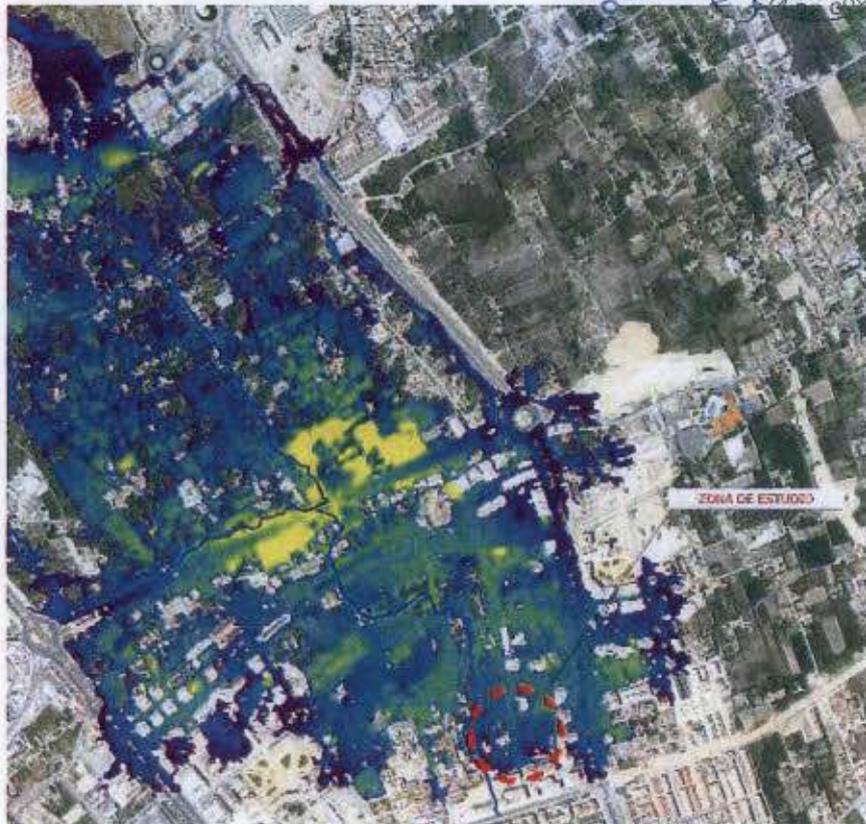


**ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL
PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP
CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)**

conforme con su antecedente
El Jefe del Servicio Administrativo
M^{ra} Dolores Martínez Gimeno

AYUNTAMIENTO DE MURCIA
DILIGENCIA: Aprobado inicialmente por
la Junta de Gobierno en sesión de
15 MAR 2019
CONCEJAL-SECRETARIA
M. Pleguez



AYUNTAMIENTO DE MURCIA



20/12

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)

0.- INDICE.

0.- INDICE.....	1
1.- MEMORIA.....	0
1. ANTECEDENTES Y OBJETO.....	0
2. CONTENIDOS.....	0
3. JUSTIFICACIÓN HIDROLÓGICA.....	1
3.1. Caracterización hidrológica.....	1
3.2. Delimitación de cuencas y cauces.....	3
3.2.1. Paso 1. Delimitación de cuencas.....	4
3.2.2. Paso 2. Delimitación de cauces.....	6
3.3. Caracterización geométrica de las cuencas.....	8
3.4. Caracterización hidrológica de cuencas. Método del número de curva del SCS....	9
3.5. Caracterización hidrometeorológica. Lluvia de diseño.....	19
3.6. Hidrograma adimensional del SCS.....	22
3.7. Generación de modelo hidrológico en HEC-HMS.....	23
3.8. Hidrograma adimensional del SCS.....	24
4. CARACTERIZACIÓN HIDRÁULICA.....	26
4.1. Objetivo.....	26
4.2. Características.....	26
5. ESTUDIO DE INUNDABILIDAD.....	28
5.1. Objetivo.....	28
5.2. Modelo matemático empleado.....	28

**ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL
PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-
6 (TA-380) (T.M. MURCIA)**

5.3.	Caracterización hidráulica.....	31
5.4.	Resultados.....	32
6.	CONCLUSIÓN.....	33
1.	Introducción y justificación del modelo.....	1
2.	Ecuaciones hidrodinámicas.....	2
3.	Tensiones efectivas.....	3
4.	Generación de la malla del modelo.....	6
5.	Condiciones Hidrodinámicas.....	7
6.	Condiciones hidrodinámicas iniciales:.....	7
7.	Condiciones hidrodinámicas de contorno:.....	8
8.	Condiciones hidrodinámicas internas:.....	11
9.	Rugosidad:.....	13
10.	Infiltración:.....	14
11.	Otras condiciones:.....	15
12.	Simulación del modelo y generación de resultados:.....	16
II.-	PLANOS.....	17

I.- MEMORIA.

1. ANTECEDENTES Y OBJETO

La empresa **CESYR ESTUDIOS Y CONSTRUCCIONES,S.L.** elabora el presente estudio hidrológico, hidráulico y de inundabilidad de forma complementaria al **Plan Especial en parcela DP2a de uso deportivo UA1 del plan parcial CR-6 (TA-380)**, con el objeto de elaborar un análisis del emplazamiento de la zona de estudio que permitan obtener los caudales máximos esperados, así como la mancha de inundabilidad y los calados en dicha zona.

Por otro lado, el objeto de este documento es el de obtener las autorizaciones preceptivas por parte del Organismo de cuenca competente (**CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL SEGURA**), así como del resto de organismos intervinientes.

2. CONTENIDOS

Este estudio analiza con detalle **la generación y circulación de aguas de escorrentía** en la zona, a partir de la simulación de tormentas de proyecto configurando un modelo hidrológico- hidráulico.

El proceso comienza con el análisis de la topografía del ámbito. En ella se determinan los distintos **usos de suelo** y características drenantes de las cuencas vertientes, que tienen gran influencia en la formación de caudales de escorrentía superficiales, y las características geométricas de las mismas (longitud, forma, pendiente, etc.).

Posteriormente, se diseñará la tormenta de proyecto para el período de retorno necesario, a partir de modelos suficientemente probados en la zona climática en la que nos encuadramos, y que se personalizan con los datos de lluvia concretos del lugar, tomados de la publicación "Máximas lluvias diarias en la España peninsular" del ministerio de fomento.

Al aplicar la tormenta de proyecto en el ámbito de actuación se determinan los caudales de escorrentía generada por la lluvia, que podrían llegar a circular por la zona para dicho período de retorno. Ello se puede hacer aplicando distintas metodologías de cálculo; la más usual es el método racional, pero arroja unos resultados excesivamente

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)

groseros para cuencas de tamaño medio-grande, por lo que se ha preferido utilizar modelos más sofisticados.

El modelo que se va a utilizar calcula la intensidad media de precipitación a partir de las curvas **IDF sintéticas de la DG de Carreteras**. La tormenta de proyecto se configura mediante el hietograma por el método de bloques alternados, la infiltración se obtendrá con el método del **número de curva (CN)** y el modelo de transformación lluvia-caudal que se empleará será el del **hidrograma unitario del SCS**. Por último, la traslación de caudales de avenida, se efectuará mediante el Método de Muskingum. Todo ello aplicado utilizando el programa HEC-HMS del American Corps of Engineer.

3. JUSTIFICACIÓN HIDROLÓGICA

El objeto del presente apartado es el de elaborar un análisis hidrológico del emplazamiento que permita obtener los caudales máximos esperados para cada uno de los períodos de retorno.

Para conseguir tal fin se realizará lo siguiente:

- **Delimitación de las cuencas vertientes** objeto del estudio mediante cartografía MDT base, procedente del Instituto Geográfico Nacional, así como los datos de Usos de suelo y material geológico.
- Caracterización de **las lluvias de diseño**, utilizando la metodología convencional de bloques alternos.
- **Modelización de los caudales punta mediante el software HEC-HMS** para las lluvias de diseño teóricas de período de retorno extraordinario: 100 y 500 años.

3.1. Caracterización hidrológica

En el primer paso para cualquier informe o estudio hidrológico es la obtención de las características físico-hidrológicas de la cuenca para proceder con la caracterización de las cuencas hidrológicas y **delimitar las zonas vertientes**, qué superficie drena hacia la misma dirección y dónde se sitúa el cauce de estudio, líneas de máxima acumulación de flujo.

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)

Las características físicas se han obtenido mediante reconocimiento visual y medición sobre los planos del proyecto. Son las siguientes:

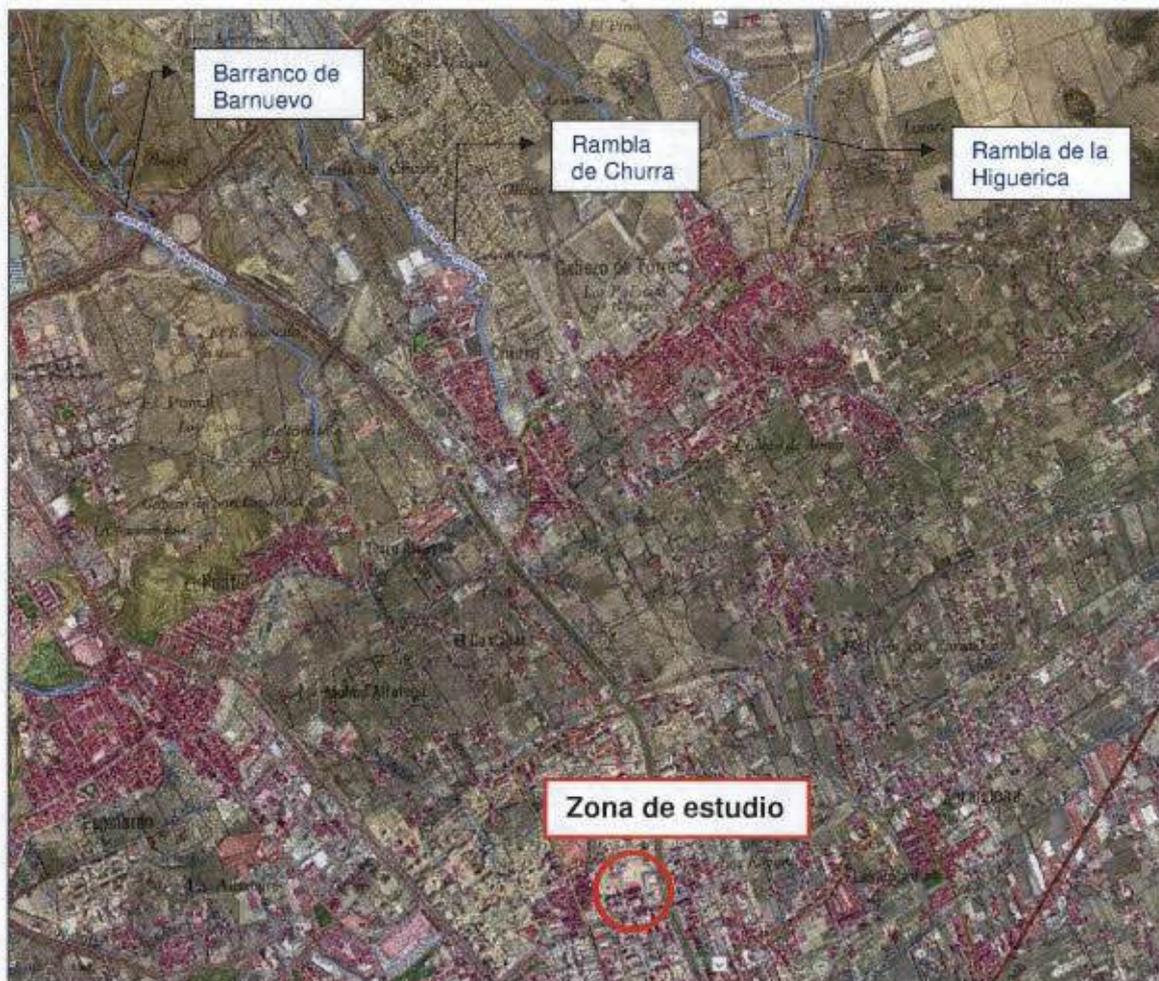
- A: Área de la cuenca (km²).
- L: Longitud del cauce principal (km).
- Z_{máx}: Cota máxima del cauce principal de la cuenca (m).
- Z_{mín}: Cota mínima del cauce principal de la cuenca (m).
- J: Pendiente media del cauce principal (m/m).

Todas estas características serán halladas mediante **herramientas SIG**, Sistemas de Información Geográfica, utilizando como datos base modelos digitales de elevaciones obtenidos del instituto geográfico nacional y el proyecto PNOA. El software utilizado es el programa **QGIS** y la herramienta es **Watersheed**, encargada de rastrear la matriz de elevaciones de que se compone el ráster e identificar las zonas de máximas pendientes, dibujar las cuencas y los cauces.

La zona de estudio se encuentra situada en la calle Doctor José Ruiperez, en las inmediaciones de la intersección de la avenida Juan de Borbón y la avenida Principe de Asturias. A continuación, se muestra el emplazamiento de la zona de estudio.



ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)



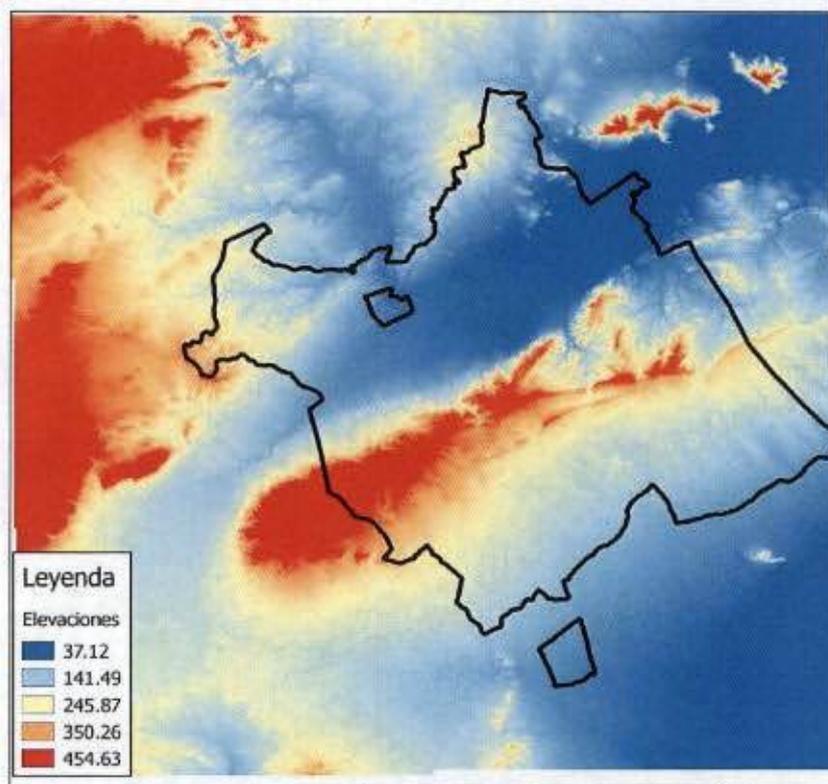
3.2. Delimitación de cuencas y cauces

En primer lugar, es necesario obtener un modelo digital de elevación en formato ráster de matrices (tamaño de celda constante). Este modelo será obtenido mediante del software de libre distribución **Quantum GIS (QGIS)** creado por la fundación OSGeo y el complemento desarrollado por la misma del modelo GRASS (este modelo comenzó como un lenguaje de programación para terminar convirtiéndose en un software independiente).

El software citado es capaz de analizar las matrices que componen los modelos digitales de elevación o MDE y delimitar las zonas que vierten a un mismo punto. A continuación, puede observarse, con un zoom más global, el MDE utilizado proveniente del Proyecto PNOA del Instituto Geográfico Nacional, un ráster con malla de 5 metros por pixel.

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)

La capa base que representa el MDE de Murcia, nos servirá para el estudio y es la siguiente:



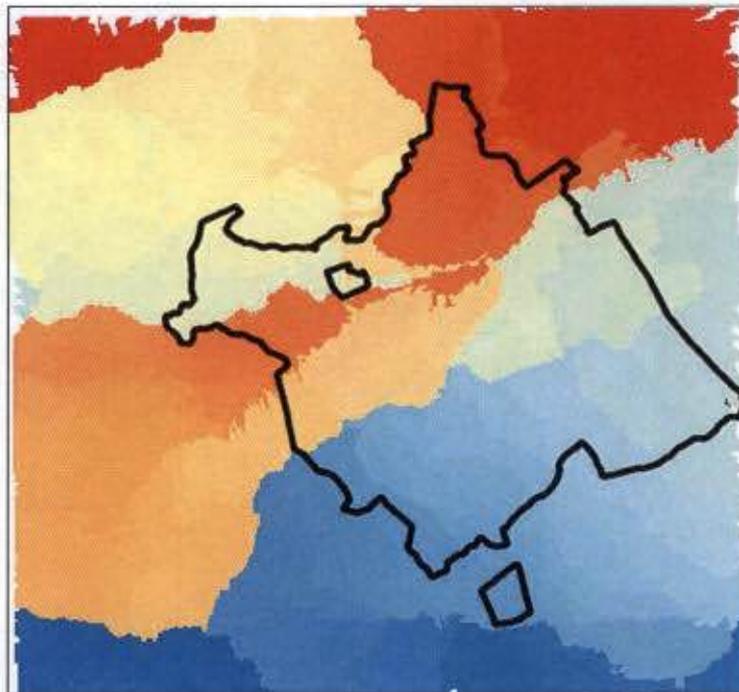
A continuación, se mostrarán los pasos seguidos para la obtención geométrica de cuencas y cauces:

3.2.1. Paso 1. Delimitación de cuencas

Utilizando la herramienta **Watersheed**, el programa analiza los grupos de píxeles de elevación para generar una pendiente confluyente en un único punto. En el primer paso el resultado puede parecer caótico, por lo que se realizará un filtro que minimice el resultado facilitando la visualización de las cuencas.

De esta manera se obtiene la siguiente delimitación, donde se observan las cuencas en las que se ubican las obras en estudio:

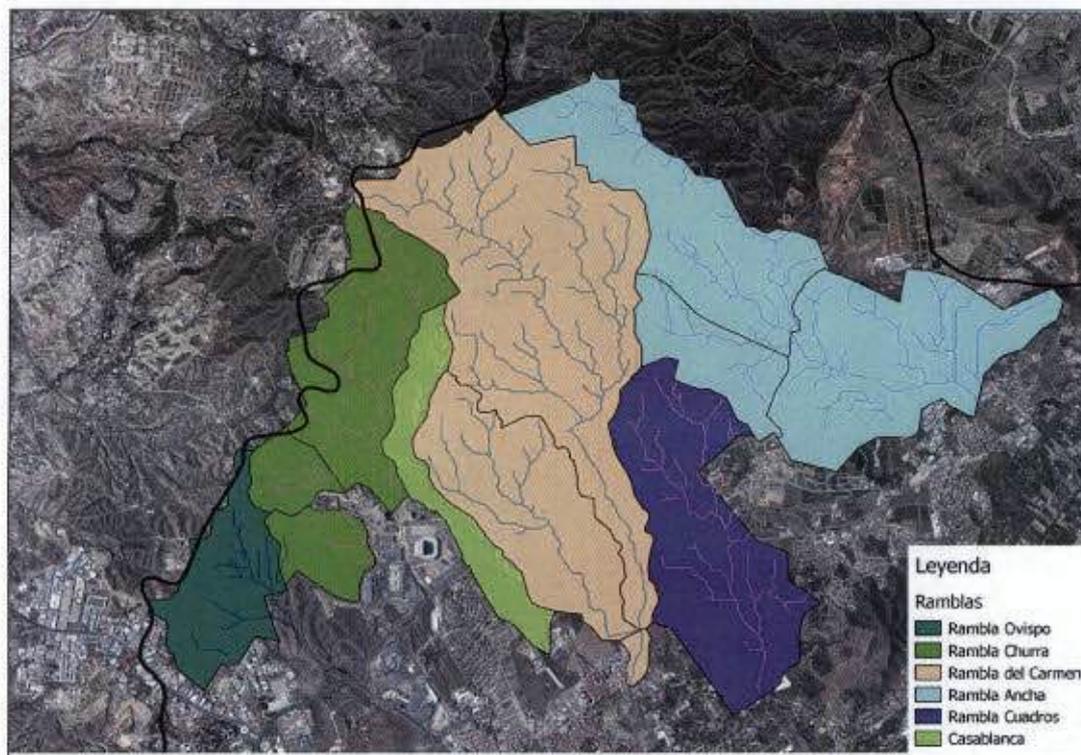
ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL
PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-
6 (TA-380) (T.M. MURCIA)



De esta manera se obtiene la delimitación de las cuencas a estudiar.

