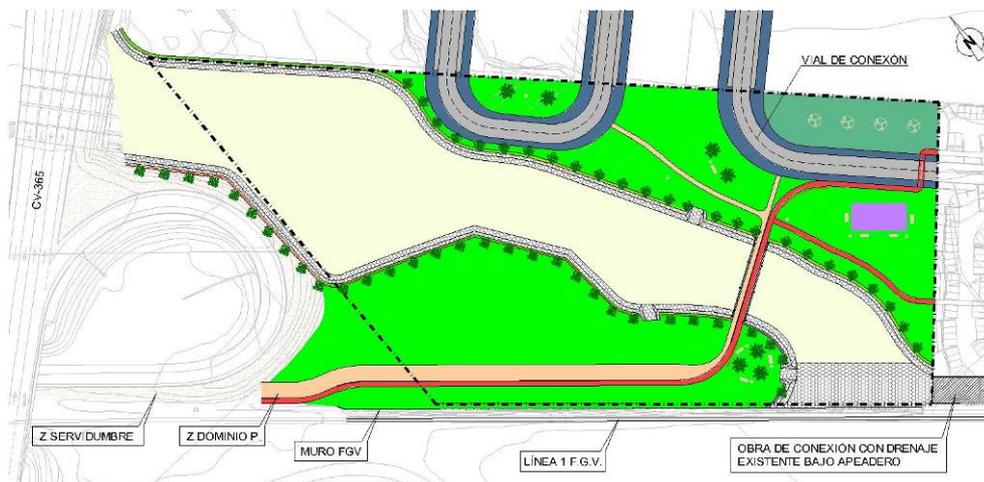


Figura 16. Planta general de proyecto del Parque Apeadero.

El diseño adoptado ha consistido en la creación de un depósito de detención en la zona central del Parque, en forma de depresión del terreno, con el objetivo de aumentar la capacidad de laminación de avenidas, reduciendo el pico del hidrograma aguas abajo. Esta depresión se ha conseguido vaciando el terreno con profundidad variable entre 0.50 y 1.00 m. Además, se ha realizado el acondicionamiento de las obras de paso existentes bajo la vía férrea, mejorando las condiciones de desagüe aguas abajo de las mismas.

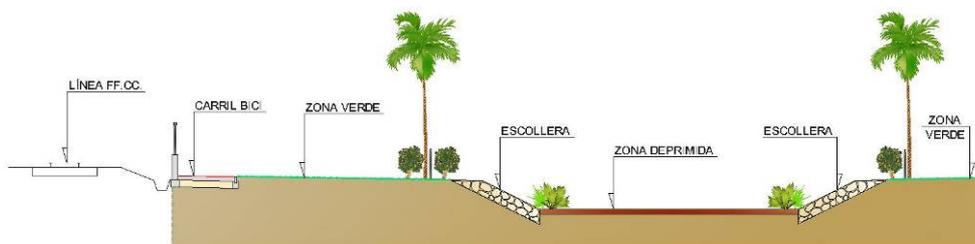


Figura 17. Sección tipo de proyecto del Parque Apeadero.

De este modo, las obras realizadas en la Fase 1 (zanja filtrante, aliviadero y colector al río Turia) quedan integradas en un único esquema coordinado con las obras de la Fase 2 (depósito de detención, pozos filtrantes y mejora de las condiciones de desagüe de los pasos existentes bajo la línea de FGV).

Con el propósito de conocer la capacidad de infiltración del terreno en el emplazamiento del Parque se realizaron ensayos Lefranc. El resultado del primer ensayo reveló un terreno arcilloso de muy baja permeabilidad ($K = 8 \times 10^{-9}$ m/s a una profundidad de 2 m). Por ello, se realizó un segundo ensayo a 3.50 m de profundidad, resultando un terreno algo más permeable ($K = 7 \times 10^{-8}$ m/s, correspondiente a un terreno mezcla de arcillas, limos y arenas) pero insuficiente para tener una repercusión significativa sobre el régimen de escorrentía.

En cualquier caso, se decidió realizar 4 pozos de infiltración rectangulares distribuidos a lo largo del Parque de dimensiones 4x4 m en planta y de unos 4.50 m de profundidad, para favorecer este proceso de recarga en la medida de lo posible.



Figura 18. Actuaciones de drenaje sostenible en el entorno del Polígono Industrial Fuente del Jarro.

4.6.- Mejoras conseguidas.

Mediante el modelo hidrológico confeccionado se ha valorado el impacto que sobre la laminación de avenidas puede tener el Parque Apeadero. Las estimaciones prevén una significativa reducción del caudal desbordado y del tiempo de duración del desbordamiento.

