



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Estudio de mejora de un aparcamiento en un área de
servicio junto la N-234 y A-23 a su paso por Sarrión (Teruel).
Estudio hidráulico.

Presentado por

Felipe Tercero, Sergio

Para la obtención del

Grado de Ingeniería de Obras Públicas

Curso: 2018/2019

Fecha: Septiembre 2019

Tutor: Aranda Domingo, José Ángel



ÍNDICE

DOCUMENTO Nº1: MEMORIA

MEMORIA

ANEJOS

- 1-Estudio de tráfico
- 2-Estudio geológico
- 3-Estudio de topografía y replanteo
- 4-Estudio climatológico
- 5-Estudio hidrológico
- 6-Estudio hidráulico

DOCUMENTO Nº2: PLANOS

- 1-Situación y localización
- 2-Levantamiento topográfico
- 3-Explanada a pavimentar
- 4-Perfil longitudinal colector
- 5-Ubicación de los imbornales

DOCUMENTO Nº1

MEMORIA



Contenido

1. OBJETIVO.....	5
2. LOCALIZACIÓN.....	5
3. SITUACIÓN ACTUAL.....	6
4. ESTUDIO PREVIOS	7
4.1 ESTUDIO DE TRÁFICO	7
4.2 ESTUDIO GEOLÓGICO.....	7
4.3 ESTUDIO TOPOGRAFICO	8
4.4 ESTUDIO CLIMÁTICO	8
4.4.1 PRECIPITACIÓN.....	8
4.4.2 TEMPERATURA.....	9
4.4.3 GRANIZO Y CONVECCION SEVERA	9
4.4.4 CLASIFICACIÓN DEL CLIMA.....	9
5. ESTUDIO HIDROLÓGICO	10
5.1 CRITERIOS BÁSICOS.....	10
5.2 PLUVIOMETRIA.....	10
5.3 CAUDAL DE DISEÑO	10
5.3.1 MÉTODO RACIONAL.....	10
5.3.2 PROGRAMA INFORMÁTICO IBER	11
5.3.2.4 CONCLUSIONES.....	14
6. ESTUDIO HIDRÁULICO.....	14
6.1 ELEMENTOS DE DRENAJE SUPERFICIAL	15
6.2 CÁLCULOS HIDRÁULICOS	15
6.2.1 IBER	15
6.2.2 HEC-RAS	17
6.2.3 NORMATIVA.....	18
6.3 DIMENSIONAMIENTO DEL IMBORNAL	20
7. CONCLUSIÓN.....	21



1. OBJETIVO

El presente estudio de mejora de un aparcamiento en un área de servicio junto la N-234 y A-23 a su paso por Sarrión (Teruel) se ha centrado en el estudio hidráulico como Trabajo de Final de Grado (TFG) para la titulación del Grado en Ingeniería de Obras Públicas con especificación en hidráulica y medio ambiente en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos (ETSICCP) de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV). El estudio ha sido tutorizado por el profesor José Ángel Aranda Domingo.

El objetivo es comprobar que la red existente de drenaje es capaz de transportar el nuevo caudal de una tormenta de diseño como consecuencia del cambio de la infiltración del suelo al asfaltar una explanada. Evitando de esta manera que la formación de grandes charcos en la N-234 no se vuelva peligrosa por la aparición de *aquaplaning* o pérdida del control del vehículo debido a la falta de agarre de las ruedas por el agua.

Para lograr ese objetivo se diseña una red de sumideros que son capaces de introducir el agua de pluviales a la red de drenaje.

2. LOCALIZACIÓN

El área de servicio “La Pilarica” se encuentra junto a la carretera nacional N-234, Sagunto – Burgos, en el Km 83; a unos 700 m al norte del casco urbano de Sarrión (Teruel). Se accede desde la autovía A-23 por la salida 81.

Las coordenadas UTRS89 HUSO 30 del centro de la parcela donde se ubica el aparcamiento son:

X	Y
685.307	4.446.597

Fig. Coordenadas del área de servicio



Fig. Situación del área de servicio

Fuente: Elaboración propia



3. SITUACIÓN ACTUAL

Actualmente existe una estación de servicio y un restaurante que cuentan con un pequeño aparcamiento. Aprovechando que junto a estos servicios existe una explanada de tierra de 15.000 m², se pretende asfaltar con Mezcla Bituminosa en Caliente (MBC) para tener una superficie de aparcamiento bastante mayor, favoreciendo las maniobras y estancia de los camiones de grandes dimensiones.



Fig. Delimitación de la zona a asfaltar

Fuente: Elaboración propia

Esta explanada sin asfaltar vierte su escorrentía superficial a la cuneta adosada a la carretera de longitud 18 m.

Existe un colector de 600 mm de hormigón prefabricado como obra de drenaje longitudinal de la carretera adosado al arcén de ésta que recoge la escorrentía de la propia carretera y del pequeño aparcamiento y estación de servicio existente.