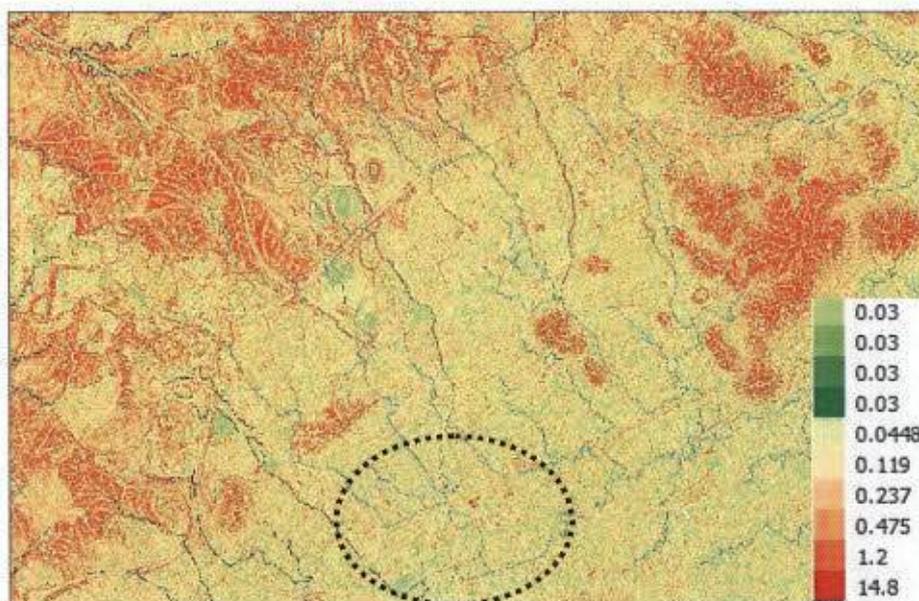
Tal cual se muestra en siguiente imagen, la zona de estudio está afectada por las cuencas de la Rambla del Carmen y Casablanca, las cuales se estudian a continuación:

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)



3.2.2. Paso 2. Delimitación de cauces

Para obtener la delimitación de los cauces, en primer lugar, se elabora un análisis de las elevaciones del archivo ráster, obteniendo de esta forma las pendientes del terreno, en este caso van desde 0 al 14,8%, tal y como puede verse en la siguiente imagen:



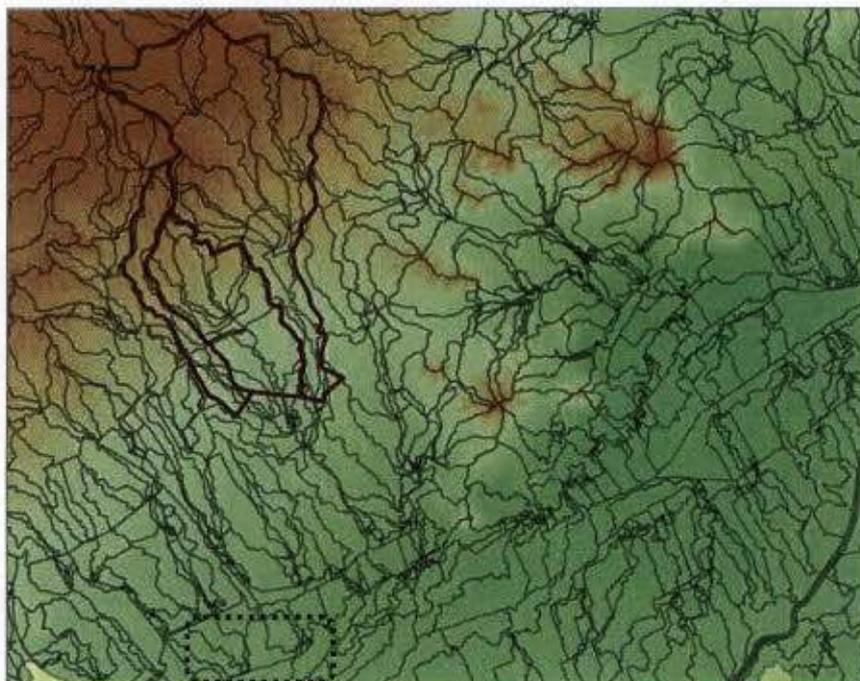
ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)

Estudiando las pendientes, el software localiza **las zonas de acumulación de flujo**, uniéndolos y filtrando los resultados. Eliminando los píxeles sin datos, vectorizando los restantes y cambiando el color a una tonalidad azul se obtiene la siguiente imagen los cauces resultantes. Recortando la capa y eliminando los cauces que quedan fuera de la zona de estudio, se obtiene el siguiente resultado:



Vectorizando los resultados anteriores y recortando las cuencas que afectan a nuestra zona de estudio, se obtienen los siguientes polígonos:

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)



Una vez obtenidos estos resultados es posible exponer los principales parámetros geomorfológicos:

Cuenca	Área (m ²)	Área (ha)
CARMEN	9.389.000	938,9
CASABLANCA	1.200.000	120

3.3. Caracterización geométrica de las cuencas

Una vez delimitada la cuenca, se procede a su caracterización geométrica y tiempo de concentración, utilizando la siguiente formulación:

El valor del tiempo de concentración T_c se estima mediante la fórmula de California, la cual se considera la más representativa del litoral mediterráneo:

$$T_{entrada} = 0.066 \cdot \left(\frac{L}{J^2} \right)^{0.77}$$

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)

Donde:

$T_{entrada}$: tiempo de concentración (horas)

L: longitud del curso principal (km)

J: pendiente del curso principal (m/m)

Cuenca	Área (m ²)	Área (ha)	Long. Cauce (m)	Ancho (m)	Pendiente (m/m)	Tiempo de concentración (h)
CARMEN	9.389.000	938,9	9622	14,56	975,7	0,756
CASABLANCA	1.200.000	120	3750	18,00	320	0,780

3.4. Caracterización hidrológica de cuencas. Método del número de curva del SCS

La metodología elegida para la caracterización de la capacidad de infiltración de las cuencas será la del número de curva. El método del Número de Curva (CN) es una técnica semiempírica desarrollada por el SCS para estimar la infiltración. El modelo asume la hipótesis conceptual de que la escorrentía acumulada en una porción de la cuenca es a la infiltración acumulada, como la precipitación bruta acumulada, una vez descontada la fracción necesaria para que se produzca encharcamiento, a la máxima infiltración acumulada que puede producirse, es decir:

$$\frac{Q}{P} = \frac{P - P_0}{S}$$

siendo S la máxima infiltración potencial, F la infiltración real después del encharcamiento, P la precipitación, Q la escorrentía superficial y P0 el umbral de escorrentía.

Se asume una relación media experimental entre el umbral de escorrentía y la máxima infiltración potencial de:

$$P_0 = 0.2S$$

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)

Además, a través de estudios empíricos realizados por el SCS se permite relacionar la máxima infiltración potencial con un número de referencia, denominado número de curva, CN:

$$S = \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

El parámetro "S" varía desde 0 hasta un valor indefinido, por ello se expresa en función del Número de Curva, ya que este valor en cambio varía entre 0 y 100.

El parámetro del Número de Curva, que se encuentra tabulado, depende de tres parámetros:

- Tipo de suelo, relacionado con el potencial de escurrimiento del suelo.
- Uso y tratamiento del suelo.
- Condición de humedad antecedente.

Al tratarse de un valor dependiente de varios criterios y con cierta complejidad para grandes extensiones de terreno, el CEDEX en la publicación "Generación automática del Número de Curva con Sistemas de Información Geográfica" de 1995, comenta el método para la obtención del Número de Curva mediante herramientas SIG. Se trata de un método complejo ya que es necesario realizar continuas modificaciones en las tablas de atributos, creando nuevos campos, realizando uniones entre tablas, combinando campos, reclasificando distintas tablas y multiplicándolas, etc.

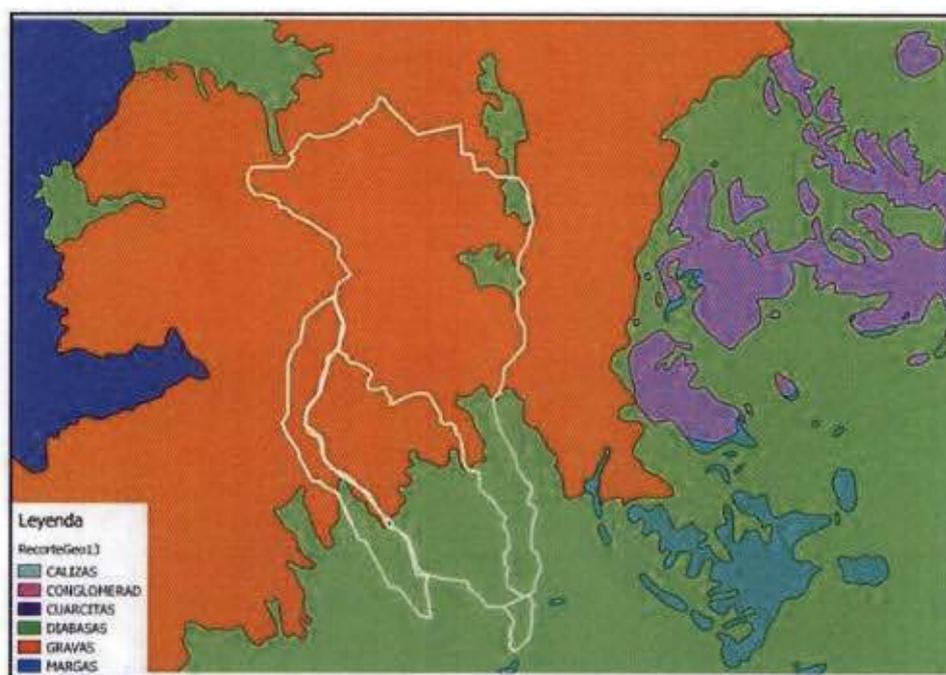
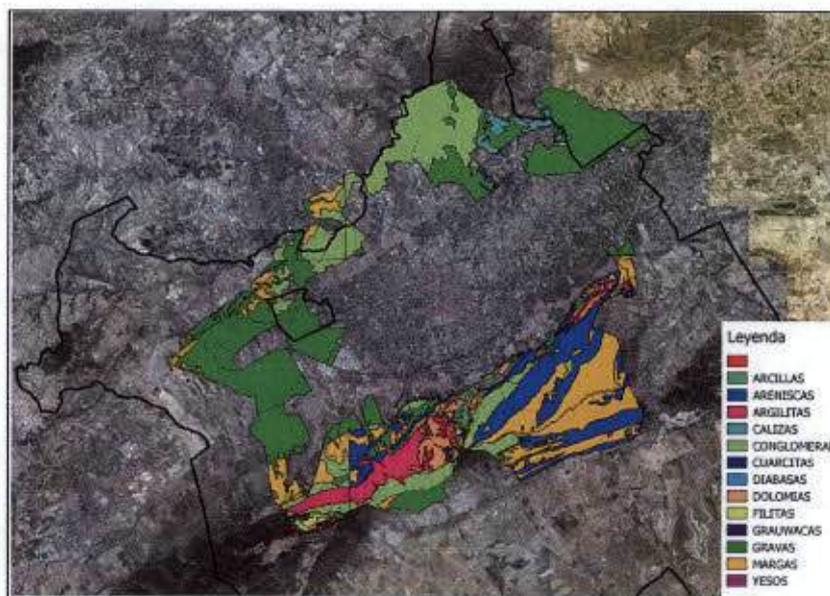
Este método está basado en la transformación de las tablas del umbral de escorrentía (P0) a valores de Número de Curva. Los valores de P0 se usan en el método de la Instrucción de Drenaje 5.2-IC del Ministerio de Fomento para determinar los caudales punta. El valor de P0, además de depender del uso y del tipo de suelo, depende también de la pendiente, por lo que la diferencia fundamental entre ambos métodos para obtener los Números de Curva está en considerar o no la pendiente del terreno.

Tratamiento de la información geológica

La información geológica corresponde a los mapas geológicos editados por el Instituto Tecnológico GeoMinero de España en 1977, a escala 1:50.000 y en formato shapefile.

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)

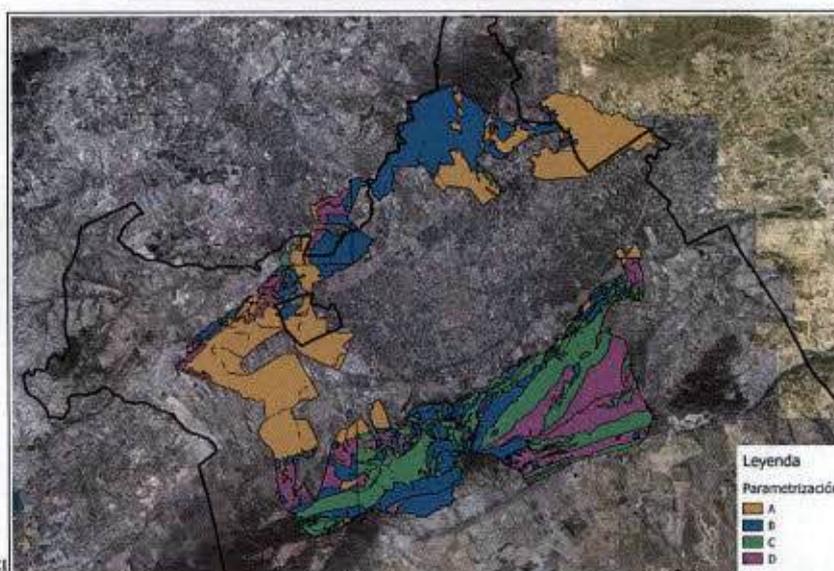
El tratamiento a realizar con la información geológica es asignarle a cada elemento de la leyenda un grupo hidrológico del suelo A, B, C o D. La asignación de un grupo hidrológico a una clase geológica no es directa, por lo que hay que realizar un estudio de la memoria geológica de cada hoja, donde se dan indicaciones más precisas de cada tipo de suelo.



ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)

El tratamiento a realizar con la información geológica es asignarle a cada elemento de la leyenda un grupo hidrológico del suelo A, B, C o D. La asignación de un grupo hidrológico a una clase geológica no es directa, por lo que hay que realizar un estudio de la memoria geológica de cada hoja, donde se dan indicaciones más precisas de cada tipo de suelo. En la Tabla siguiente se muestra una clasificación propuesta:

Código_DLO	Grupo
Aluviones y Coluviones actuales	A
Arenas y margas	B
Areniscas rojas, filitas, cuarcitas y pizarras	C
Basaltos	D
Calizas recristalizadas cremas	B
Calizas tableadas azules	B
Coluvial	A
Conos de deyección	A
Cuarcitas blancas, micaesquistos plateados y gneises albiticos	B
Cuarcitas micaceas	D
Diabasas	D
Dolomías negras y calizas	B
Filitas, cuarcitas y calcoesquistos	C
Glacis. Limos negros y rojos y cantos encostrados	C
Indiferenciado	C*
Limos y arcillas rojas con episodios de caliche	C
Margas arenosas y margas	C
Margas blancas	D
Margas grises	D
Margas y areniscas	B
Marmoles calizos y dolomíticos	C
Mármoles fajeados y mármoles blancos y crema	C
Micacitas con granates	C
Micaesquistos y cuarcitas	C
Pizarras micaceas y micacitas	D
Terrazas	B
Yesos	C

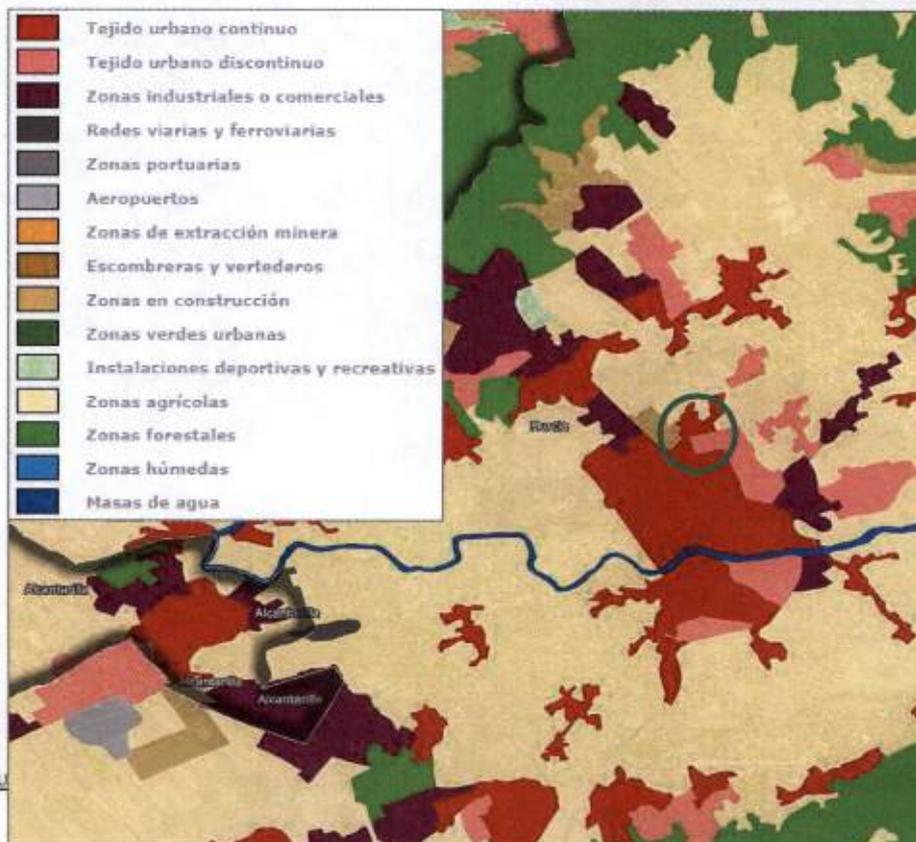


ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)

Tratamiento de la información usos de suelo

La información utilizada para la caracterización de los usos del suelo en este proyecto ha sido la suministrada por el proyecto CORINE Land Cover 2000 (CLC2000). El objetivo fundamental del proyecto CLC es la captura de datos de tipo numérico y geográfico para la creación de una base de datos sobre la cobertura y uso de todo el territorio europeo, y la permanente actualización de dicha base de datos geográfica. La nomenclatura es jerárquica, distinguiendo 5 niveles y 85 clases.

La escala cartográfica de esta base de datos es 1:100.000, aunque utilizando como referencia IMAGE2000 se ha conseguido que la precisión cartográfica mínima sea de 25 metros. Esta es la gran ventaja del proyecto CORINE, ya que la identificación de cada punto es muy buena, aunque por contra existe el inconveniente de que los bordes de los polígonos no están bien definidos. Información obtenida del suelo CORINE (Año 20016):



ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)

La metodología para el método "Generación automática del Número de Curva con Sistemas de Información Geográfica" es la siguiente:

- Clasificar la leyenda geológica a grupos hidrológicos del suelo, según la Tabla. "Clasificación propuesta de grupos hidrológicos del suelo".
- Generar el mapa de pendientes y clasificar en dos grupos: $< 3\%$ y $\geq 3\%$. Después hay que reclasificar, asignando el valor 1 a las celdas con pendiente inferior el 3% y el valor 2 a las celdas con pendiente igual o superior al 3%.
- Clasificar los usos del suelo de acuerdo a la leyenda propuesta en el método. Una propuesta se recoge en la Tabla correspondiente.
- Convertir a raster los shapefiles de tipos y usos de suelo, con tamaño de celda igual al del MDE.
- Reclasificar pendientes, tipos y usos de suelo de acuerdo a la Tabla de números primos.
- Multiplicar las tres capas con "Spatial Analyst". Como están en formato raster se pueden multiplicar (el formato raster se trata matemáticamente como una matriz, esa es su principal ventaja). El motivo de hacer una reclasificación con números primos es que al multiplicar las tres capas reclasificadas solo habrá un único número expresado como combinación de las tres variables que condicionan el valor del número de curva.
- Por último, hay que deshacer la reclasificación pasando de números primos a números de curva, utilizando las tablas siguientes. Así a cada número primo le corresponderá un número de curva.

A continuación, se muestran las tablas de usos de suelo y su traducción utilizado por CEDEX.

**ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL
PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-
6 (TA-380) (T.M. MURCIA)**

Usos de suelo - CORINE	Usos de suelo - Método CEDEX
Autopistas, autovías y terrenos asociados	Impermeable
Bosques de coníferas	Masa forestal espesa
Citricos en regadio	Plantación regular de aprovechamiento forestal medio
Cultivos agrícolas en secano con zonas de vegetación natural	Rotación de cultivos pobres
Cultivos anuales permanentes en regadio	Rotación de cultivos densos
Cultivos anuales permanentes en secano	Rotación de cultivos pobres
Cultivos herbáceos en regadio	Rotación de cultivos densos
Frutales en secano	Plantación regular de aprovechamiento forestal pobre
Grandes formaciones de matorral medianamente denso	Masa forestal clara
Grandes superficies de equipamientos y servicios	Impermeable
Matorral boscoso de coníferas	Masa forestal media
Matorrales subarbustivos muy poco densos	Masa forestal muy clara
Otras instalaciones deportivas y recreativas	Impermeable
Otros frutales en regadio	Plantación regular de aprovechamiento forestal medio
Pastizales naturales mediterráneos	Pradera pobre
Tejido urbano continuo	Impermeable
Tejido urbano discontinuo	Impermeable
Tierras de labor en secano	Rotación de cultivos pobres
Xeroestepa subdesértica	Masa forestal muy clara
Zonas industriales	Impermeable
Zonas portuarias	Impermeable
Zonas verdes urbanas	Pradera pobre

Característica	Número primo
Pendiente < 3%	1
Pendiente ≥ 3%	2
Grupo hidrológico de suelo A	3
Grupo hidrológico de suelo B	5
Grupo hidrológico de suelo C	7
Grupo hidrológico de suelo D	11
Barbecho	13
Cultivos en hilera	17
Cereales de invierno	19
Rotación de cultivos pobres	23
Rotación de cultivos densos	29
Pradera pobre	31
Pradera media	37
Pradera buena	41
Pradera muy buena	43
Plantaciones regulares de aprovechamiento forestal pobre	47
Plantaciones regulares de aprovechamiento forestal medio	53
Plantaciones regulares de aprovechamiento forestal bueno	59
Masa forestal (bosques, monte bajo, ...) muy clara	61
Masa forestal (bosques, monte bajo, ...) clara	67
Masa forestal (bosques, monte bajo, ...) media	71
Masa forestal (bosques, monte bajo, ...) espesa	73
Masa forestal (bosques, monte bajo, ...) muy espesa	79
Rocas permeables	83
Rocas impermeables	89

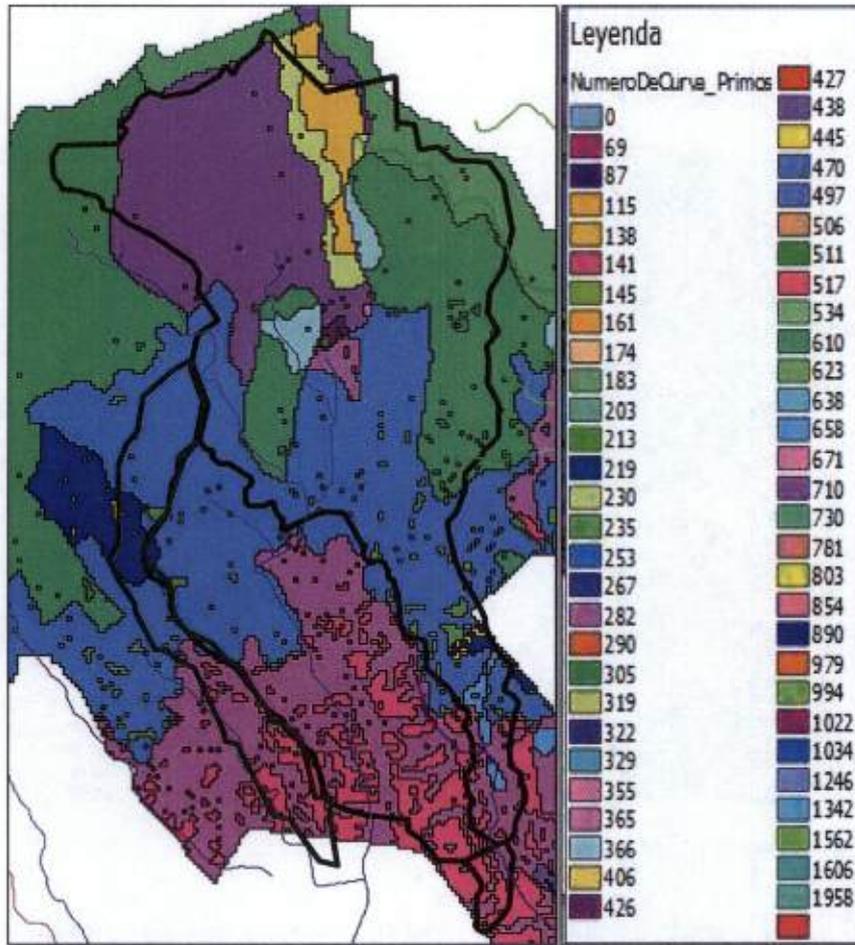
Uso del suelo	Pendiente	A	B	C	D
Rocas permeables	< 3%	249	415	581	913
Rocas impermeables	≥ 3%	534	890	1246	1938
Rocas impermeables	< 3%	267	445	623	978

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)

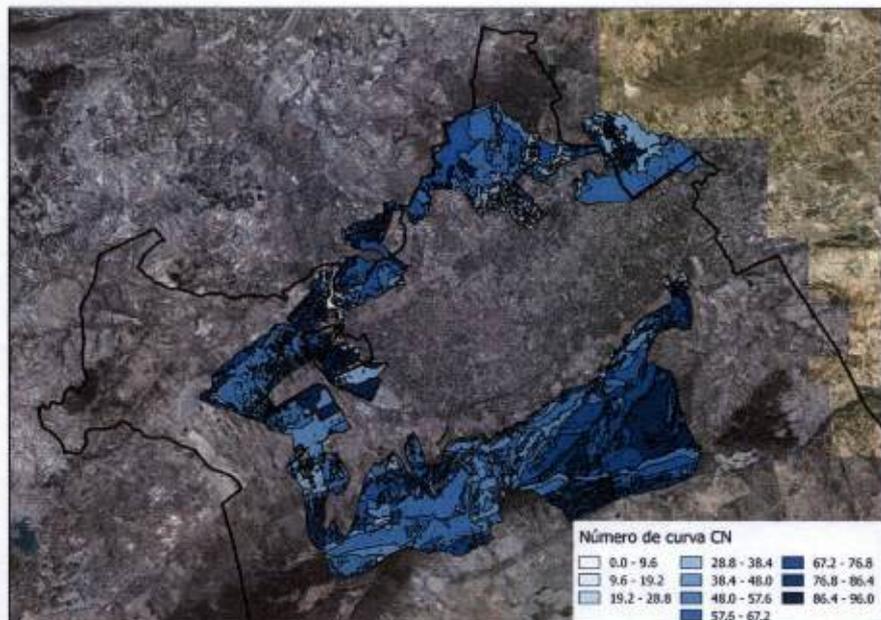
Uso del suelo	Pendiente	A	B	C	D
Barbecho	≥ 3%	78	130	182	286
Barbecho	< 3%	39	65	91	143
Cultivos en hilera	≥ 3%	102	170	238	374
Cultivos en hilera	< 3%	51	85	119	187
Cereales de invierno	≥ 3%	114	190	266	418
Cereales de invierno	< 3%	57	95	133	209
Rotación de cultivos pobres	≥ 3%	138	230	322	506
Rotación de cultivos pobres	< 3%	69	115	161	253
Rotación de cultivos densos	≥ 3%	174	290	406	638
Rotación de cultivos densos	< 3%	87	145	203	319
Pradera pobre	≥ 3%	186	310	434	682
Pradera media	≥ 3%	222	370	518	814
Pradera buena	≥ 3%	246	410	574	902
Pradera muy buena	≥ 3%	258	430	602	946
Pradera pobre	< 3%	93	155	217	341
Pradera media	< 3%	111	185	259	407
Pradera buena	< 3%	123	205	287	451
Pradera muy buena	< 3%	129	215	301	473
Plantac. regul. aprovech. forestal pobre	≥ 3%	282	470	658	1034
Plantac. regul. aprovech. forestal medio	≥ 3%	318	530	742	1166
Plantac. regul. aprovech. forestal bueno	≥ 3%	354	590	826	1298
Plantac. regul. aprovech. forestal pobre	< 3%	141	235	329	517
Plantac. regul. aprovech. forestal medio	< 3%	159	265	371	583
Plantac. regul. aprovech. forestal bueno	< 3%	177	295	413	649
Masa forestal muy clara	≥ 3%	366	610	854	1342
Masa forestal clara	≥ 3%	402	670	938	1474
Masa forestal media	≥ 3%	426	710	994	1562
Masa forestal espesa	≥ 3%	438	730	1022	1606
Masa forestal muy espesa	≥ 3%	474	790	1106	1738
Masa forestal muy clara	< 3%	183	305	427	671
Masa forestal clara	< 3%	201	335	469	737
Masa forestal media	< 3%	213	355	497	781
Masa forestal espesa	< 3%	219	365	511	803
Masa forestal muy espesa	< 3%	237	395	553	869
Rocas permeables	≥ 3%	498	830	1162	1826

Uso del suelo	Pendiente	A	B	C	D
Barbecho	≥ 3%	77	68	89	93
Barbecho	< 3%	71	78	82	86
Cultivos en hilera	≥ 3%	69	79	86	89
Cultivos en hilera	< 3%	64	73	78	82
Cereales de invierno	≥ 3%	63	75	83	86
Cereales de invierno	< 3%	59	70	78	81
Rotación de cultivos pobres	≥ 3%	66	77	85	89
Rotación de cultivos pobres	< 3%	63	73	79	83
Rotación de cultivos densos	≥ 3%	58	71	81	85
Rotación de cultivos densos	< 3%	52	67	76	79
Pradera pobre	≥ 3%	68	78	86	89
Pradera media	≥ 3%	49	69	78	85
Pradera buena	≥ 3%	42	60	74	79
Pradera muy buena	≥ 3%	39	55	69	77
Pradera pobre	< 3%	46	67	81	88
Pradera media	< 3%	39	59	75	83
Pradera buena	< 3%	29	48	69	78
Pradera muy buena	< 3%	17	33	67	76
Plantac. regul. aprovech. forestal pobre	≥ 3%	45	66	77	83
Plantac. regul. aprovech. forestal medio	≥ 3%	39	60	73	78
Plantac. regul. aprovech. forestal bueno	≥ 3%	33	54	69	77
Plantac. regul. aprovech. forestal pobre	< 3%	40	60	73	78
Plantac. regul. aprovech. forestal medio	< 3%	35	54	69	77
Plantac. regul. aprovech. forestal bueno	< 3%	25	30	67	76
Masa forestal muy clara	no depende	56	75	86	91
Masa forestal clara	no depende	46	68	78	83
Masa forestal media	no depende	40	60	69	76
Masa forestal espesa	no depende	36	52	62	69
Masa forestal muy espesa	no depende	29	44	54	60
Rocas permeables	≥ 3%	94	94	94	94
Rocas permeables	< 3%	91	91	91	91
Rocas impermeables	≥ 3%	96	96	96	96
Rocas impermeables	< 3%	93	93	93	93

**ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL
PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-
6 (TA-380) (T.M. MURCIA)**

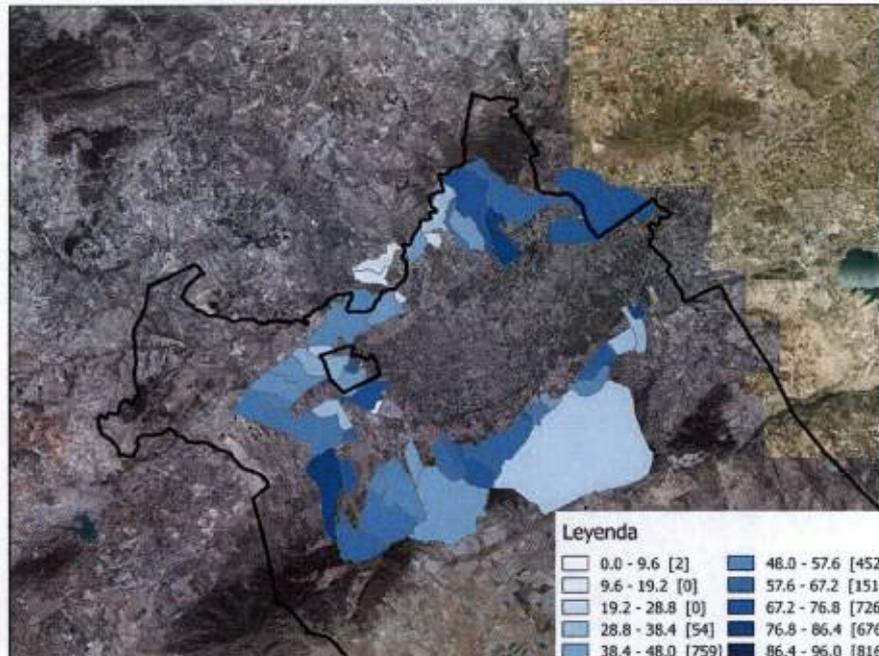


Teniendo los valores de número de curva categorizados para el número de curva, utilizando las tablas anteriores, es posible reclasificar dichos valores para obtener los resultados en forma del CN final



ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)

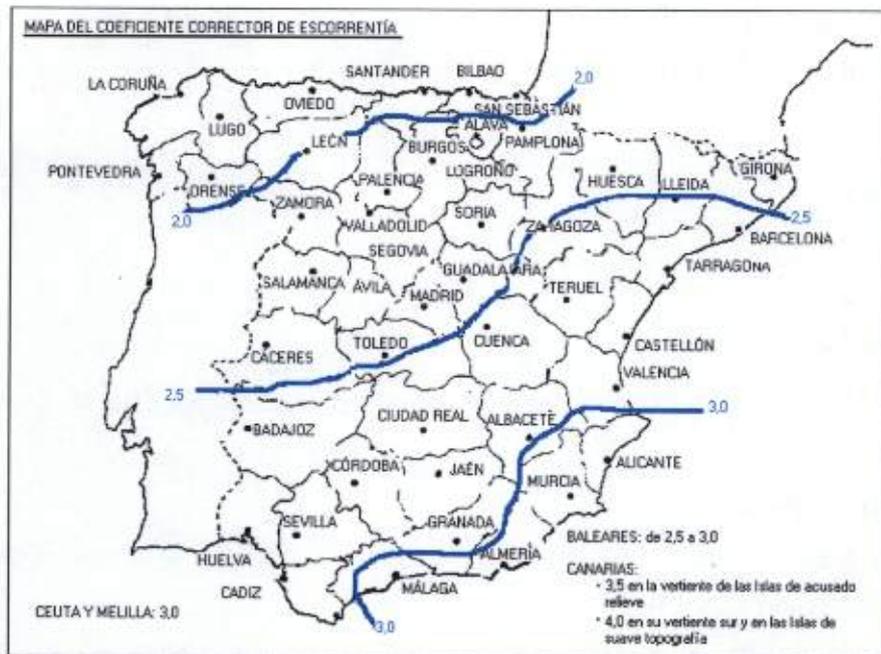
Por último, utilizando una ponderación por superficie para cada una de las cuencas delimitadas geoméricamente en los apartados anteriores.



Resultado de la clasificación:

Para poder aplicar el umbral de escorrentía es necesario aplicar un coeficiente corrector, dependiente de la localización geográfica en la que se encuentre la zona de estudio, atendiendo a la siguiente imagen:

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)



Finalmente, estos son los resultados obtenidos para las cuencas de estudio, identificadas anteriormente.

Cuenca	CN	P0
CARMEN	66,19	33,81
CASABLANCA	69,00	31,00

3.5. Caracterización hidrometeorológica. Lluvia de diseño

Para el cálculo de la lluvia de diseño será necesario la estimación de los parámetros de cálculo de la curva IDF, en este caso se diseñará para un período de retorno de 25 años y una duración de la lluvia de diseño igual al tiempo de concentración mayor de la cuenca, el ponderado para las cuencas.

Se obtienen las curvas IDF que relacionarán la intensidad de lluvia (mm/h) con la frecuencia y duración (tiempo de concentración expresado en minutos) de estas. Para

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)

encontrar las curvas IDF, se aplican las expresiones de la instrucción 5.2-IC de Drenaje Superficial (MOPU, 1990) en la cual se establece:

$$I_d = \frac{Pd}{24} \qquad \frac{I}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{(28^{0.1} - D^{0.1})}{0.4}}$$

Donde:

- I_1/I_d es el factor regional, que depende del lugar que se estudia. En nuestro caso es igual a 11.
- D: duración en horas.
- Pd: precipitación máxima (mm) asociada a un período de retorno obtenida con la expresión Gumbel.
- Id: Intensidad expresada en mm/h.



Para la duración en horas de la lluvia de diseño, se recomienda utilizar el valor obtenido del tiempo de concentración, teniendo como límite las 3 horas.

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)

Así mismo, utilizando el software libre Max Pluwin del CEDEX, es posible hallar los siguientes resultados:



Imagen: Pd para un período de retorno T:10 años.

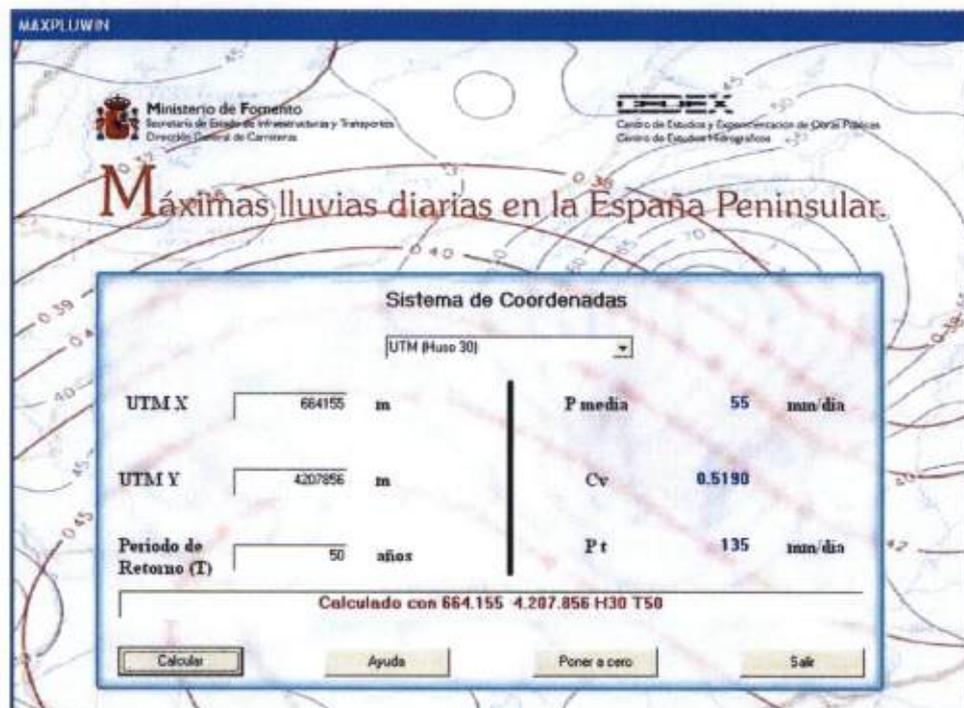


Imagen: Pd para un período de retorno T:50 años.

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)

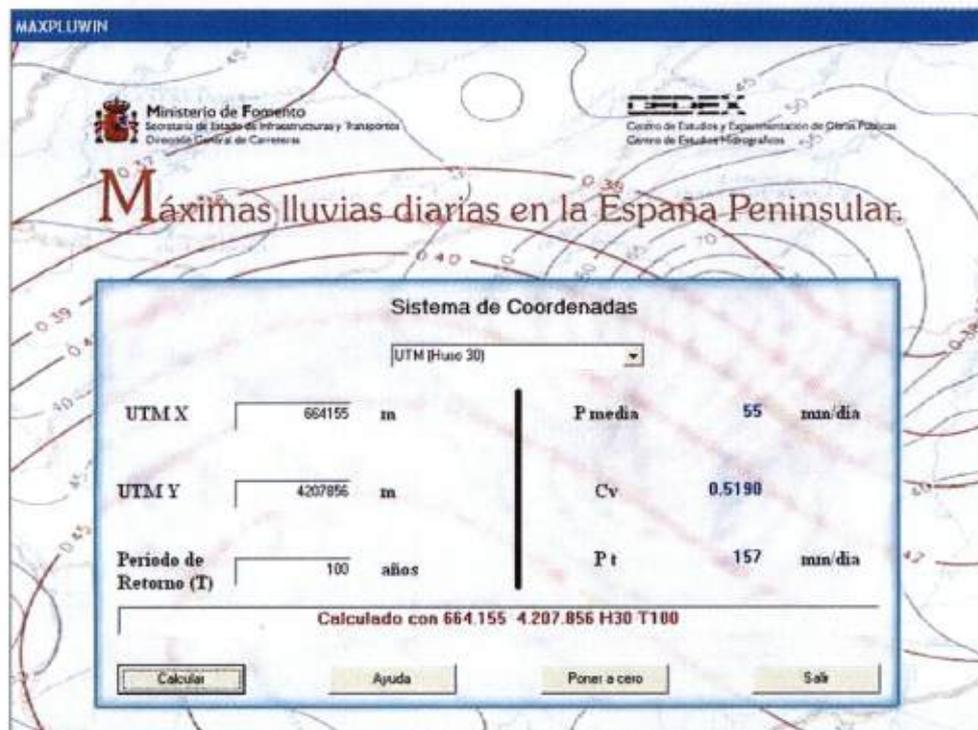


Imagen: P_d para un período de retorno T :100 años.