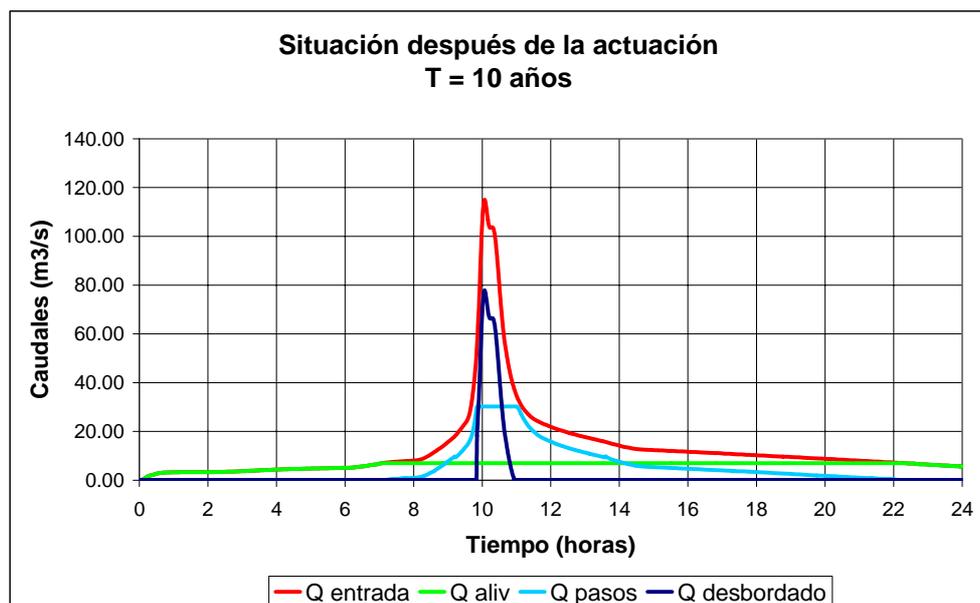


Figura 19. Hidrogramas en el cruce con la línea de FGV, aguas abajo del Parque Apeadero, después de la actuación.

El caudal punta desbordado se reduce de 97 m³/s a 78 m³/s (disminución de un 20%). El tiempo de desbordamiento se reduce significativamente, pasando de 3 horas y media a poco más de 1 hora (disminución de un 70%).

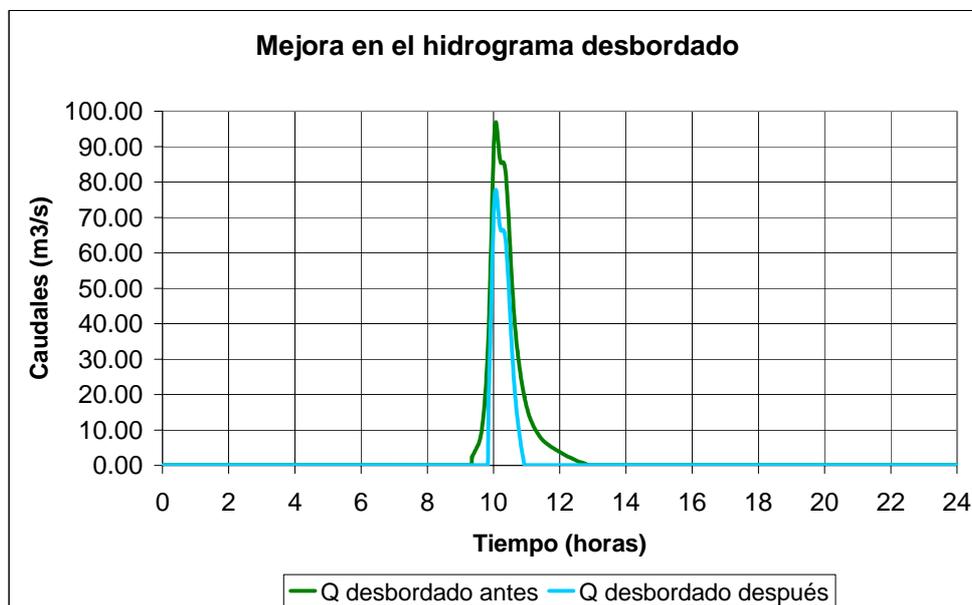


Figura 20. Mejora en el hidrograma desbordado aguas abajo del Parque Apeadero.

La capacidad de desagüe bajo la línea de FGV se incrementa por las actuaciones de limpieza y de rebaje del terreno que mejoran las condiciones de aproximación y entrada del flujo, pasando de 18 m³/s a 30 m³/s.