Este colector desagua a una obra de drenaje transversal (ODT) de la carretera que se localiza en las proximidades del pk 82,9; formada por un tubo de acero corrugado de 1.200 mm de diámetro.



Fig. Salida del colector a la obra de drenaje transversal de la carretera.

Fuente: Elaboración propia

4. ESTUDIO PREVIOS

Para la elaboración del Estudio se han tenido que realizar una serie de investigaciones previas basadas en necesidades básicas para el correcto desarrollo del trabajo.

4.1 ESTUDIO DE TRÁFICO

El fin de este estudio es para conocer la cantidad de vehículos y sobre todo vehículos pesados que transcurren por las carreteras colindantes al área de servicio. Puesto que el asfaltado de la explanada se realiza para un aparcamiento para camiones.

La carretera N-234 cuenta con una Intensidad Media Diaria (IMD) 224 veh/día y porcentaje de pesados del 9.8% lo que supone una IMDp de 22 veh/día.

La autovía A-23 tiene una Intensidad Media Diaria (IMD) 11.991 veh/día con un porcentaje de tráfico pesado del 28.1%, lo que hace que tenga una Intensidad Media Diaria de Pesados (IMDp) de 3370 veh/día.

4.2 ESTUDIO GEOLÓGICO

Este estudio tiene el objeto de caracterizar la geología presente en la zona norte de Sarrión (Teruel), donde se ubica el área de servicio. Con ello se averigua la naturaleza, origen y edad del estrato geológico.

En la zona de estudio hay presentes conos de deyección y travertinos recientes pertenecientes al Terciario mioceno superior o del Cuaternario pleistoceno respectivamente. El Pleistoceno



comprende desde 1,8 millones de años hasta los 0,01 millones de años atrás, correspondientes a la Edad de Hielo.

En este terreno no conviene realizar taludes mayores a 1H:3V

4.3 ESTUDIO TOPOGRAFICO

Para obtener la información al detalle de la zona del área de servicio al noreste del municipio de Sarrión se ha requerido el uso de cartografía facilitada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), además se ha complementado con un levantamiento topográfico para tener más precisión con los datos de partida del análisis del colector de aguas pluviales.

Para realización del levantamiento topográfico se ha empleado la última tecnología disponible para este trabajo, con la cual se aceleran y simplifican los trabajos topográficos de campo. Para ello se ha usado la tecnología GPS con el concepto de Estación de Referencia Virtual (VRS).

4.4 ESTUDIO CLIMÁTICO

El fin de este estudio es para obtener un mejor conocimiento de las condiciones climatológicas en la zona de estudio, al noroeste del municipio de Sarrión en la provincia de Teruel. Con ello obtenemos los datos necesarios para la estimación de caudales para los posteriores estudios hidráulico e hidrológico.

En general sobre todo en verano y en menor medida en invierno, la presencia de anticiclones cálidos subtropicales y de otros fríos de origen continental, que tienden a crear un tiempo estable. En cambio, durante la primavera y el otoño encuentran un camino de penetración más fácil las borrascas del frente polar, que son las responsables del tiempo más inestable y lluvioso de estas dos estaciones. («Atlas Climático de Aragón. Gobierno de Aragón», s. f., p. 15)

Estudio detallado en el anejo 3: “Estudio climatológico”.

4.4.1 PRECIPITACIÓN

El verano es pobre en lluvias donde se recoge entre el 10-15% respecto al total anual. En los meses de octubre y noviembre aumentan las precipitaciones. En invierno las lluvias suponen el 20-25% de las lluvias totales anuales. La entrada de la primavera suele ser un período de fuertes contrastes. En la zona de Sarrión la precipitación total anual media varía entre 450 y 600 mm.

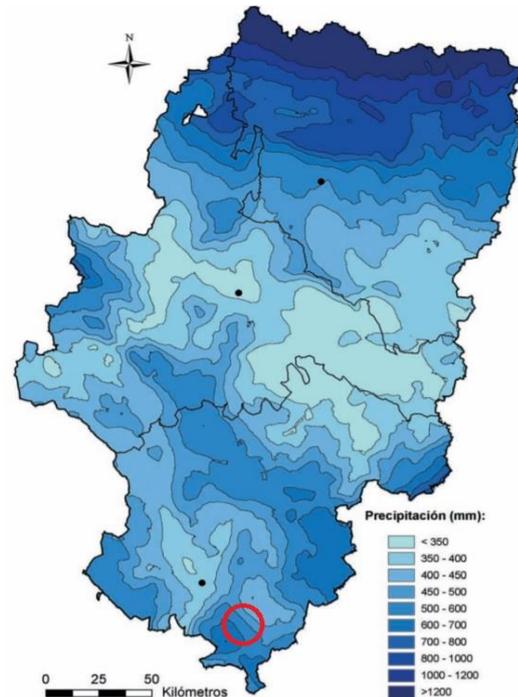


Fig. Precipitación total anual

Fuente: Atlas Climático de Aragón

4.4.2 TEMPERATURA

En la zona de Sarrión la temperatura media anual está entre 10 y 12°C. En verano la temperatura media se encuentra en torno a los 18°C, llegando a superar los 39°C de temperatura máxima. En los meses de invierno suele haber estabilidad anticiclónica con días soleados y fuertes heladas por las noches, dando en nuestra zona de estudio una temperatura media entre 3-5°C.