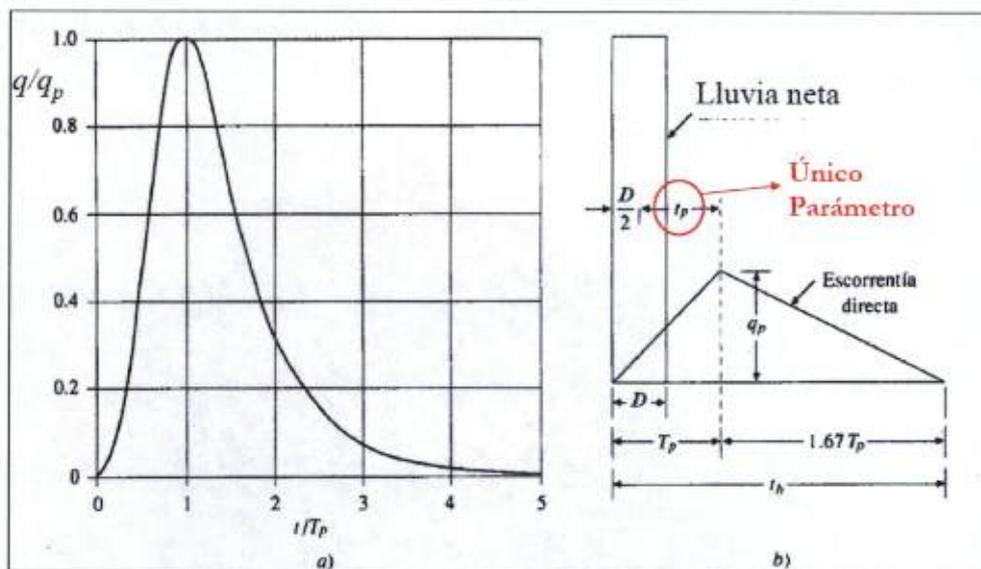
Utilizando la metodología de los bloques alternos, obtendremos el hietograma sintético de diseño. Utilizando el software del instituto Flumen, de "Distribución de lluvia por bloques alternos", el resultado se muestra en el apéndice I del presente documento "Apéndice I. Obtención lluvia de diseño". se obtiene el siguiente resultado:

3.6. Hidrograma adimensional del SCS

Para el cálculo de caudales se utilizará la metodología de **hidrograma adimensional del SCS** (a). Es un hidrograma unitario sintético en el cual se expresan los caudales en función del caudal pico, q_p y los tiempos en función del tiempo al pico, T_p . Los valores de q_p y T_p se estiman basándose en el hidrograma unitario triangular del SCS (b).

Para la estimación de la escorrentía superficial se utilizará el software HEC-HMS.

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)



Tomando como base el estudio el estudio de una gran cantidad de hidrogramas unitarios, se ha llegado a realizar a una aproximación de 1,67 T_p . Siendo:

$$q_p = \frac{2,08A}{T_p}$$

Siendo:

$$T_p = \frac{D}{2} + t_p$$

Siendo t_p :

$$t_p \approx 0,35T_c$$

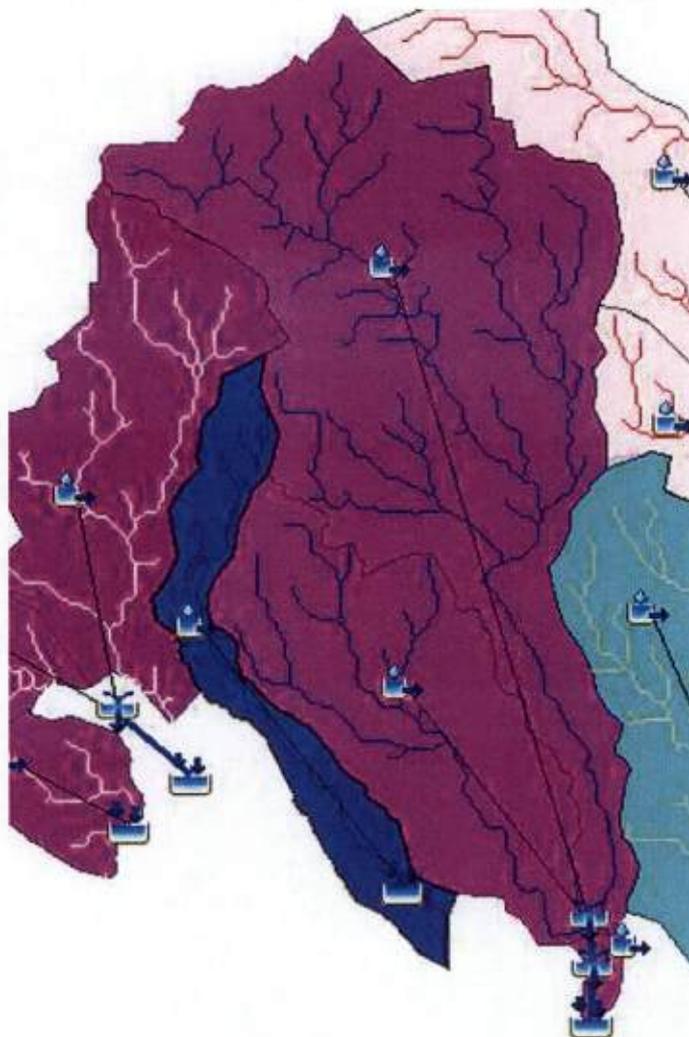
Siendo T_c , el tiempo de concentración calculado con la fórmula de Temez.

3.7. Generación de modelo hidrológico en HEC-HMS

Una vez establecimos todos los parámetros y características hidrológicas, así como la lluvia de diseño a utilizar, se procede a la definición de un modelo matemático de simulación numérica de la escorrentía para la zona de estudio, en este caso se ha optado

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)

por HEC-HMS. A continuación, puede verse la visualización del modelo de cuencas en los dos casos de estudio.

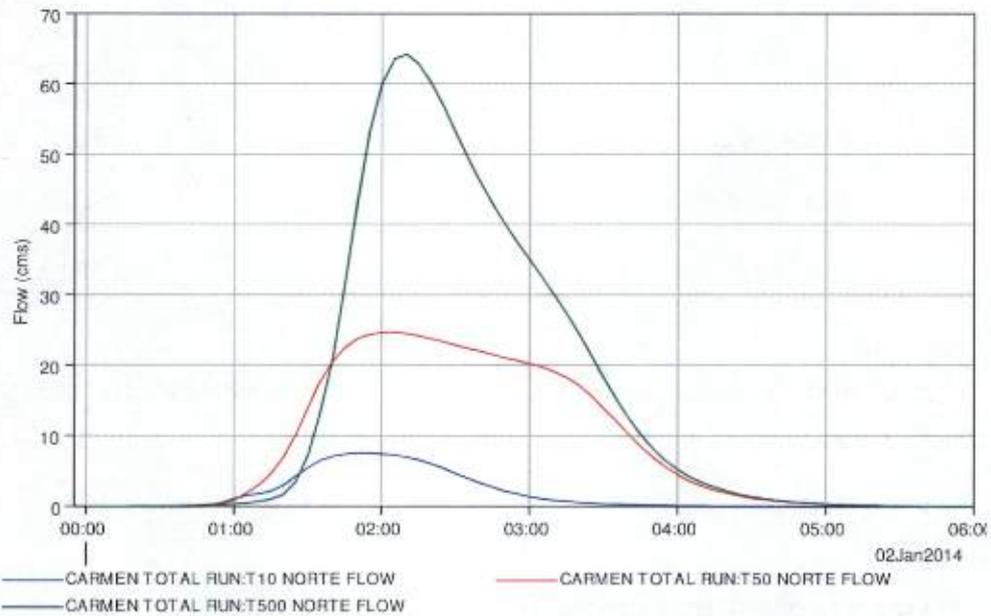


3.8. Hidrograma adimensional del SCS

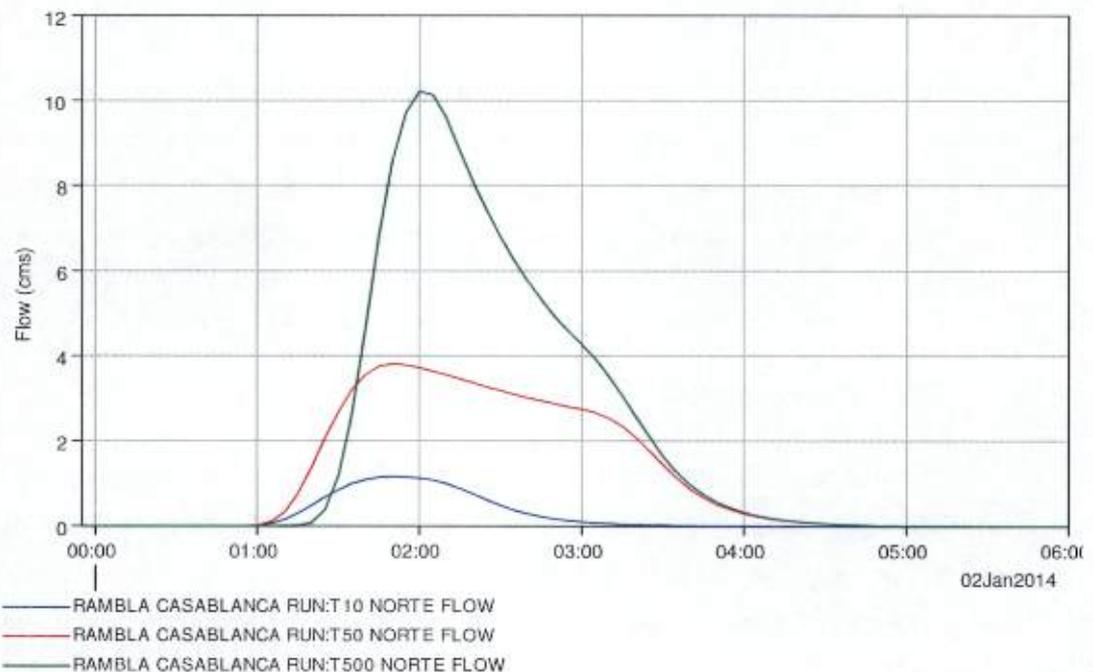
A continuación, se muestran los gráficos resultantes de los caudales punta netos. En los siguientes gráficos, pueden verse los hidrogramas netos de cada uno de los períodos de retorno para cada cuenca.

Cuenca Rambla del Carmen

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)



Cuenca Casablanca



Para resumir de una manera clara, se resumen los caudales punta de cada cuenca y para cada uno de los períodos de retorno en la siguiente tabla.

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)

Cuenca	Q (m ³ /s) T 10 años	Q (m ³ /s) T 50 años	Q (m ³ /s) T 500 años
CARMEN	7,3	25,3	62,45
CASABLANCA	0,5	3,62	10,46
TOTAL	7,8	28,92	72,91

En el Apéndice II, se detallan las tablas resultado de los hidrogramas unitarios de las cuencas estudiadas.

4. CARACTERIZACIÓN HIDRÁULICA

4.1. Objetivo

El objetivo del presente apartado es la caracterización hidráulica de la zona de estudio, de manera que sea posible indicar y evaluar los distintos aspectos que interfieren en el propio comportamiento hidrodinámico de la escorrentía. Se realiza el estudio hidráulico de las ramblas que afectan a la zona de estudio para los diferentes periodos de retorno.

4.2. Características

Se estudian las ramblas del Carmen y Casablanca aguas arriba de la zona de estudio. Para ello se emplea la capa MDT disponible en el centro de descargas del IGN y en el del Proyecto NatMur (proyecto cartográfico de la Dirección General de medio ambiente de la Región de Murcia). Los datos referidos al segundo de los proyectos citados presentan una mayor precisión puesto que apuestan por celdas de 4 x 4 m. En concreto, la zona de estudio se encuentra en la hoja MDT 0913.

Las características hidrodinámicas son las encargadas de definir el comportamiento de interacción entre el flujo de escorrentía y el terreno de la cuenca vertiente y el cauce. En este caso se definirá el coeficiente de rugosidad de Manning de la zona de estudio, los

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)

umbrales de escorrentía, el número de curva para la estimación de la infiltración (definido anteriormente), etc.

Para determinar estos valores, se tiene en cuenta que las cuencas estudiadas son cuencas urbanas, por lo tanto, presentan escaso umbral de escorrentía y tiempo de concentración.

La **rugosidad** es el parámetro que define la fuerza del rozamiento que ejerce una superficie sobre un fluido. En el caso de estudio, al tratarse del estudio del casco urbano, se asigna el coeficiente de Manning propio de suelo residencial:

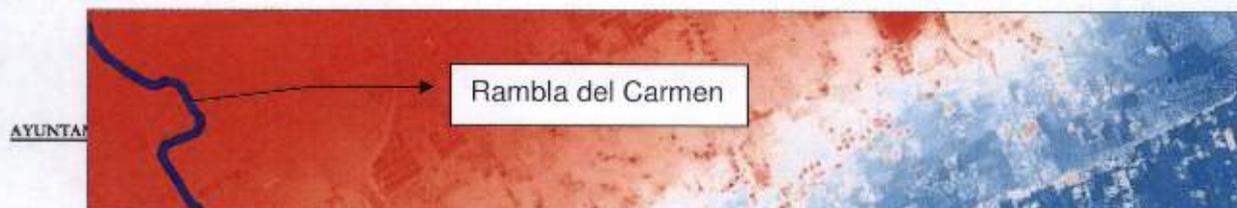
	Coeficiente de Manning
Suelo residencial	0,15

Cabe destacar que el elevado valor para el suelo residencial se debe a que se pretende tener en cuenta la rugosidad que pudieran generar los obstáculos y mobiliario urbano desde el punto de vista bidimensional.

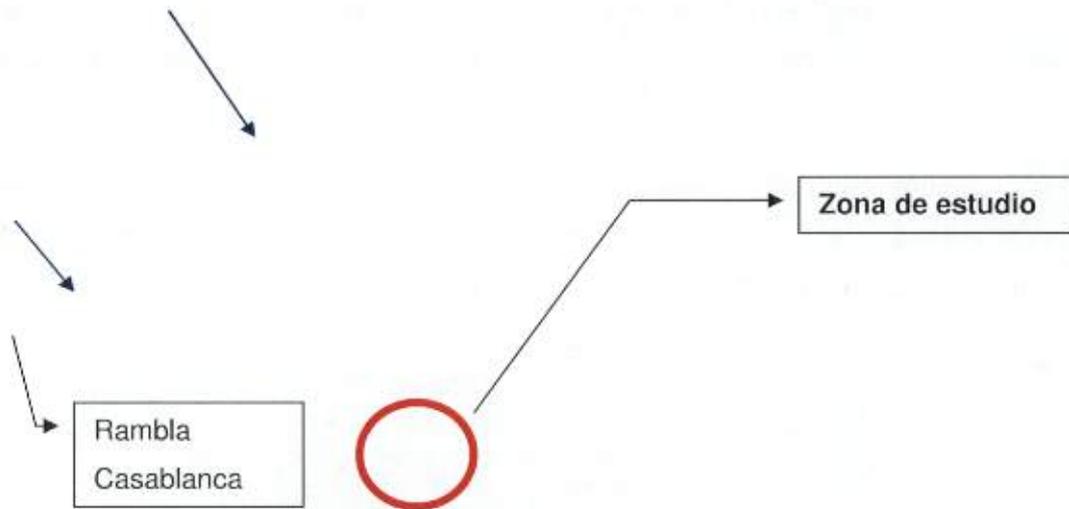
La condición de infiltración, tal y como se ha indicado en apartados anteriores, es el parámetro que permitirá saber la cantidad de flujo que se "pierde" en la escorrentía superficial, pasando a formar parte del flujo subterráneo, no siendo considerado en los cálculos.

Para esta condición se utilizarán los valores del número de curva, calculados en el apartado 3, de manera que se determina un número de curva medio entre los obtenidos de las cuencas de estudio:

Cuenca	CN	P0
CARMEN	66,19	33,81
CASABLANCA	69,00	31,00



ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)



5. ESTUDIO DE INUNDABILIDAD

5.1. Objetivo

El objetivo del presente apartado es comprobar la mancha de inundabilidad en la zona de estudio para los distintos periodos de retorno estudiados.

Para este caso se ha optado por uno de los softwares más punteros, Iber, el cual nos proporciona la posibilidad de realizar modelizaciones en 2D utilizando modelos digitales de elevaciones en formato raster.

5.2. Modelo matemático empleado

Para el estudio hidrodinámico del flujo de las cuencas perimetrales y su llegada a la zona urbana de estudio, se utiliza el software Iber "Modelización bidimensional del flujo en lámina libre en aguas poco profundas" (CEDEX et al 2010), el cual es un modelo numérico de simulación de flujo turbulento en lámina libre en régimen no permanente y de procesos

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)

medioambientales en hidráulica fluvial. El modelo Iber consta actualmente de 3 módulos de cálculo principales: un módulo hidrodinámico, un módulo de turbulencia y un módulo de transporte de sedimentos. Tanto las ecuaciones hidrodinámicas, como los modelos de turbulencia y el modelo de transporte de sedimentos, se resuelven en forma integral por el método de volúmenes finitos en una malla no-estructurada.

El módulo hidrodinámico resuelve las ecuaciones de aguas someras promediadas en profundidad, también conocidas como 2D Shallow Water Equations (2D-SWE) o ecuaciones de St. Venant bidimensionales. Dichas ecuaciones asumen una distribución de presión hidrostática y una distribución relativamente uniforme de la velocidad en profundidad. La hipótesis de presión hidrostática se cumple razonablemente en el flujo en ríos, así como en las corrientes generadas por la marea en estuarios. Asimismo, la hipótesis de distribución uniforme de velocidad en profundidad se cumple habitualmente en ríos y estuarios, aunque pueden existir zonas en las que dicha hipótesis no se cumpla debido a flujos locales tridimensionales.

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

La creación de un modelo de inundabilidad con el Software Iber se puede resumir en los siguientes puntos:

- Creación del modelo superficie: El modelo Iber es capaz de estudiar modelos de superficie en 3D. En este caso, para la generación del modelo de superficie se utilizarán los MDE del centro de descargas del CNIG y los MDE del proyecto NatMur (proyecto cartográfico de la Dirección General de Medio Ambiente de la Región de Murcia, en el que se obtuvieron capas raster de elevación con edificios e irregularidades con un tamaño de malla de 4 x 4. A continuación, puede verse una muestra de la precisión del modelo:

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)



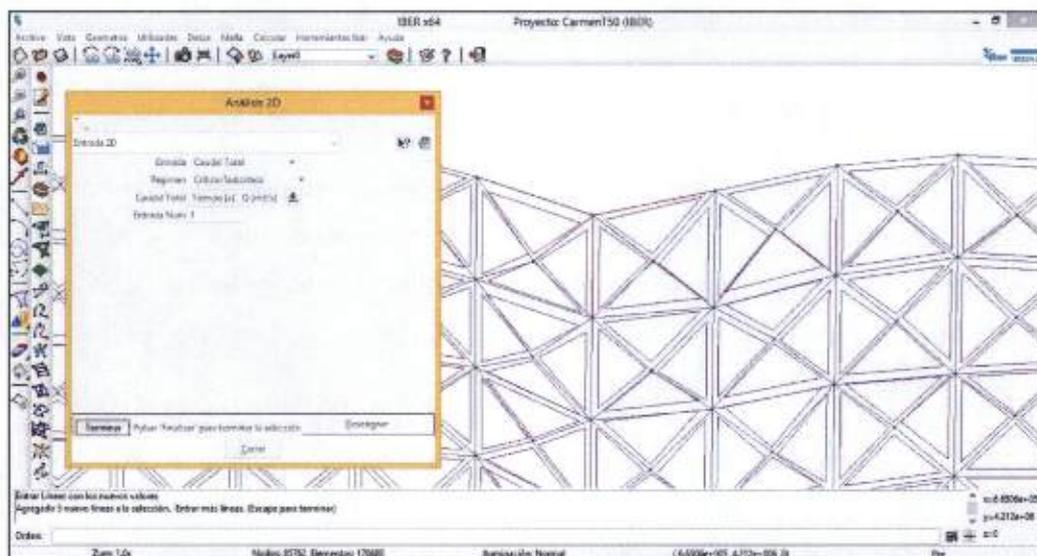
- Condiciones hidrodinámicas iniciales: las condiciones hidrodinámicas serán las encargadas de definir los parámetros hidráulicos asignables a la superficie de estudio. Éstas son referidas al estado previo a la simulación: posibles calados iniciales (presas o embalses). En este caso no se tendrán en cuenta, por su falta de trascendencia en este caso de estudio.
- Condiciones hidrodinámicas de contorno: Son las impuestas por los contornos del problema, a la entrada y salida del mismo: caudales de entrada (hidrogramas generados por las ramblas de estudio, definidos anteriormente) y caudales de salida (en el caso de que fueran conocidos antes de la generación del modelo, en el presente estudio no será de aplicación, por no ser conocidas).
- Rugosidad: La rugosidad del terreno será asignada de manera manual (haciendo click en cada uno de los tipos de suelo), en función de los usos del mismo, en nuestro caso la más frecuente será el suelo residencial y rural. Los valores elegidos en la caracterización hidráulica serán los introducidos en el software.
- Pérdidas: Utilizando uno de los modelos predefinidos por el software (modelo de SCS), se realizarán la asignación de forma aproximada (diferenciando dos tipos: zonas urbanas y zonas rurales), considerando un número de curva medio.