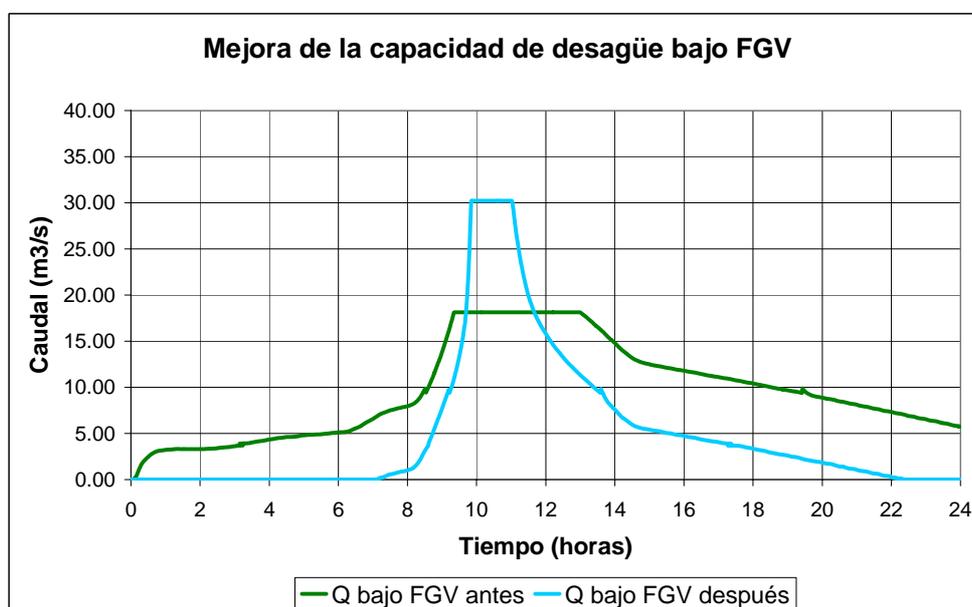


Figura 21. Mejora en la capacidad de desagüe bajo la línea de FGV, aguas abajo del Parque Apeadero.

Desde el punto de vista de la calidad del agua, la obra no puede resolver el problema del almacenamiento de la primera punta de avenida, que es la que lleva la mayor carga contaminante, puesto que la necesidad de compatibilizar el uso de laminación de avenidas con los usos lúdicos del Parque en tiempo seco, hace muy problemática la función de almacenamiento de agua contaminada.

Esta función se realizaría de forma óptima mediante sistemas de tipo depósito enterrado, cuya ubicación estratégica idónea se encontraría junto a la nueva EDAR de Paterna, y que podrían ser desarrollados en un futuro. La existencia del aliviadero al colector ejecutado al final de la canalización del Barranco de La Fuente antes del llegar al Parque Apeadero permite por consiguiente, la protección del mismo frente a la presencia de aguas con excesiva carga contaminante.



Figura 22. Mejora paisajística y puesta en valor para el uso público del Parque Apeadero. Pasarela ciclo-peatonal.

Desde el punto de vista de la compatibilidad de usos, con la actuación se consigue poner en valor para la población una superficie sin utilidad social previa, y que por su posición de límite entre la trama urbana y la zona industrial presentaba valores paisajísticos pobres con alto riesgo de degradación y marginalidad.

5.- CONCLUSIONES TRAS LA TORMENTA DEL VIERNES 14 DE SEPTIEMBRE DE 2007

Al inicio de la presente comunicación se ha recogido un fragmento de la noticia publicada el sábado día 15 de septiembre de 2007, donde se describen las consecuencias que la tormenta de la tarde anterior, viernes 14 de septiembre, tuvo sobre el área metropolitana de Valencia y en particular sobre la zona de Paterna y el polígono Fuente del Jarro, que durante una o dos horas quedó prácticamente incomunicado. La magnitud del evento queda reflejada en el mapa de intensidades de precipitación, que, como se puede observar, presentó una punta de precipitación sobre la zona de Paterna, de más de 100 mm en apenas dos horas, lo que se corresponde bastante bien con la lluvia de diseño adoptada para 10 años de periodo de retorno.

Con ocasión de este evento de precipitación, se ha podido comprobar en condiciones reales el funcionamiento de la obra, que en ese momento se encontraba próxima a su finalización. De la experiencia habida se pueden extraer lecciones útiles de diseño para la mejora de las actuaciones de este tipo que se puedan desarrollar en el futuro.