4.4.3 GRANIZO Y CONVECCION SEVERA

En la zona de estudio suele haber un promedio anual de 2-3 días de granizo

4.4.4 CLASIFICACIÓN DEL CLIMA

Según la clasificación de Köppen el clima en la zona es Cfb, tratándose de un clima templado cálido o mesotérmico, donde los inviernos suaves cuyo mes más frío no presenta temperaturas medias inferiores a -3°C, la precipitación es constante todo el año y el verano es cálido y largo, mínimo cuatro meses con temperatura superior a 10°C



5. ESTUDIO HIDROLÓGICO

El estudio hidrológico se realiza con el fin de evaluar el riesgo de inundación para los periodos de retorno de la zona afectada, de acuerdo a la Instrucción de Carreteras 5.2-IC “Drenaje Superficial”

5.1 CRITERIOS BÁSICOS

➤ PERIODO DE RETORNO (T)

Es el periodo de tiempo transcurrido para el cual el caudal máximo anual tiene una probabilidad de ser excedido de $1/T$

Para el caso de drenajes de la plataforma y márgenes el periodo de retorno T es igual a 25 años

➤ CAUDAL DE PROYECTO (Q_p)

Caudal que debe tenerse en cuenta para dimensionar, en este caso, el sistema de drenaje superficial de la carretera calculado según el capítulo 2 de esta normativa. Depende directamente del periodo de retorno.

➤ TIPO DE CUENCA

La normativa define diferentes tipos de cuencas, tratándose en nuestro caso de una cuenca secundaria generada por la construcción de la carretera y cuya escorrentía superficial se vierte a los elementos de drenaje. (1510200.pdf, s. f.)

5.2 PLUVIOMETRIA

Utilizando el documento “Máximas Lluvias Diarias en la España Peninsular” publicado por el Ministerio de Fomento obtenemos que la precipitación diaria máxima para el periodo de retorno T=25 años es de 96.408 mm/día.

5.3 CAUDAL DE DISEÑO

Tomando como dato de partida la precipitación diaria máxima obtenida en el estudio pluviométrico se calculan los caudales de diseño para un periodo de retorno T igual a 25 años de dos maneras diferentes.

5.3.1 MÉTODO RACIONAL

Es el método empleado según la IC-5.2 “Drenaje superficial” para cuencas con un área inferior a 50 km², en nuestro caso disponemos de un área de 25000 m² o 0.025 km². Los cálculos realizados están explicados en el anejo V: Estudio Hidrológico.

Los resultados de aplicar el método Racional son:



CAUDAL DE DISEÑO MÉTODO RACIONAL	
Período de retorno (T)	25
A (km ²)	0.025
L (m)	220
J	0.05
n	0.015
P _d (mm/día)	96.408
P _d (mm)	96.408
P ₀ (mm)	5.1
I ₁ /I _d	11
Coef. β	1.7
T _c (h)	0.197924
K _a	1
P' _d (mm)	96.408
P' ₀ (mm)	8.67
C	0.705691
I (mm/h)	109.4245
KT	1.009342
QT m³/s	0.643499

Fig. Caudal de diseño por el Método Racional

Fuente: Elaboración propia

5.3.2 PROGRAMA INFORMÁTICO IBER

5.3.2.1 DATOS PREVIOS

Para el empleo de este programa informático se ha partido de una serie de precipitaciones obtenida del MAXIN, aplicación elaborada por el CEDEX capaz de obtener intensidades para distintas frecuencias y duración en cualquier ubicación en España. Con estas precipitaciones se ha obtenido la curva IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia) para el periodo de retorno 25 años.