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)

5.3. Caracterización hidráulica.

En el modelo iber, la caracterización hidráulica del modelo, para por la definición de las condiciones de contorno (de entrada y salida del modelo), condiciones de iniciales y condiciones adicionales que puedan influir en el comportamiento hidrodinámico del sistema.

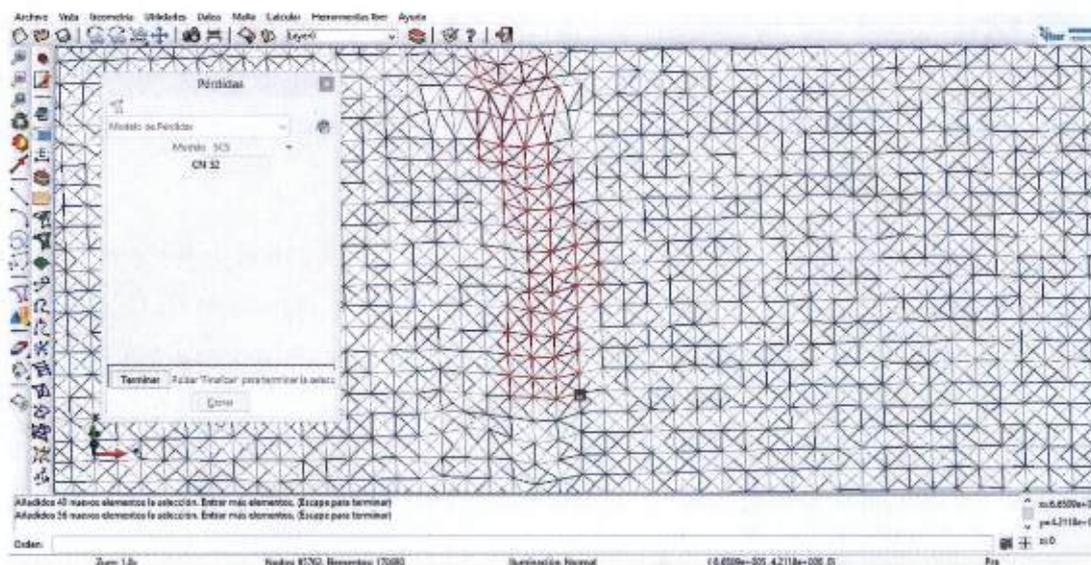
En este caso, las condiciones de contorno, se han limitado a las entradas de los caudales definidos a partir de los hidrogramas obtenidos con el modelo HEC-HMS, por otro lado las condiciones de salida del sistema quedan abiertas, de manera que los caudales entrantes puedan salir de la malla generada, sin acumulaciones excesivas en los bordes del mdt (de otra manera, el modelo interpreta que los caudales que entran a través de los cauces, no salen fuera de la malla generada, creando un falso resultado de acumulación.



Por otro lado, se procede a la caracterización de la rugosidad en las distintas zonas de circulación del flujo, de manera que puedan establecerse los distintos coeficientes de manning y las distintas condiciones de rugosidad tal y como ya se ha comentado anteriormente.

Por último para la revisión de las condiciones de infiltración se utilizarán los valores del número de curva, calculados en los apartados anteriores del proyecto. La asignación de éstos se realizará de forma manual en la malla creada para el modelo. En la siguiente imagen puede verse la señalización de un tramo de rambla:

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)



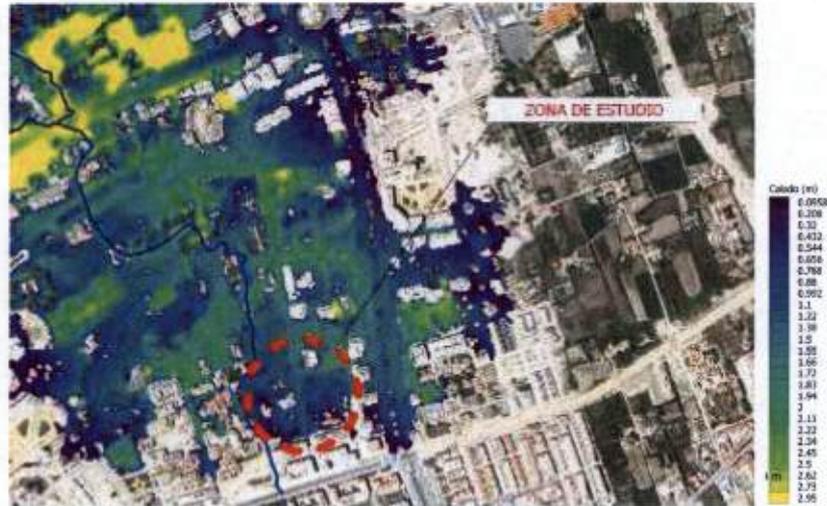
5.4. Resultados

Tras la simulación del modelo de inundabilidad, se obtienen una serie de planos en planta con manchas de inundabilidad y sus correspondientes calados. Gracias a estos resultados se podrá identificar las principales barreras físicas que condicionan la escorrentía superficial y la afección del calado a la zona de estudio, así como la peligrosidad de la inundación.

En el caso que nos ocupa, es necesario analizar los dos resultados más trascendentes en un estudio de inundabilidad, que permitan establecer parámetros de peligrosidad: la velocidad y el calado.

En cuanto al calado, tal y como se puede observar en la siguiente imagen, así como en los planos resultantes, **tiene un máximo en los puntos más desfavorables del modelo en la zona de trabajo de 0.30 m, lo que supone un calado perfectamente asumible por el propio sistema de drenaje urbano.**

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)



Por otro lado, las velocidades máximas obtenidas en la zona de estudio rondan los 0.20 m/s. Lo que implica velocidades muy bajas.



6. CONCLUSIÓN

A lo largo del documento ha sido posible caracterizar desde el punto de vista hidrológico los distintos parámetros que influyen en la generación de la escorrentía en las cuencas observadas existentes, así como el nuevo caudal generado por la actuación

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)

proyectadas, elaborando además una distribución de los caudales entre los distintos cauces que afectan a la zona de estudio.

Conjuntamente, se han caracterizado los parámetros que influyen en la generación de escorrentía y se ha determinado el caudal que ocasionaría el área de servicio para autocaravanas y el aparcamiento disuasorio.

Así mismo, una vez analizados los resultados obtenidos es posible asegurar que los valores de inundabilidad más relevantes (calado y velocidad) son suficientes para determinar que, si bien se trata de una zona de alto riesgo de inundación, tiene un índice de peligrosidad muy bajo.

En Murcia, marzo de 2.019

El Ingeniero Autor del Documento

**MIRA
HERNANDEZ
JOAQUIN -
22984356L**

Firmado digitalmente por MIRA
HERNANDEZ JOAQUIN - 22984356L
Nombre de reconocimiento (DN):
c=ES,
serialNumber=IDCES-22984356L,
givenName=JOAQUIN, sn=MIRA
HERNANDEZ, cn=MIRA HERNANDEZ
JOAQUIN - 22984356L
Fecha: 2019.03.27 14:17:12 +01'00'

Fdo. D. Joaquin Mira Hernandez

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Colegiado nº 33.279

APÉNDICE I: LLUVIAS DE DISEÑO

Lluvia de diseño T10

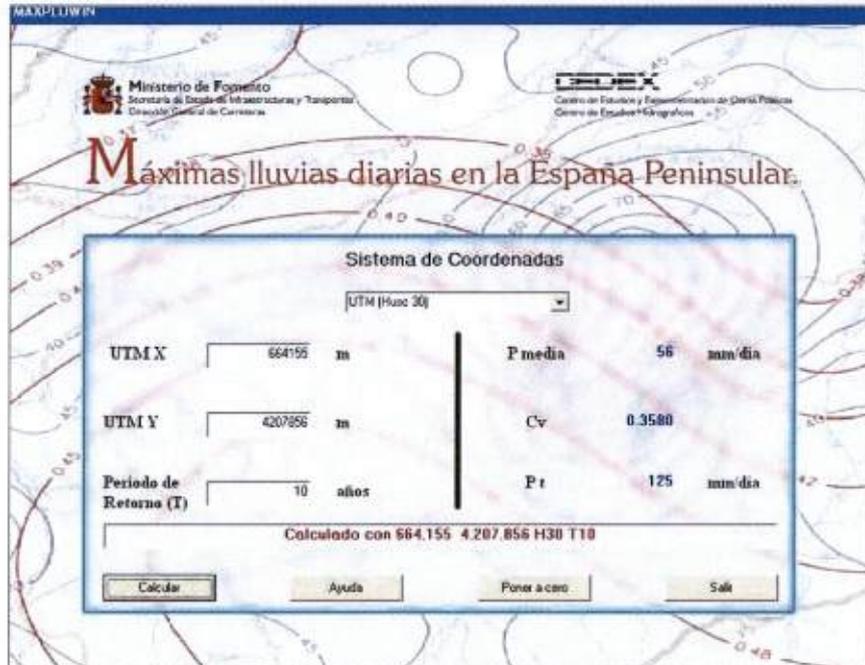


Imagen: Pd para un periodo de retorno T:10 años.

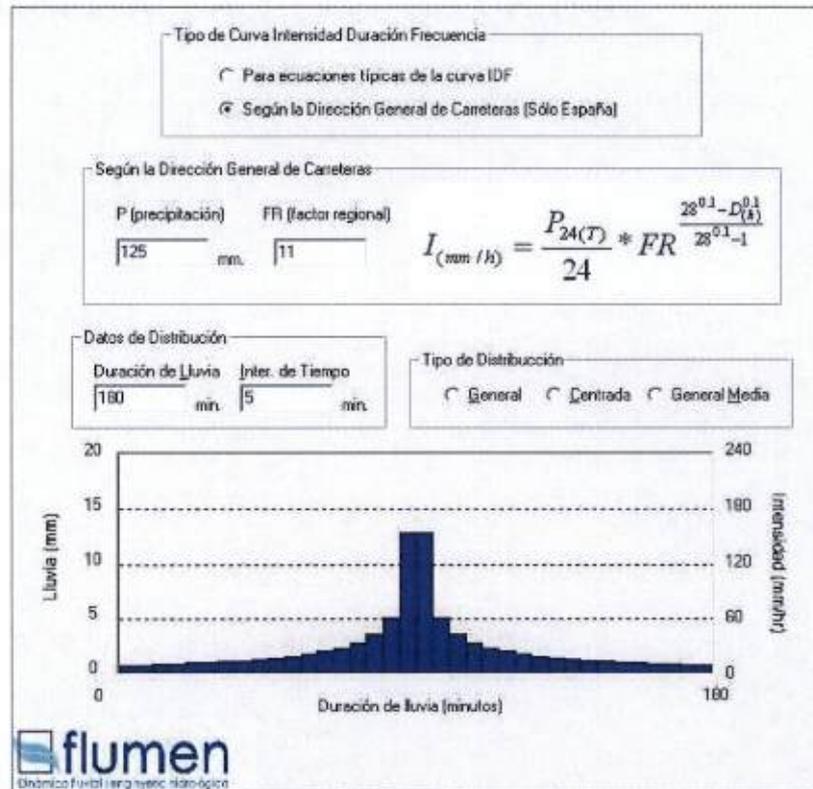


Imagen: Lluvia de diseño para un periodo de retorno T:10 años.

Visualizándolo de una manera numérica:

Tiempo	Precipitación	Intensidad
(minutos)	(mm)	(mm/hr)
5	0.78	9.39
10	0.82	9.89
15	0.87	10.44
20	0.92	11.06
25	0.98	11.76
30	1.05	12.55
35	1.12	13.45
40	1.21	14.51
45	1.31	15.74
50	1.43	17.21
55	1.58	19
60	1.77	21.24
65	2.01	24.13
70	2.34	28.02
75	2.8	33.64
80	3.55	42.64
85	5.04	60.42
90	12.91	154.91
95	12.91	154.91
100	5.04	60.42
105	3.55	42.64
110	2.8	33.64
115	2.34	28.02
120	2.01	24.13
125	1.77	21.24
130	1.58	19
135	1.43	17.21
140	1.31	15.74
145	1.21	14.51
150	1.12	13.45
155	1.05	12.55
160	0.98	11.76
165	0.92	11.06
170	0.87	10.44
175	0.82	9.89
180	0.78	9.39

Lluvia de diseño T50

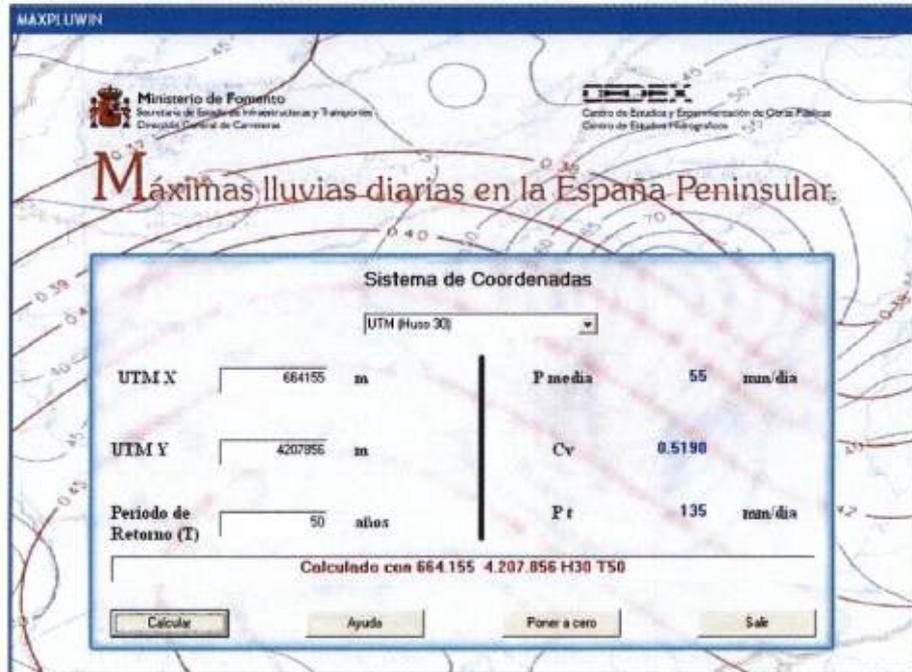


Imagen: Pd para un período de retorno T:50 años.

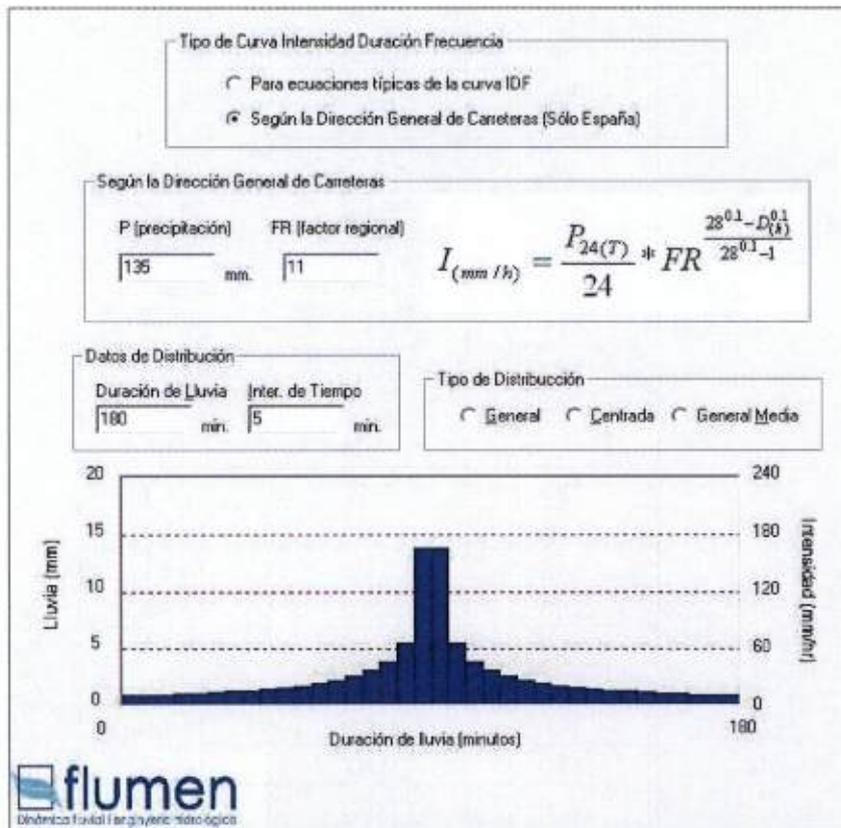


Imagen: Lluvia de diseño para un período de retorno T:50 años.

Visualizándolo de una manera numérica:

Tiempo	Precipitación	Intensidad
(minutos)	(mm)	(mm/hr)
5	0.85	10.14
10	0.89	10.68
15	0.94	11.28
20	1	11.95
25	1.06	12.7
30	1.13	13.55
35	1.21	14.53
40	1.31	15.67
45	1.42	17
50	1.55	18.59
55	1.71	20.52
60	1.91	22.94
65	2.17	26.06
70	2.52	30.26
75	3.03	36.33
80	3.84	46.05
85	5.44	65.25
90	13.94	167.3
95	13.94	167.3
100	5.44	65.25
105	3.84	46.05
110	3.03	36.33
115	2.52	30.26
120	2.17	26.06
125	1.91	22.94
130	1.71	20.52
135	1.55	18.59
140	1.42	17
145	1.31	15.67
150	1.21	14.53
155	1.13	13.55
160	1.06	12.7
165	1	11.95
170	0.94	11.28
175	0.89	10.68
180	0.85	10.14

Lluvia de diseño T100

MAXPLUWIN

Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transportes
Dirección General de Carreteras

Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas
Centro de Estudios Hidrográficos

Máximas lluvias diarias en la España Peninsular.

Sistema de Coordenadas

[UTM (Huso 30)]

UTM X	664156	m		P media	55	mm/día
UTM Y	4207956	m		Cv	0.5190	
Periodo de Retorno (T)	100	años		P t	157	mm/día

Calculado con 664.155 4.207.856 H30 T100

Imagen: Pd para un período de retorno T:100 años.

Tipo de Curva Intensidad Duración Frecuencia

Para ecuaciones típicas de la curva IDF
 Según la Dirección General de Carreteras (Sólo España)

Según la Dirección General de Carreteras

P (precipitación)	FR (factor regional)	
157	11	$I_{(mm/h)} = \frac{P_{24(T)}}{24} * FR \frac{28^{0.1} - D(k)^{0.1}}{28^{0.1} - 1}$

Datos de Distribución

Duración de Lluvia	Inter. de Tiempo
180	5
min.	min.

Tipo de Distribución

General Centrada General Media

Dinámica, flexible y avanzado hidrología

Imagen: Lluvia de diseño para un período de retorno T:100 años.