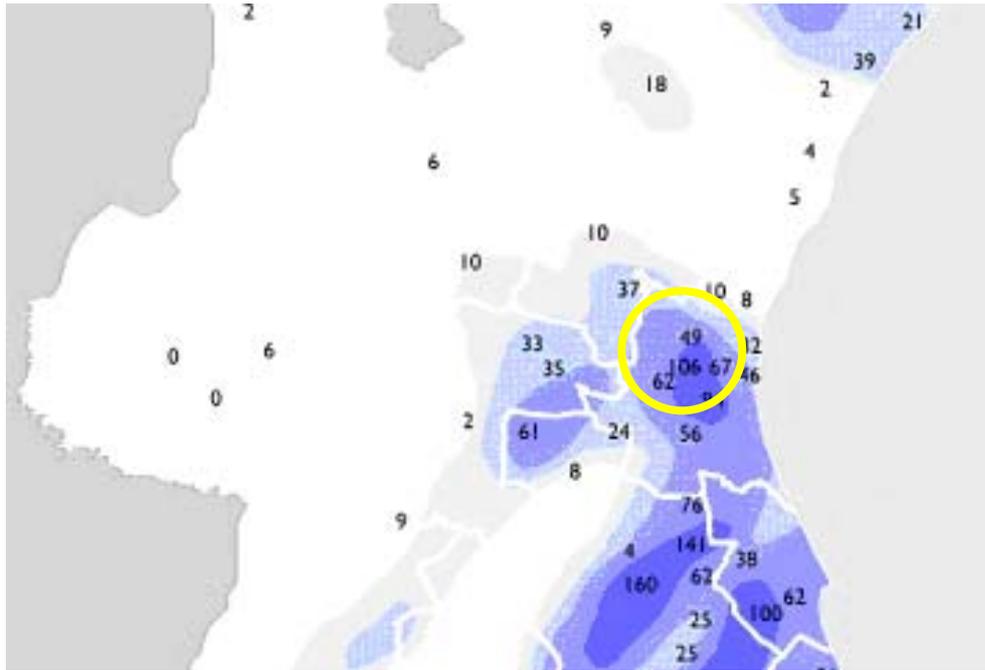


Figura 23. Mapa de precipitaciones (mm en 24 horas) correspondiente al viernes 14 de septiembre de 2007.

La primera lección aprendida es que, desde el punto de vista de la laminación de avenidas, este tipo de actuaciones demuestran ser eficaces. En efecto, en la tarde del viernes 14 de septiembre y horas posteriores las obras funcionaron a la perfección, tanto el aliviadero previo al Parque como el propio Parque, en cuanto depósito de detención. La primera punta de caudales fue evacuada por el aliviadero al colector, y el resto de la avenida llegó al Parque Apeadero, donde se fue almacenando. Mientras el nivel subía comenzaron a funcionar las obras de drenaje transversal bajo la línea de FGV. El nivel máximo quedó unos 40 cm por debajo de la cota de carriles de la vía.



Figura 24. Estado del Parque Apeadero tras la tormenta del día 14 de septiembre de 2007.

La segunda lección es la importancia de la vegetación en la superficie del depósito de detención. En este caso, al tratarse de un lecho muy arcilloso y puesto que las obras de jardinería y plantaciones aún no habían finalizado, tras el vaciado del Parque se pudo observar que el fondo era intransitable, por la presencia de fango y barro. Es importante, por tanto, reforzar el crecimiento de vegetación baja de tipo tapizante en la mayor cantidad de superficie posible.



Figura 25. Estado del Parque un día después de la tormenta.

Finalmente, la tercera lección aprendida es que resulta fundamental la limpieza y el mantenimiento de las urbanizaciones y polígonos industriales situados aguas arriba.



Figura 26. Acumulación de residuos en el Parque tras la tormenta.

Una de las consecuencias de la tormenta fue que gran cantidad de restos procedentes del polígono industrial (botellas, latas e incluso contenedores de residuos sólidos urbanos) fueron depositados en el Parque Apeadero. Es necesario por tanto mantener siempre la zona aguas arriba limpia, lo que debe ser tarea de todos los ciudadanos.

La comprensión por parte de los usuarios de la utilidad y función de las obras que se entregan al uso público se ha demostrado que en la mayoría de los casos fomenta la participación ciudadana en las tareas de mantenimiento de los mismos (2).



Figura 27. Vista general del Parque Apeadero desde la carretera CV-365.

6.- AGRADECIMIENTOS

El autor quiere expresar su agradecimiento a las siguientes entidades y personas: al Ayuntamiento de Paterna y a la SUMPA, por tener el valor de apostar por soluciones innovadoras y por la información facilitada; a Eladio García, de la empresa contratista UTE Los Molinos, y a Julián Izquierdo, de Laboratorios HORAINING, por la colaboración prestada y por la valiosa información aportada; y, por supuesto, a Inmaculada Boluda y a Pedro Febré, de CPS Ingenieros.

Referencias bibliográficas

- (1) Levante. El Mercantil Valenciano. Sábado 15 de septiembre de 2007
- (2) Hough, M. (1998) Naturaleza y ciudad. Gustavo Gili, S.A. Barcelona
- (3) Cabot, J. et al. (1998). Detention tank model using a long term simulation model. 8th International Congress on Urban Storm Drainage. Sydney. 30 August-3 September 1998 Sydney.
- (4) Sociedad Urbanística Municipal de Paterna SUMPA (2007) Auditoría ambiental en el municipio de Paterna.