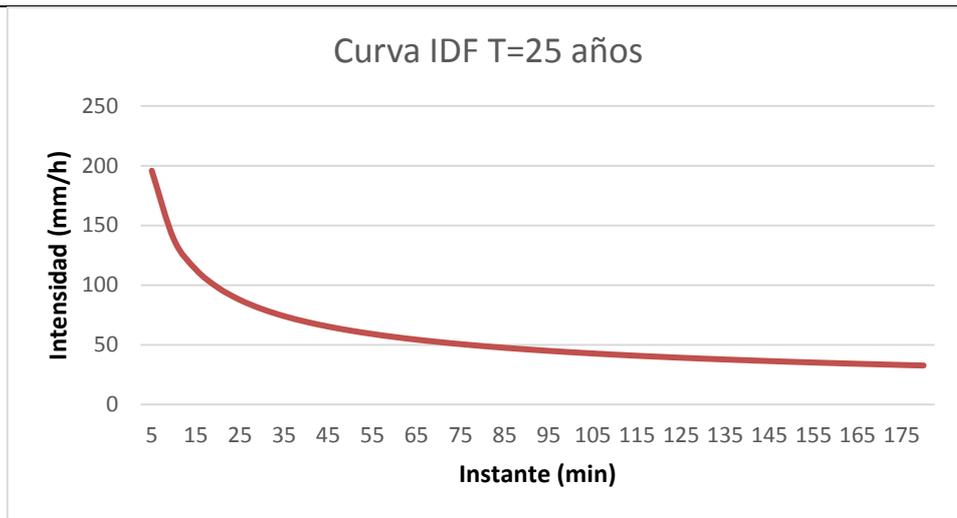


Fig. Curva IDF para T=25 años

Fuente: Elaboración propia

Con la curva IDF se obtiene el hietograma de la precipitación de diseño para un periodo de retorno de 25 años mediante el método de bloques alternos. Dicho hietograma será implementado en el programa de cálculo hidráulico (IBER) para la obtención del caudal generado por la escorrentía superficial.

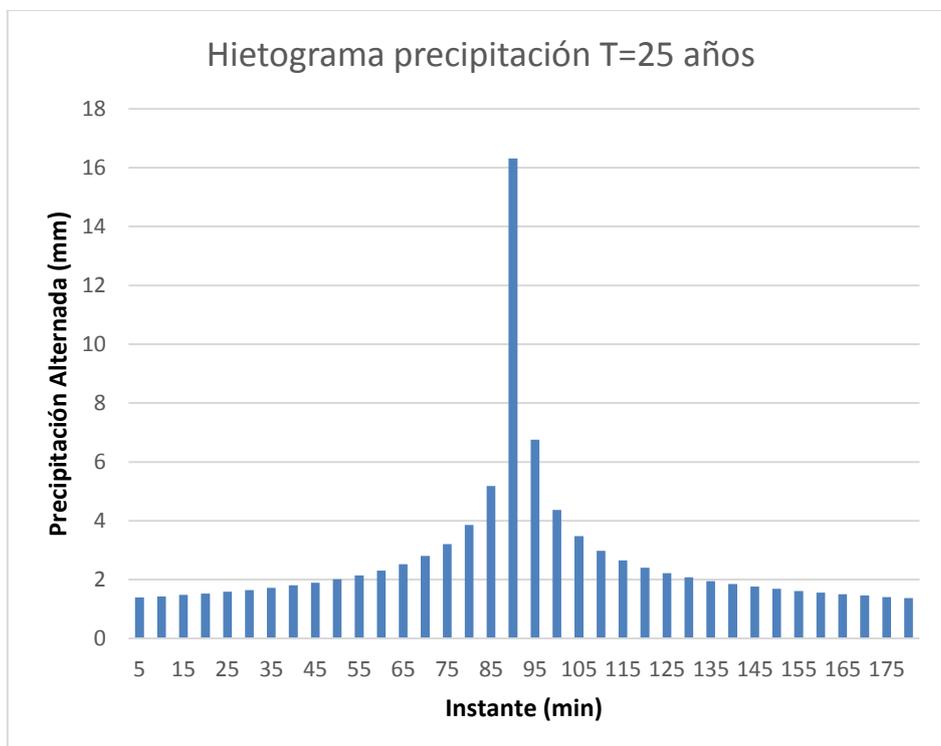


Fig. Hietograma de bloques alternados para T=25 años

Fuente: Elaboración propia



5.3.2.2 *CONDICIONES DE CONTORNO*

Las condiciones de contorno que se han supuesto, son las siguientes:

- Hietograma sobre la superficie de la explanada, con paso de tiempo 5 minutos.
- Aguas abajo: se han implementado 9 salidas en la cuales se ha supuesto calado crítico. De esta forma cuantificamos el caudal que pasa por cada tramo y permite identificar de forma precisa los puntos de concentración de caudal.
- Al asfaltar la explanada con Mezcla Bituminosa en Caliente (MBC) se ha supuesto un coeficiente de rugosidad de Manning para el terreno constante en todo el modelo igual a $n = 0,015$.

5.3.2.3 *RESULTADOS*

Al analizar en el programa IBER la dirección de los caudales podemos apreciar que no todos los caudales se introducen al colector. Hemos detectado que la mitad del caudal de la subcuenca 8 se marcha hacia el camino que hay detrás de la gasolinera sin entrar al colector. Además, todo el caudal de la subcuenca 9 tampoco entra a la tubería de 600 mm.

El caudal finalmente obtenido al final de la explanada para una precipitación asociada a un periodo de retorno de 25 años es de 350 l/s. Este caudal es casi la mitad que el obtenido sin mirar la dirección del flujo.

En la gráfica de abajo se observa el caudal total generado en la explanada (azul) y los caudales que se vierten hacia la carretera nacional (rojo), como los que drenan hacia la actual gasolinera (verde) y que discurren superficialmente por el antiguo trazado de la carretera hasta la obra de fábrica (ODT) que cruza la actual nacional (tubo de acero corrugado de 1.200 mm de diámetro).