Tiempo
Precipitación
Intensidad

**ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL
PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-
6 (TA-380) (T.M. MURCIA)**

(minutos)	(mm)	(mm/hr)
5	0.98	11.79
10	1.04	12.42
15	1.09	13.12
20	1.16	13.89
25	1.23	14.77
30	1.31	15.76
35	1.41	16.9
40	1.52	18.22
45	1.65	19.77
50	1.8	21.62
55	1.99	23.87
60	2.22	26.68
65	2.53	30.3
70	2.93	35.19
75	3.52	42.25
80	4.46	53.55
85	6.32	75.89
90	16.21	194.57
95	16.21	194.57
100	6.32	75.89
105	4.46	53.55
110	3.52	42.25
115	2.93	35.19
120	2.53	30.3
125	2.22	26.68
130	1.99	23.87
135	1.8	21.62
140	1.65	19.77
145	1.52	18.22
150	1.41	16.9
155	1.31	15.76
160	1.23	14.77
165	1.16	13.89
170	1.09	13.12
175	1.04	12.42
180	0.98	11.79

**APÉNDICE II: TABLAS RESULTADOS HIDROGRAMAS
UNITARIOS CONFLUENCIA DE CUENCAS**

**ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL
PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-
6 (TA-380) (T.M. MURCIA)**

HIDROGRAMA RAMBLA DEL CARMEN

	s	(m3/s)	(m2/s)
	TIME (s)	FLOW 10	FLOW 10
0	0	0	0.0000
5	300	0	0.0000
10	600	0	0.0000
15	900	0	0.0000
20	1200	0	0.0000
25	1500	0	0.0000
30	1800	0	0.0000
35	2100	0	0.0000
40	2400	0	0.0000
45	2700	0	0.0000
50	3000	0	0.0000
55	3300	0	0.0000
60	3600	0	0.0000
65	3900	0.0265	0.0044
70	4200	0.263	0.0438
75	4500	0.8905	0.1484
80	4800	1.988	0.3313
85	5100	3.236	0.5393
90	5400	4.2955	0.7159
95	5700	4.996	0.8327
100	6000	5.3235	0.8873
105	6300	5.3405	0.8901
110	6600	5.2345	0.8724
115	6900	5.0855	0.8476
120	7200	4.912	0.8187
125	7500	4.735	0.7892
130	7800	4.564	0.7607
135	8100	4.403	0.7338
140	8400	4.255	0.7092
145	8700	4.1195	0.6866
150	9000	3.9955	0.6659
155	9300	3.8825	0.6471
160	9600	3.78	0.6300
165	9900	3.6865	0.6144
170	10200	3.5995	0.5999
175	10500	3.5185	0.5864

**ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL
PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-
6 (TA-380) (T.M. MURCIA)**

180	10800	3.441	0.5735
185	11100	3.3645	0.5608
190	11400	3.23	0.5383
195	11700	2.9745	0.4958
200	12000	2.5485	0.4248
205	12300	2.0285	0.3381
210	12600	1.5145	0.2524
215	12900	1.076	0.1793
220	13200	0.7435	0.1239
225	13500	0.522	0.0870
230	13800	0.367	0.0612
235	14100	0.256	0.0427
240	14400	0.179	0.0298
245	14700	0.1245	0.0208
250	15000	0.0865	0.0144
255	15300	0.06	0.0100
260	15600	0.041	0.0068
265	15900	0.0275	0.0046
270	16200	0.0185	0.0031
275	16500	0.0115	0.0019
280	16800	0.007	0.0012
285	17100	0.0035	0.0006
290	17400	0.001	0.0002
295	17700	0	0.0000
300	18000	0	0.0000
305	18300	0	0.0000
310	18600	0	0.0000
315	18900	0	0.0000
320	19200	0	0.0000
325	19500	0	0.0000
330	19800	0	0.0000
335	20100	0	0.0000
340	20400	0	0.0000
345	20700	0	0.0000
350	21000	0	0.0000
355	21300	0	0.0000
360	21600	0	0.0000
365	21900	0	0.0000

HIDROGRAMA RAMBLA CASABLANCA

	s	(m2/s)	(m3/s)
	TIME (s)	FLOW 10	FLOW 10
0	0	0	0
5	300	0	0
10	600	0	0
15	900	0	0
20	1200	0	0
25	1500	0	0
30	1800	0	0
35	2100	0	0
40	2400	0	0
45	2700	0	0
50	3000	0	0
55	3300	0	0
60	3600	0	0
65	3900	0	0
70	4200	0	0
75	4500	0	0
80	4800	0	0
85	5100	0	0
90	5400	0	0
95	5700	1.3333E-05	0.00008
100	6000	0.00017	0.00102
105	6300	0.0006675	0.004005
110	6600	0.00174333	0.01046
115	6900	0.00359	0.02154
120	7200	0.00613083	0.036785
125	7500	0.0090875	0.054525
130	7800	0.01215	0.0729
135	8100	0.01504167	0.09025
140	8400	0.01755917	0.105355
145	8700	0.0195575	0.117345
150	9000	0.021045	0.12627
155	9300	0.0221	0.1326
160	9600	0.02281333	0.13688
165	9900	0.02324833	0.13949
170	10200	0.02345333	0.14072
175	10500	0.02348167	0.14089
180	10800	0.02318333	0.1391
185	11100	0.02241	0.13446

**ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL
PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-
6 (TA-380) (T.M. MURCIA)**

190	11400	0.0209775	0.125865
195	11700	0.018765	0.11259
200	12000	0.01605583	0.096335
205	12300	0.01322417	0.079345
210	12600	0.01051917	0.063115
215	12900	0.0081375	0.048825
220	13200	0.00616917	0.037015
225	13500	0.00470833	0.02825
230	13800	0.00362	0.02172
235	14100	0.00278667	0.01672
240	14400	0.00213333	0.0128
245	14700	0.0016275	0.009765
250	15000	0.0012425	0.007455
255	15300	0.00094583	0.005675
260	15600	0.00071833	0.00431
265	15900	0.00054333	0.00326
270	16200	0.00041	0.00246
275	16500	0.00030667	0.00184
280	16800	0.00022833	0.00137
285	17100	0.00016833	0.00101
290	17400	0.0001225	0.000735
295	17700	0.0000875	0.000525
300	18000	5.9167E-05	0.000355
305	18300	0.0000375	0.000225
310	18600	2.0833E-05	0.000125
315	18900	9.1667E-06	0.000055
320	19200	0.0000025	0.000015
325	19500	0	0
330	19800	0	0
335	20100	0	0
340	20400	0	0
345	20700	0	0
350	21000	0	0
355	21300	0	0
360	21600	0	0
365	21900	0	0

**APÉNDICE III: MODELIZACIÓN Y SOFTWARE
EMPLEADO**

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)

1. Introducción y justificación del modelo

Para el estudio hidrodinámico del flujo de las cuencas perimetrales y su llegada a las zonas urbanas se utilizará el software Iber "Modelización bidimensional del flujo en lámina libre en aguas poco profundas" (CEDEX et al 2010), el cual es un modelo numérico de simulación de flujo turbulento en lámina libre en régimen no permanente y de procesos medioambientales en hidráulica fluvial. El rango de aplicación de Iber abarca la hidrodinámica fluvial, la simulación de rotura de presas, la evaluación de zonas inundables, el cálculo de transporte de sedimentos y el flujo de marea en estuarios. El modelo Iber consta actualmente de 3 módulos de cálculo principales: un módulo hidrodinámico, un módulo de turbulencia y un módulo de transporte de sedimentos. Tanto las ecuaciones hidrodinámicas, como los modelos de turbulencia y el modelo de transporte de sedimentos, se resuelven en forma integral por el método de volúmenes finitos en una malla no-estructurada.

El modelo Iber surge como respuesta al interés mostrado por el CEDEX en disponer de una herramienta que facilite la aplicación de la legislación sectorial vigente en materia de aguas en España, especialmente en los requerimientos derivados de la Directiva Marco del Agua, la Instrucción de Planificación Hidrológica, la Directiva de Inundaciones o el Plan Nacional de Calidad de las Aguas. Iber es de uso libre. Su descarga, soporte, foros y demás documentos relacionados se pueden acceder por medio de su página en internet, <http://www.iberaula.es/web/index.php>.

En el desarrollo de este proyecto se utilizará el módulo Hidrodinámico, El módulo hidrodinámico resuelve las ecuaciones de aguas someras promediadas en profundidad, también conocidas como 2D Shallow Water Equations (2D-SWE) o ecuaciones de St. Venant bidimensionales. Dichas ecuaciones asumen una distribución de presión hidrostática y una distribución relativamente uniforme de la velocidad en profundidad. La hipótesis de presión hidrostática se cumple razonablemente en el flujo en ríos, así como en las corrientes generadas por la marea en estuarios. Asimismo, la hipótesis de distribución uniforme de velocidad en profundidad se cumple habitualmente en ríos y estuarios, aunque pueden existir zonas en las que dicha hipótesis no se cumpla debido a flujos locales

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)

tridimensionales o a cuñas salinas. En estos casos es necesario estudiar la extensión de dichas zonas y su posible repercusión en los resultados del modelo. En la actualidad, los modelos numéricos basados en las ecuaciones de aguas someras bidimensionales son los más utilizados en estudios de dinámica fluvial y litoral, evaluación de zonas inundables, y cálculo de transporte de edimentos y contaminantes.

En los siguientes apartados se mostrarán los fundamentos teóricos y matemáticos en los que se basa el funcionamiento del modelo.

2. Ecuaciones hidrodinámicas.

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

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h U_x}{\partial x} + \frac{\partial h U_y}{\partial y} = M_s$$

$$\frac{\partial h U_x}{\partial t} + \frac{\partial h U_x^2}{\partial x} + \frac{\partial h U_x U_y}{\partial y} = -gh \frac{\partial Z_s}{\partial x} + \frac{\tau_{sx}}{\rho} - \frac{\tau_{b,x}}{\rho} - \frac{g h^2}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial x} + 2 \Omega \sin \lambda U_y + \frac{\partial h \tau_{xx}^e}{\partial x} + \frac{\partial h \tau_{xy}^e}{\partial y} + M_x$$

$$\frac{\partial h U_y}{\partial t} + \frac{\partial h U_x U_y}{\partial x} + \frac{\partial h U_y^2}{\partial y} = -gh \frac{\partial Z_s}{\partial y} + \frac{\tau_{sy}}{\rho} - \frac{\tau_{b,y}}{\rho} - \frac{g h^2}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial y} - 2 \Omega \sin \lambda U_x + \frac{\partial h \tau_{xy}^e}{\partial x} + \frac{\partial h \tau_{yy}^e}{\partial y} + M_y$$

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

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)

Se incluyen los siguientes términos fuente en las ecuaciones hidrodinámicas:

- Presión hidrostática.
- Pendiente del fondo.
- Tensiones tangenciales viscosas y turbulentas.
- Rozamiento del fondo.
- Rozamiento superficial por viento.
- Precipitación.
- Infiltración.

Se modelan asimismo los frentes seco-mojado, tanto estacionarios como no estacionarios, que puedan aparecer en el dominio. Dichos frentes son fundamentales en la modelización de zonas inundables en ríos, así como en estuarios. De esta forma se introduce la posibilidad de evaluar la extensión de zonas inundables en ríos, así como el movimiento del frente de marea en estuarios y zonas costeras.

3. Tensiones efectivas

Las tensiones efectivas horizontales que aparecen en las ecuaciones hidrodinámicas incluyen los efectos de las tensiones viscosas, de las tensiones turbulentas y los términos de dispersión debido a la no homogeneidad en profundidad del perfil de velocidad.

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)

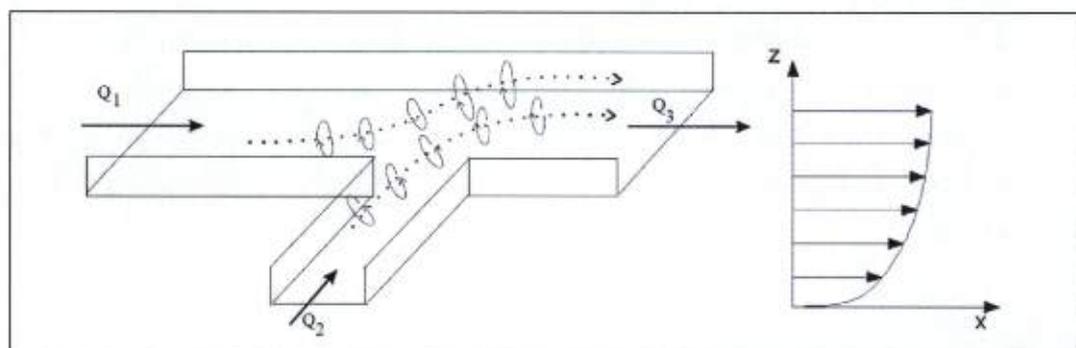
$$\tau_{ij}^e = \tau_{ij}^v - \overline{u'_i u'_j} + D_{ij}$$

donde τ_{ij}^v son las tensiones viscosas, $\overline{u'_i u'_j}$ son las tensiones turbulentas (también llamadas

tensiones de Reynolds), y D_{ij} son los términos de dispersión lateral:

$$D_{ij} = \frac{1}{h} \int_{z_b}^{z_s} (U_i - \bar{u}_i)(U_j - \bar{u}_j) dz$$

Los términos de dispersión se desprecian en las ecuaciones 2D-SWE (hipótesis de perfil de velocidad uniforme en profundidad), debido a la imposibilidad de calcularlos de forma general con un modelo promediado en profundidad. Su importancia será mayor cuanto menos uniforme sea el perfil de velocidad en profundidad. Una situación típica en la que estos términos pueden cobrar importancia es en canales con codos o radios de curvatura pequeños, así como en la confluencia de canales (Figura 1).



ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)

Imagen 8.13: Flujos secundarios (izquierda) y perfil vertical de velocidad (derecha). Principales causas de los términos de dispersión. Fuente: Manual IBER.

Las tensiones viscosas se calculan a partir de la viscosidad cinemática del fluido (ν) como:

$$\tau_{ij}^v = \nu \left(\frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i} \right)$$

En general, excepto cerca de las paredes, y excepto en flujo laminar, el orden de magnitud de las tensiones viscosas es mucho menor que el del resto de los términos que aparecen en las ecuaciones hidrodinámicas.

Las tensiones turbulentas son varios órdenes de magnitud mayores que las tensiones viscosas, especialmente en zonas de recirculación, en donde la producción de turbulencia es elevada. En el caso de las ecuaciones de aguas someras bidimensionales las tensiones turbulentas constituyen 3 nuevas incógnitas a calcular, que sumadas al calado y a las velocidades U_x , U_y producen un total de 6 incógnitas. Esto es lo que se conoce como problema de cierre de la turbulencia, porque es necesario resolver un conjunto de 3 ecuaciones con 6 incógnitas. Debido a ello, es necesario utilizar un modelo de turbulencia que permita calcular dichas tensiones turbulentas. La mayoría de los modelos de turbulencia calculan los términos de difusión turbulenta a partir de la siguiente expresión:

**ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL
PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-
6 (TA-380) (T.M. MURCIA)**

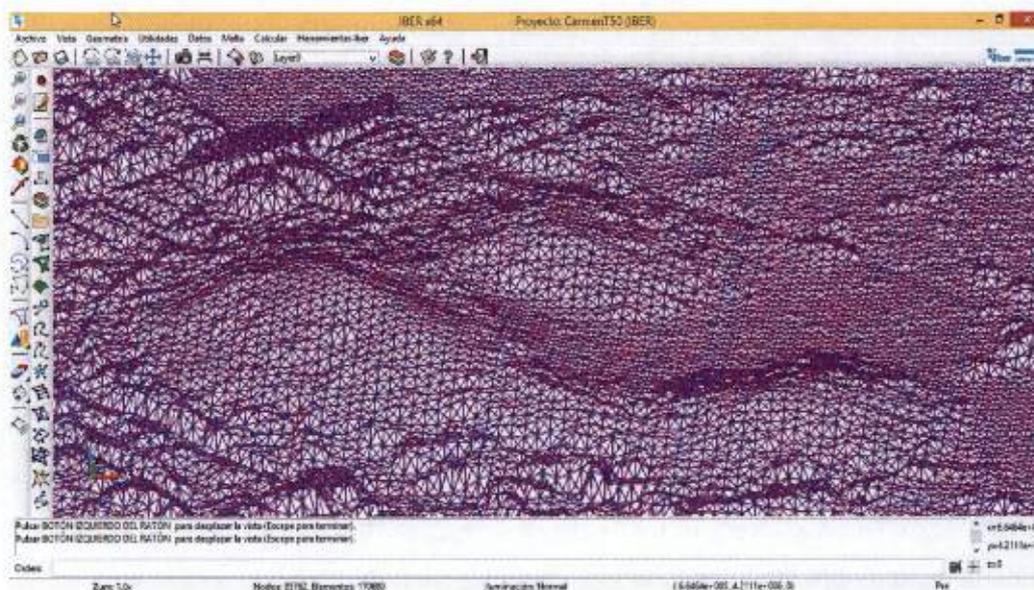
$$-\frac{\partial \overline{u'_i u'_j}}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\nu_t \frac{\partial U_i}{\partial x_j} \right)$$

donde ν_t es la viscosidad turbulenta, que se calcula mediante el modelo de turbulencia. El problema radica en que no existe un modelo de turbulencia, que permita calcular de forma precisa las tensiones turbulentas, por lo que a lo largo del tiempo se han ido desarrollando diferentes modelos de mayor o menor complejidad. La formulación de Boussinesq es utilizada por todos los modelos de turbulencia incluidos en Iber.

4. Generación de la malla del modelo

Una vez introducida la superficie 3D, se deberá generar una malla triangular que permita calcular esta superficie. En este caso, se realizará una malla triangular estructurada, este tipo de mallado es el recomendado para estudios de esta envergadura, tal y como se describe en el manual de usuario. La ventaja principal de este tipo de mallado es su relación precisión-velocidad de simulación. En la siguiente imagen se expone una muestra de la malla:

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)



5. Condiciones Hidrodinámicas

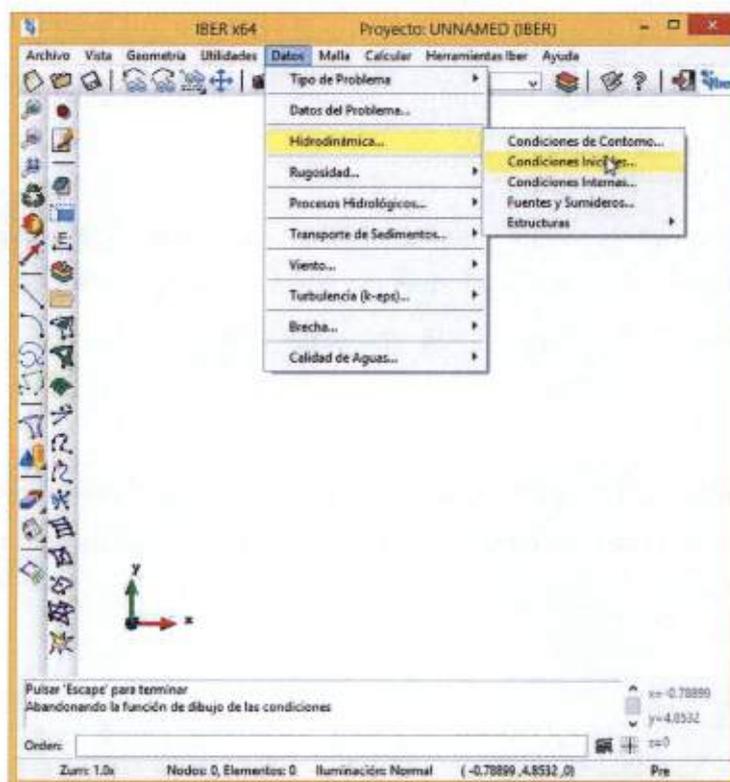
Las condiciones hidrodinámicas que pueden ser caracterizadas en el modelo de Iber, son las encargadas de definir el comportamiento hidráulico e hidrológico de los elementos que componen dicho modelo. Las condiciones que pueden definirse en el modelo son las expuestas en los subapartados siguientes:

6. Condiciones hidrodinámicas iniciales:

Las condiciones iniciales, son las referidas al momento previo a la simulación. Estas condiciones deben asignarse a toda la extensión a la que se refieren las mismas. De esta manera es posible asignar unas condiciones en unas zonas concretas y otras condiciones distintas en localizaciones diferentes.

La manera de introducir estas condiciones es a través del apartado Datos > Hidrodinámica > Condiciones iniciales

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)



Este tipo de condiciones únicamente son referidas a cotas o calados existentes previos a las simulaciones que se vayan a realizar. Este tipo de condiciones son utilizadas para la simulación de embalses o presas, que tienen cotas de agua definidas previamente a la simulación que vaya a realizarse.

En el caso que nos ocupa, no definiremos ninguna condición inicial, puesto que al tratarse de cauces efímeros (ramblas) no tiene un caudal definido previo al período de lluvia que vaya a simularse.

7. Condiciones hidrodinámicas de contorno:

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)

Estas condiciones son las referidas al contorno del modelo o lo que es lo mismo, al borde de la malla creada: caudales de entrada y caudales de salida de la zona de estudio.

En el presente estudio, las condiciones de contorno del modelo serán las referidas a los caudales generados por las ramblas. Para ello utilizaremos los hidrogramas generados en apartados anteriores para cada uno de los cauces.