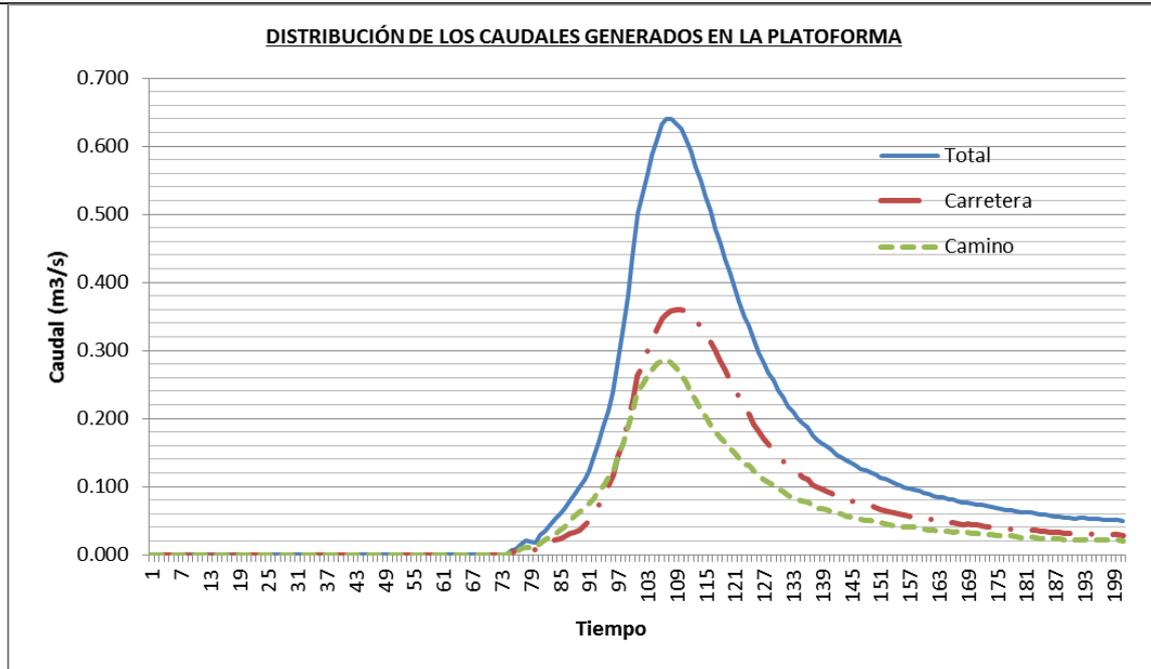


Fig. Distribución de los caudales generados en IBER

Fuente: Elaboración propia

Corrección de caudales (m3/s)		
Total	Carretera	Camino
0.640	0.35021796	0.286

Fig. Corrección de caudales

Fuente: Elaboración propia

5.3.2.4 CONCLUSIONES

De todos los caudales obtenidos nos quedamos con el más realista y mejor se ajusta a las condiciones de la realidad, el método IBER corregido de caudal 350 l/s

Caudal (m3/s)	
MÉTODO RACIONAL	0.643
IBER SIN CORREGIR	0.64025566
IBER CORREGIDO	0.350

Fig. Caudales obtenidos por diferentes métodos

Fuente: Elaboración propia

6. ESTUDIO HIDRÁULICO

Este estudio se realiza para dimensionar y comprobar el drenaje de la plataforma antes de su construcción. Se hace necesario estudiar qué ocurrirá en un episodio de lluvia y evitar la formación



de grandes charcos, sobre todo prevenir que toda la escorrentía generada por el nuevo asfaltado no llegue a la carretera.

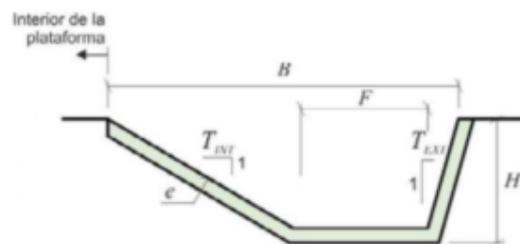
En caso de que se generen retenciones de agua en la carretera, la circulación en ese tramo se volvería muy peligrosa favoreciendo la aparición de *aquaplaning* o pérdida del control del vehículo debido a la falta de agarre de las ruedas por el agua.

6.1 ELEMENTOS DE DRENAJE SUPERFICIAL

Del listado de elementos que recoge la escorrentía superficial de la Instrucción de Carreteras se van a colocar:

CUNETETA

En los primeros 18 metros de la canalización del drenaje se trata de una cuneta trapecial no simétrica revestida de hormigón que desagua al colector.



Medidas de la cuneta:

$B=8.5\text{m}$

$F=1\text{m}$

$H=0.7\text{m}$

$T_{int}=1.5H:1V$

$T_{ext}=3H:1V$

COLECTOR

Hay presente una tubería de hormigón prefabricado de 220 m de longitud. Cuenta con un diámetro de 600 mm.

6.2 CÁLCULOS HIDRÁULICOS

6.2.1 IBER

Se ha dividido en la simulación hidráulica la salida de la escorrentía en el extremo inferior de la explanada, junto a la carretera, con el fin de determinar si existe una concentración de estas aguas superficiales. De la representación de la planta de velocidades y calados se puede observar que el agua superficial se concentra en el límite este de la explanada, y concretamente en dos puntos; uno en la zona sureste, junto a la estación de servicio; y otro en la zona central del límite este de la explanada.



Los calados más importantes se producen en la zona baja de la explanada, con máximos en torno a 25 cm, mientras en el resto de la superficie no superan los 5 mm.

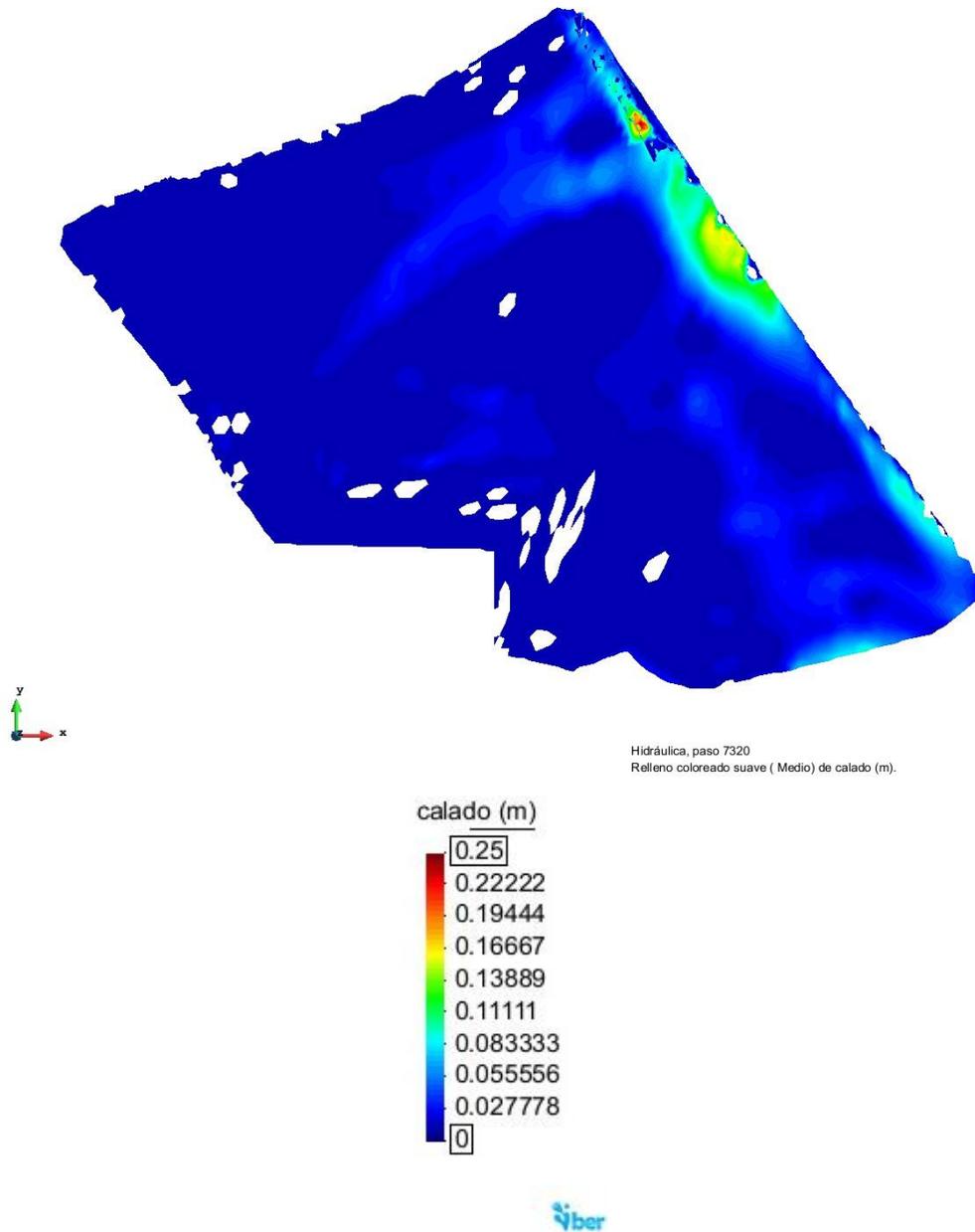


Fig. Calados de la explanada entre 0 y 25 cm.

Fuente: IBER

Las velocidades son inferiores a 0,5 m/s, como puede observarse en la siguiente figura.

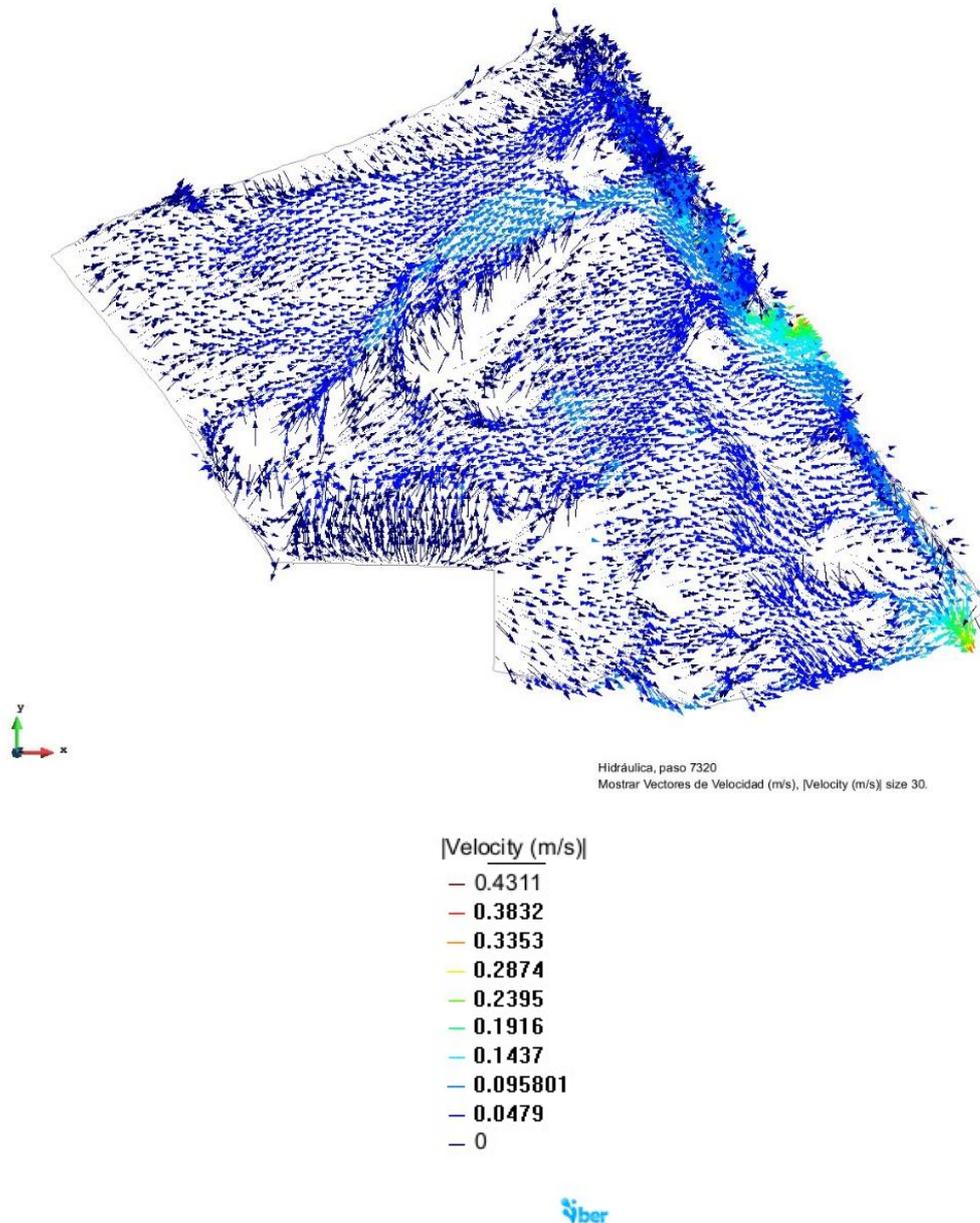


Fig. 6: Velocidades en la explanada.

Fuente: IBER

6.2.2 HEC-RAS

Se ha utilizado para el dimensionamiento del colector con el fin de obtener el perfil de la superficie para el flujo subcrítico, supercrítico o mixto.



De los resultados obtenidos se deduce que para el colector actualmente colocado, de hormigón de 600 mm de diámetro, éste no entraría en carga para caudales inferiores a 600 l/s. Por tanto se considera suficiente este colector ya que el caudal total a evacuar es de 350 l/s.

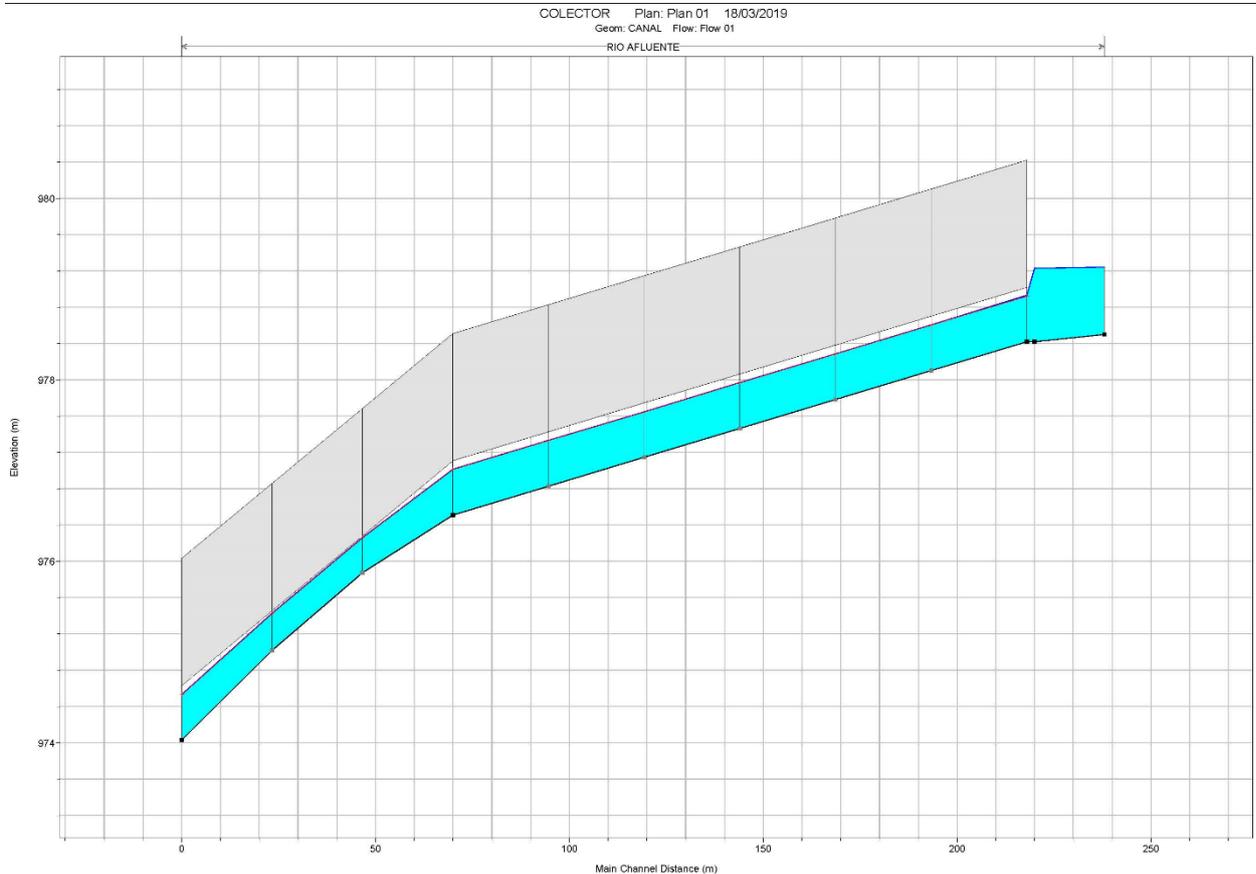


Fig. 8: Perfil longitudinal del colector con la lámina de agua para un caudal de 600 l/s.

Fuente: HEC-RAS

6.2.3 NORMATIVA

La IC-5.2 “Drenaje superficial” exige la comprobación para los elementos de drenaje dimensionados.

	J	n	Rh (m ³ /s)	Qch (m ³ /s)	Vp (m/s)
CUNETA	0.011	0.015	0.3496	2.77	0.599
1º TRAMO COLECTOR	0.012	0.015	0.1719	0.6213	2.257
2º TRAMO COLECTOR	0.037	0.015	0.1719	1.1	3.208

Fig. Capacidad hidráulica de los diferentes tramos

Fuente: Elaboración propia



En la tabla anterior podemos ver como las capacidades hidráulicas de los tres tramos es superior al caudal de proyecto de $0.350 \text{ m}^3/\text{s}$, siendo la menor capacidad de $0.6213 \text{ m}^3/\text{s}$. La velocidad de proyecto en ningún tramo alcanza la velocidad máxima para superficies de hormigón de 6 m/s , por tanto la velocidad media de proyecto no supera el valor máximo exigido por la norma.



6.3 DIMENSIONAMIENTO DEL IMBORNAL

Para nuestras condiciones de ubicación, pendiente y uso se ha prescindido del uso de rejillas transversales continuas y apostar por rejillas estratégicamente colocadas de 100 cm de largo y 50 cm de ancho, las cuales han sido ensayadas por la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC).

De los estudios realizados por la UPC podemos afirmar que la rejilla analizada puede captar un caudal de 75 l/s con una eficiencia hidráulica en torno al 0.9 en bajas pendientes, lo que quiere decirnos que es capaz de recoger casi la totalidad de escorrentía superficial. Será necesario colocar mínimo 5 imbornales para que recojan unos 70 litros por rejilla.



7. CONCLUSIÓN

Considerando que el presente Estudio Hidráulico sobre ESTUDIO DE MEJORA DE UN APARCAMIENTO EN UNA ÁREA DE SERVICIO JUNTO LA N-234 Y A-23 A SU PASO POR SARRIÓN (TERUEL) ha sido redactado de acuerdo con la normativa técnica y administrativa en vigor, y con los documentos que integran este Estudio (memoria, anejos y planos), se encuentran suficientemente detallados todos los elementos necesarios.

Valencia, Septiembre 2019

Fdo: Sergio Felipe Tercero