En el presente subapartado se usará el ejemplo de la rambla del Carmen, para mostrar de la forma más pedagógica posible la generación de este modelo:

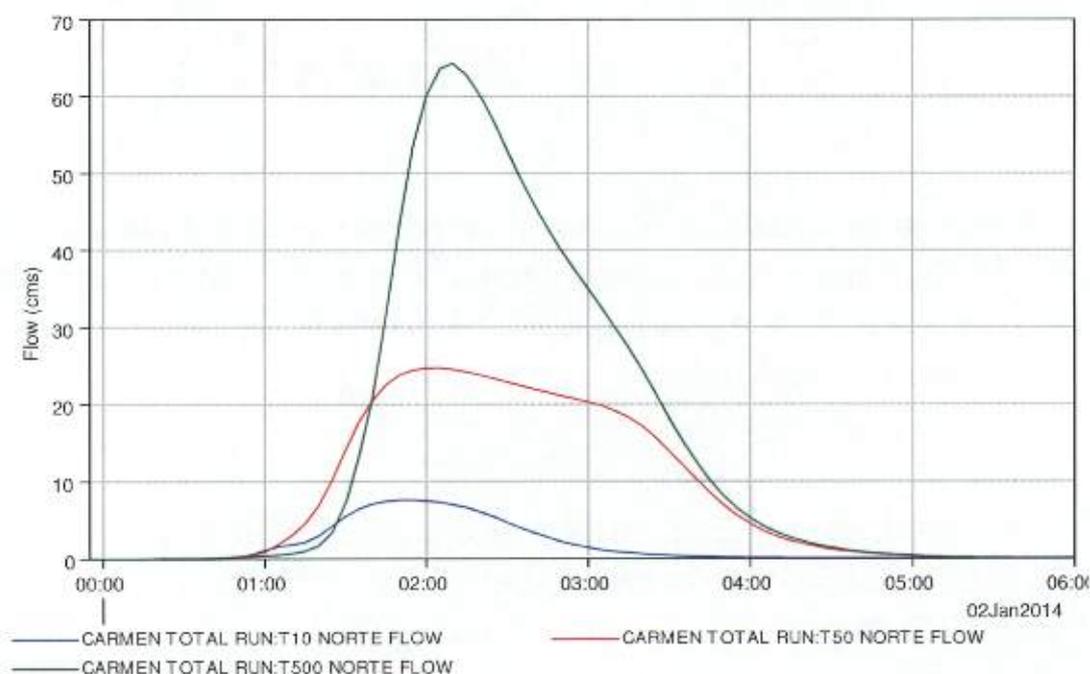


Imagen 6.8: Hidrograma resultante para distintos períodos de retorno. Rambla del Carmen

Exportando estos datos a una hoja de cálculo y copiándolos como input del programa, de la siguiente manera:

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)

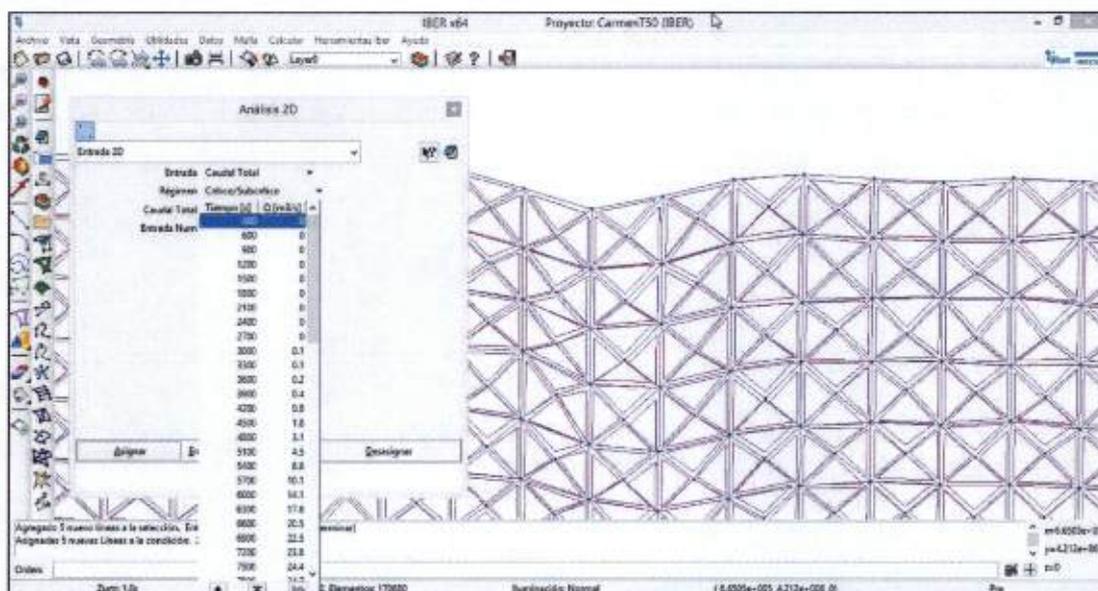


Imagen 6.9: Captura de pantalla introducción hidrograma en Iber

Para la introducción deberá seleccionarse la zona de entrada del cauce:

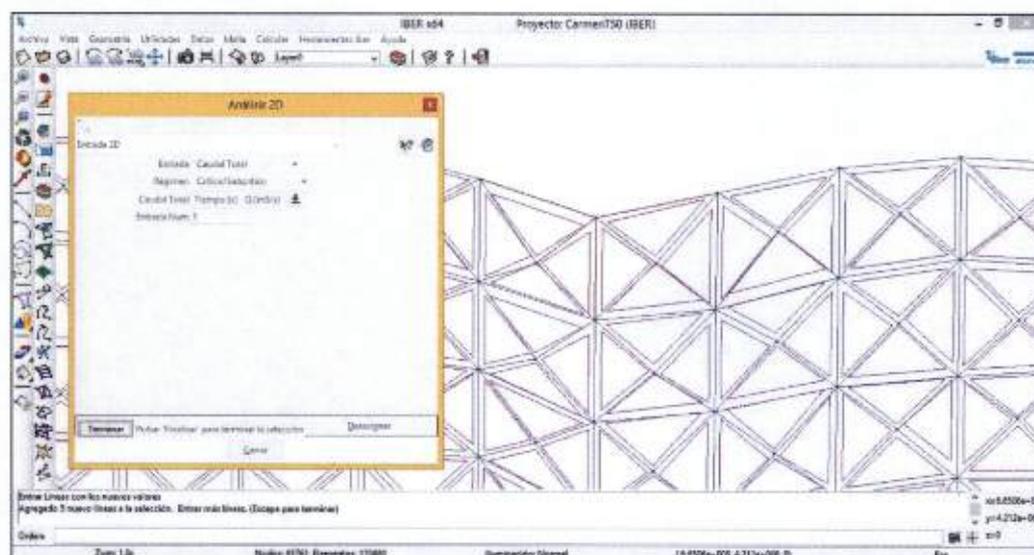


Imagen 6.10: Captura de pantalla introducción hidrograma en el contorno de la malla

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)

8. Condiciones hidrodinámicas internas:

Estas condiciones son las referidas a las estructuras y obras hidráulicas que pudieran interceptar el flujo simulado, como aliviaderos o compuertas. A continuación pueden verse las ecuaciones que definen ambos:

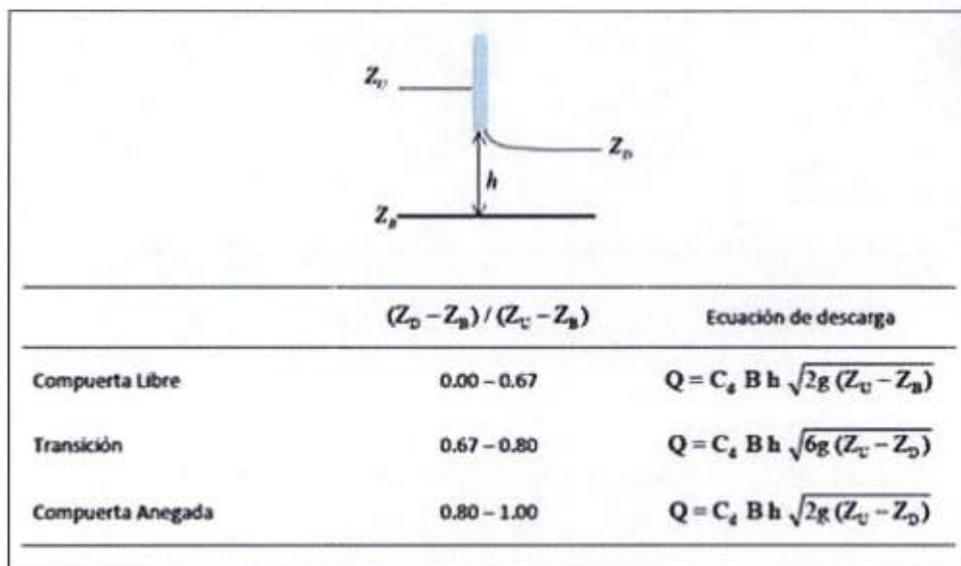


Imagen 6.11: Ecuaciones de compuerta

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)

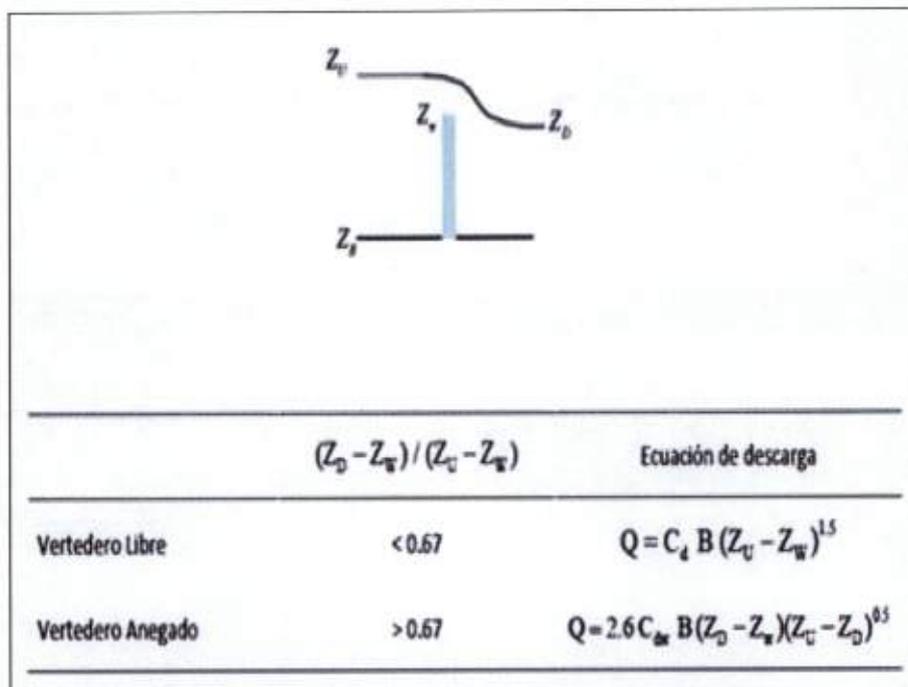
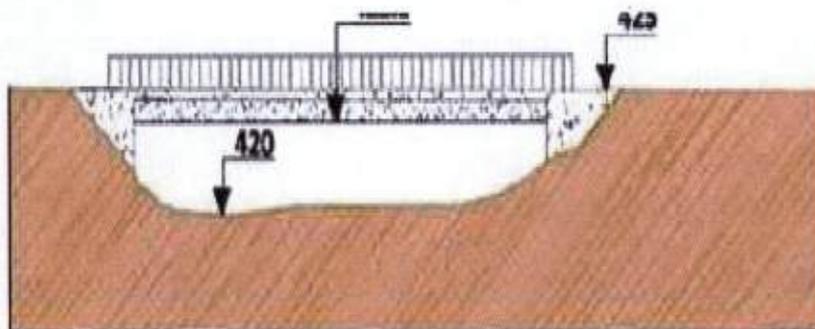


Imagen 6.12: Ecuaciones de vertedero

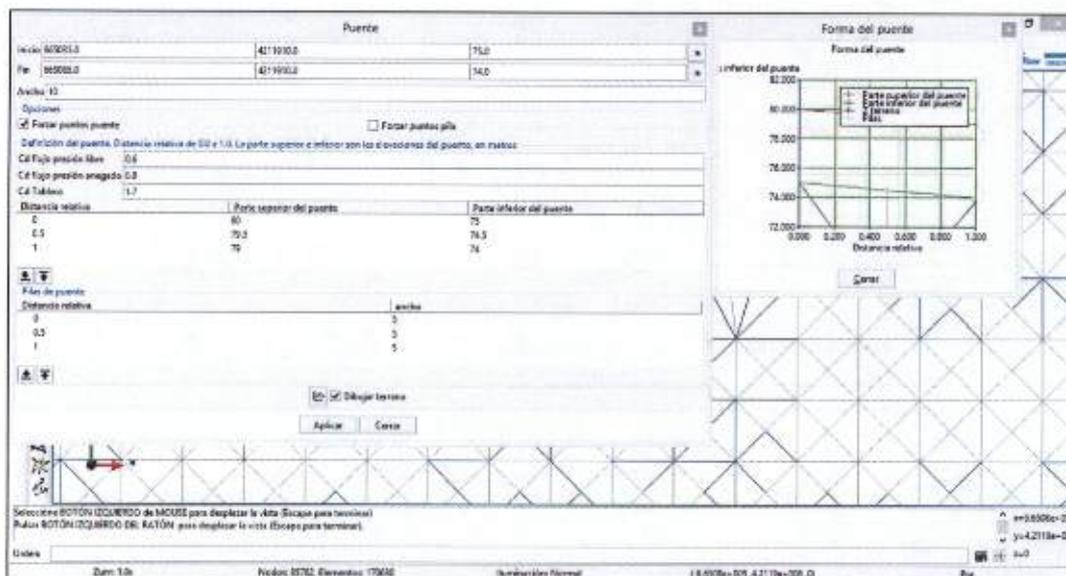
En caso de la simulación de puentes, se simula la combinación de ambas.

Los puentes en iber se introducen combinación de compuerta y vertedero, calculando el programa el caudal total como la suma del caudal sobre vertedero y caudal bajo compuerta.



ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)

En la última versión de iber, se ha introducido una herramienta para facilitar su introducción:



De esta manera, es posible configurar la localización, anchos y cotas relativas del mismo. Una vez definidos los parámetros generales de los puentes que serán introducidos en el modelo.

9. Rugosidad:

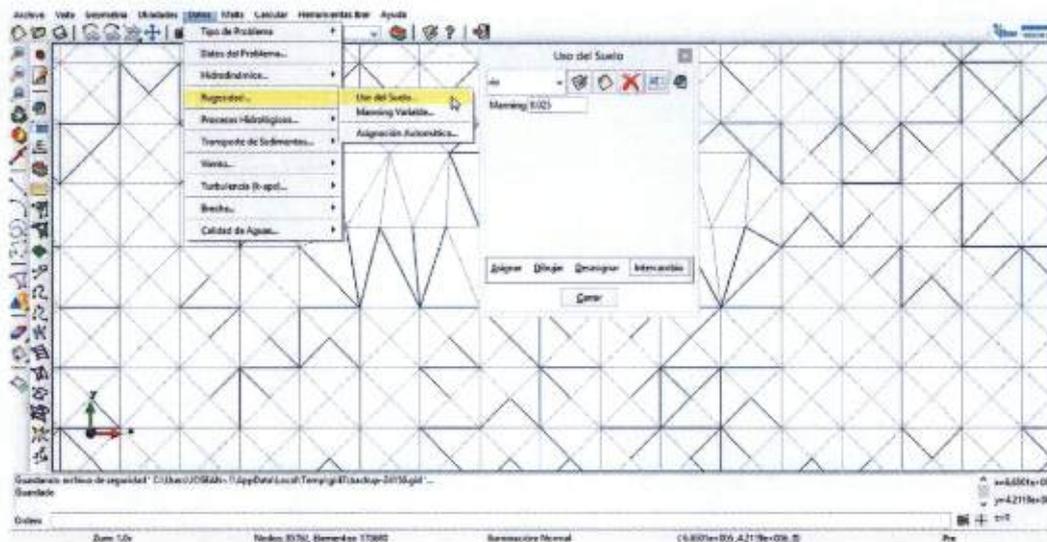
La rugosidad, es el parámetro que define la fuerza del rozamiento que ejerce una superficie sobre un fluido. En el caso de cauces naturales, esta rugosidad suele tener un valor elevado.

El programa iber aporta varias alternativas para la asignación de ésta, en este caso, por su sencillez de asignación, se utilizará la referente a usos de suelo. De una manera simplificada, se utilizarán 3 tipos de uso: Río, suelo desnudo y suelo residencial, utilizando los siguientes valores de coeficiente de manning:

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)

	Coeficiente de manning (n)
Río	0.025
Suelo desnudo	0.023
Suelo Residencial	0.15

Cabe destacar que el elevado valor del suelo residencial, se debe a que se pretende tener en cuenta la rugosidad que pudieran generar los obstáculos y mobiliario urbano (que por otro lado no han sido tenidos en cuenta en el MDE).

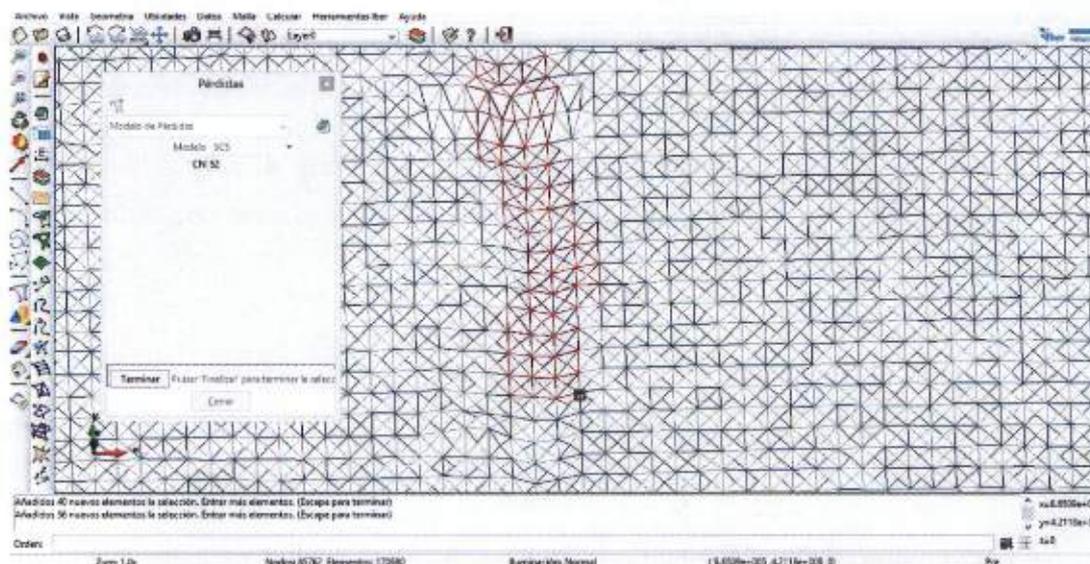


10. Infiltración:

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)

La condición de infiltración, tal y como se ha indicado en apartados anteriores, es el parámetro que permitirá saber la cantidad de flujo que se “pierde” en la escorrentía superficial, pasando a formar parte del flujo subterráneo, quedando por tanto despreciable.

Para esta condición se utilizarán los valores del número de curva, calculados en los apartados anteriores del proyecto. La asignación de éstos se realizará de forma manual en la malla creada para el modelo. En la siguiente imagen puede verse la señalización de un tramo de rambla:



11. Otras condiciones:

Cabe destacar que algunas de las posibilidades que aporta el modelo iber no han sido aprovechadas para este modelo, por considerarse fuera del ámbito de estudio como son: calidad de aguas o arrastre de sedimentos, así como la definición de constantes de turbulencia. Éstos parámetros podrán ser utilizados en futuros estudios o usos del modelo creado en el presente proyecto.

**ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL
PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-
6 (TA-380) (T.M. MURCIA)**

12. Simulación del modelo y generación de resultados:

Una vez definidos todos los parámetros y condiciones del modelo, se procede a la preparación de la simulación, propiamente dicha.

Para empezar y con el objetivo de optimizar los tiempos de cálculo, se realizan simulaciones independientes de cada una de las ramblas, uniendo los resultados posteriormente en un modelo global. La simulación será referida a los cauces de las ramblas indicadas en apartados anteriores del presente documento y los tiempos de simulación coincidirán con los resultados obtenidos para los hidrogramas unitarios con el programa HEC-HMS (simulación de 6 horas, para una lluvia de diseño de 3 horas con intervalos de 5 minutos).

**ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL
PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-
6 (TA-380) (T.M. MURCIA)**

II.- PLANOS

PLANO N.º 1: SITUACIÓN

PLANO N.º 2: EMPLAZAMIENTO

PLANO N.º 3: ESTUDIO DE LA ZONA. MDT

PLANO N.º 4: DELIMITACIÓN SUBCUENCAS

PLANO N.º 5: MANCHAS INUNDABILIDAD



INDICE DE PLANOS

PLANO N.º 1: SITUACIÓN

PLANO N.º 2: EMPLAZAMIENTO

PLANO N.º 3.1: ESTUDIO DE LA ZONA. MDT

PLANO N.º 3.1: ESTUDIO DE LA ZONA. MDT (ZONA ESTUDIO)

PLANO N.º 4: DELIMITACIÓN CUENCAS Y SUBCUENCAS

PLANO N.º 5.1: MANCHAS INUNDABILIDAD CALADO

PLANO N.º 5.2: MANCHAS INUNDABILIDAD. VELOCIDAD

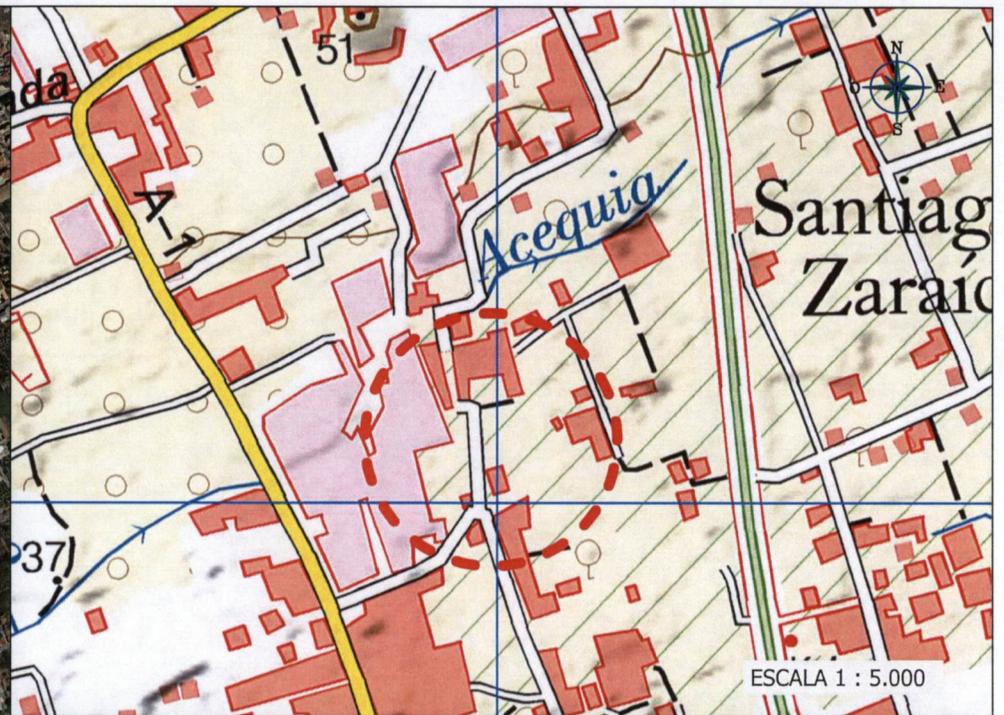
PLANO N.º 5.3: MANCHAS INUNDABILIDAD. Vx-Vy

MIRA
HERNANDEZ
JOAQUIN -
22984356L

Firmado digitalmente por MIRA
HERNANDEZ JOAQUIN - 22984356L.
Nombre de reconocimiento (DN):
c=ES,
serialNumber=IDCES-22984356L,
givenName=JOAQUIN, sn=MIRA
HERNANDEZ, cn=MIRA HERNANDEZ
JOAQUIN - 22984356L.
Fecha: 2019.03.27 14:45:29 +01'00'



ESCALA 1 : 10,000

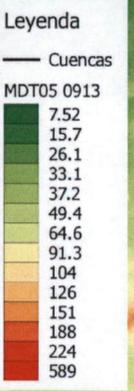
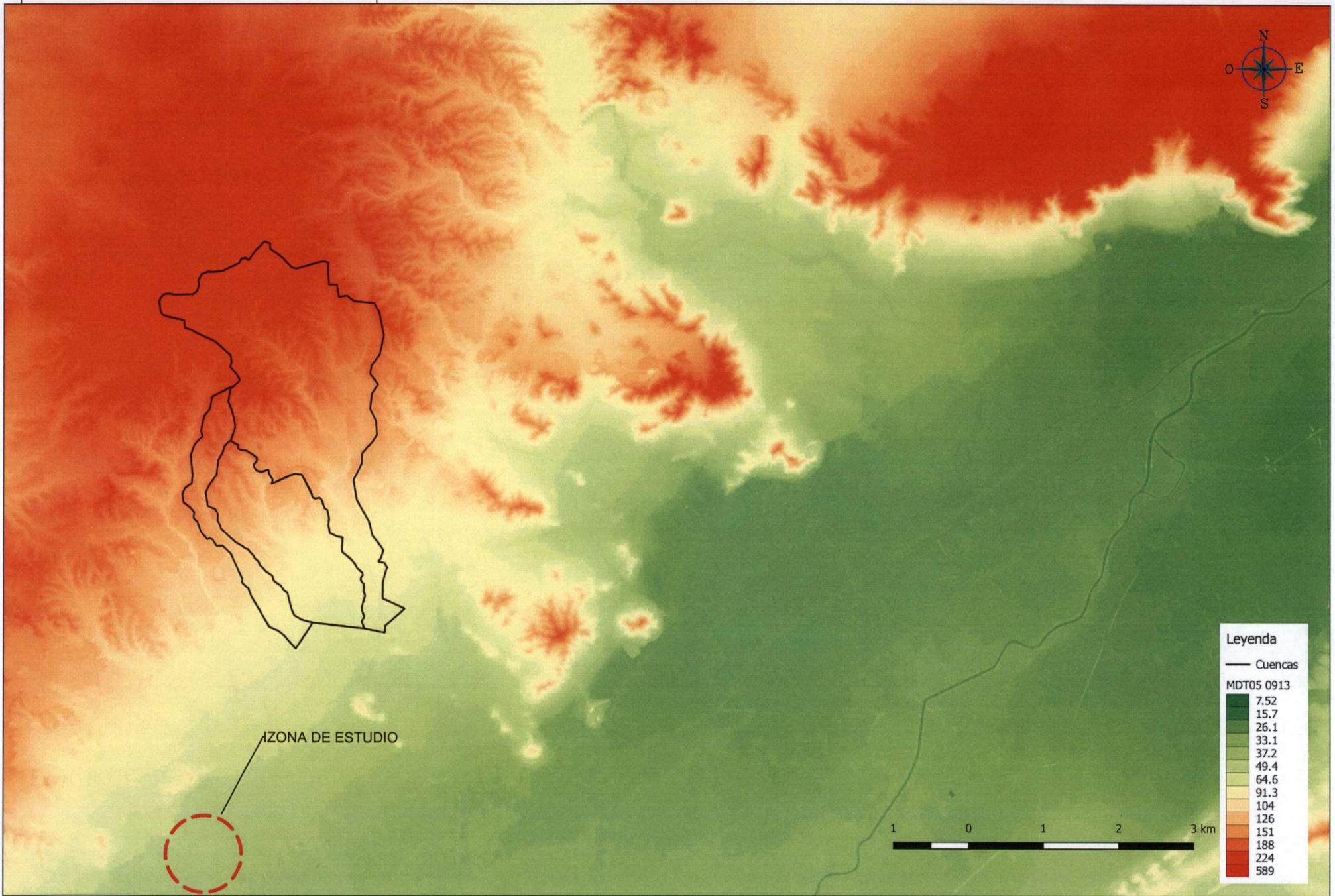


ESCALA 1 : 5,000



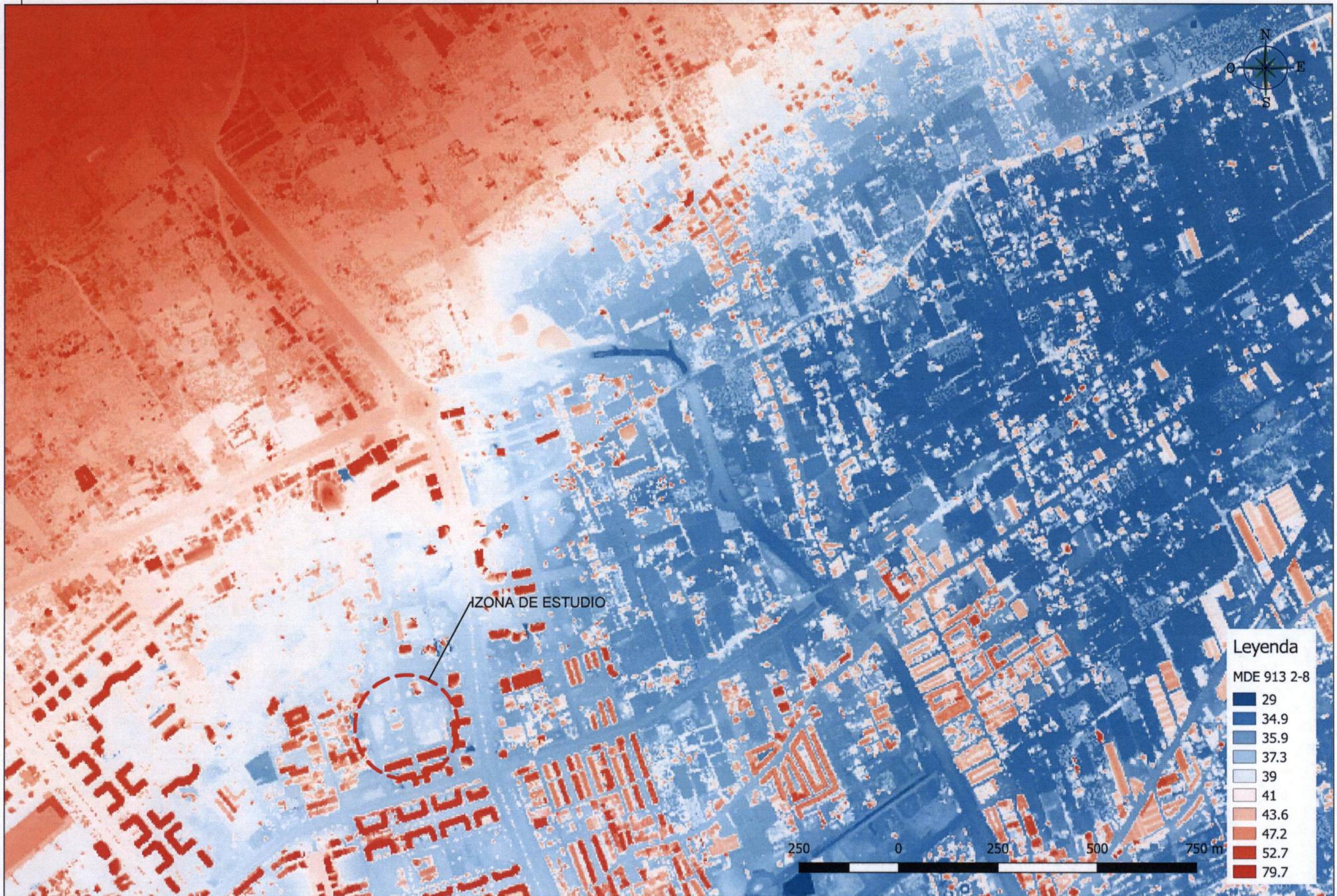
ESCALA 1 : 5,000

<p>PROMOTOR:</p>  <p>AYUNTAMIENTO DE MURCIA</p>	<p>CONSULTOR:</p>  <p>cesyr</p>	<p>AUTOR DEL PROYECTO</p> <p>El Ingeniero de Caminos, C. Y. P.</p> <p>Fdo. Joaquín Mira Hernández</p>	<p>ESCALA</p> <p>VARIAS</p> <p>Formato original A-3</p>	<p>TÍTULO:</p> <p>ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)</p>	<p>FECHA: Marzo 2019</p> <p>REFERENCIA: REV-0</p>	<p>TÍTULO DEL PLANO</p> <p>EMPLAZAMIENTO</p>	<p>PLANO Nº 2</p> <p>HOJA 1 de 1</p>
--	--	---	---	---	---	--	--------------------------------------

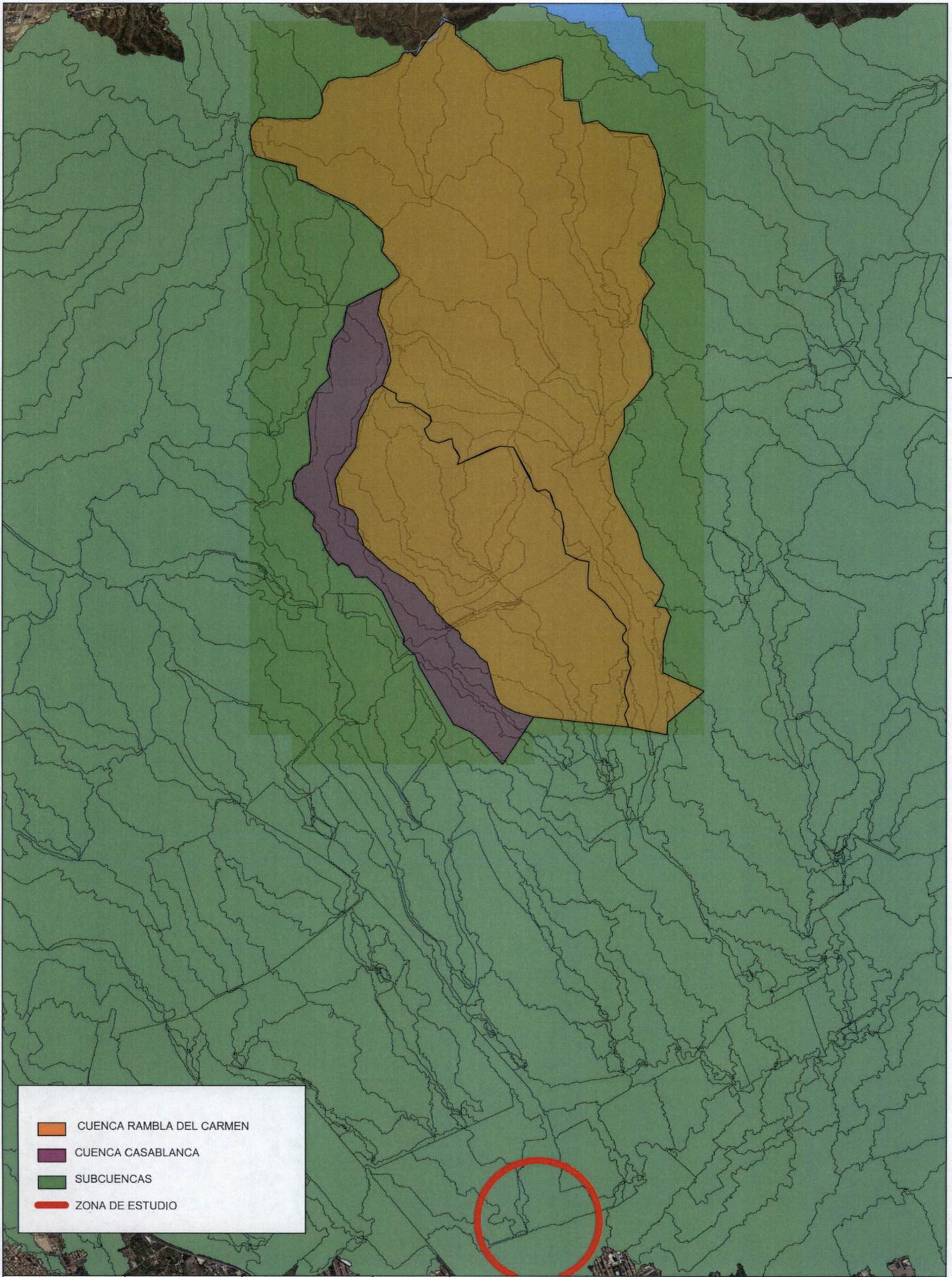


IZONA DE ESTUDIO

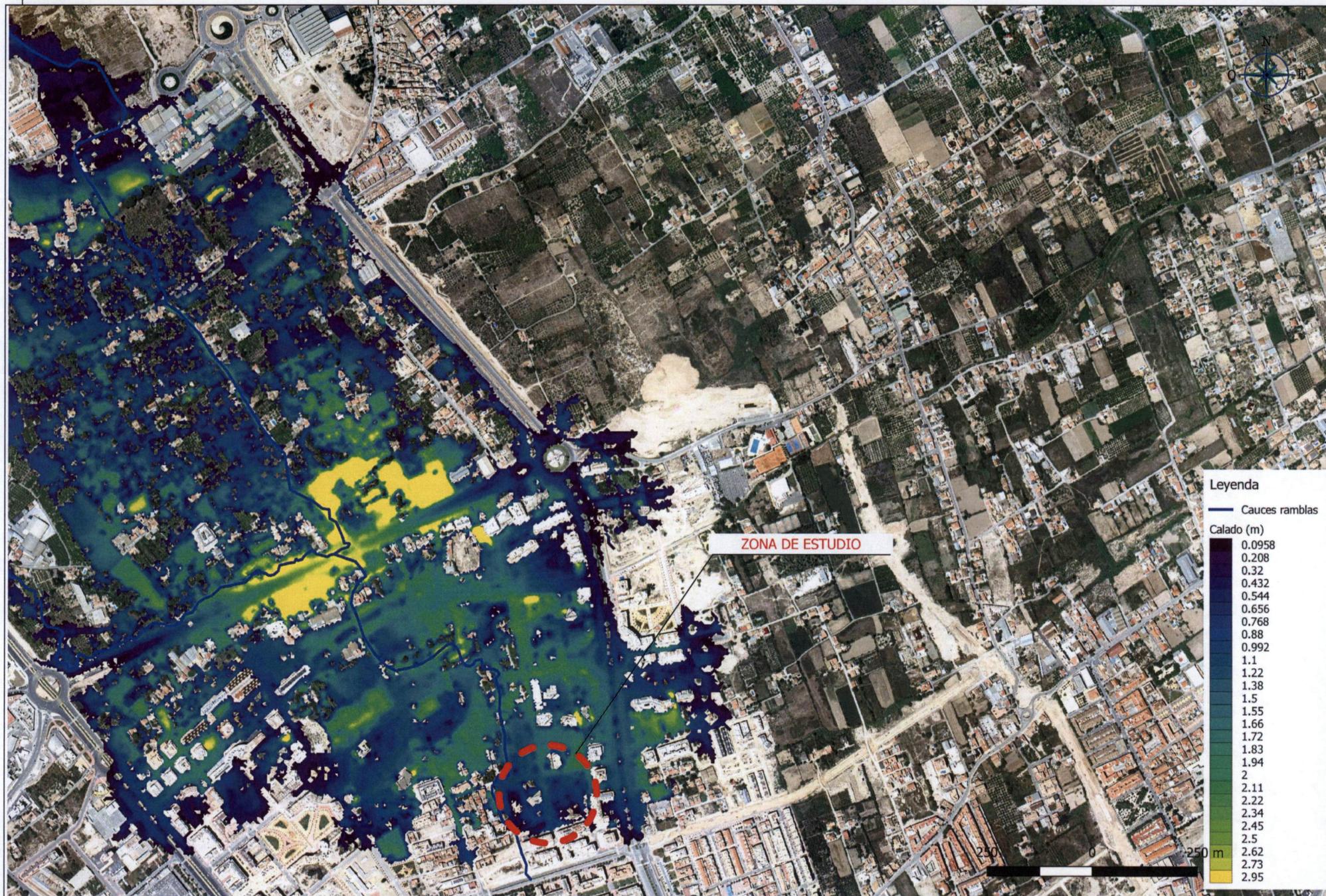
PROMOTOR:  AYUNTAMIENTO DE MURCIA	CONSULTOR:  cesyr Construcción 4.0	AUTOR DEL PROYECTO El ingeniero de Caminos, C. y P. Fdo. Joaquín Mira Hernández	ESCALA INDICADAS Formato original A-3	TÍTULO: ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)	FECHA: Marzo 2019 REFERENCIA: REV-0	TÍTULO DEL PLANO ESTUDIO DE LA ZONA MODELO DIGITAL DEL TERRENO	PLANO Nº 3 HOJA 1 de 2
---	--	---	---	--	--	---	---------------------------



PROMOTOR:  AYUNTAMIENTO DE MURCIA	CONSULTOR:  Construcción 4.0	AUTOR DEL PROYECTO El ingeniero de Caminos, C. y P. Fdo. Joaquín Mira Hernández	ESCALA INDICADA Formato original A-3	TÍTULO: ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DP2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)	FECHA: Marzo 2019 REFERENCIA: REV-0	TÍTULO DEL PLANO ESTUDIO DE LA ZONA MODELO DIGITAL DEL TERRENO	PLANO Nº 3 HOJA 2 de 2
---	---	---	--	--	--	--	---------------------------



	CUENCA RAMBLA DEL CARMEN
	CUENCA CASABLANCA
	SUBCUENCAS
	ZONA DE ESTUDIO



Leyenda

— Cauces ramblas

Calado (m)

- 0.0958
- 0.208
- 0.32
- 0.432
- 0.544
- 0.656
- 0.768
- 0.88
- 0.992
- 1.1
- 1.22
- 1.38
- 1.5
- 1.55
- 1.66
- 1.72
- 1.83
- 1.94
- 2
- 2.11
- 2.22
- 2.34
- 2.45
- 2.5
- 2.62
- 2.73
- 2.95

<p>PROMOTOR:</p>  <p>AYUNTAMIENTO DE MURCIA</p>	<p>CONSULTOR:</p>  <p>cesyr Construcción 4.0</p>	<p>AUTOR DEL PROYECTO El Ingeniero de Caminos, C. y P. Fdo. Joaquín Mira Hernández</p>	<p>ESCALA INDICADA Formato original A-3</p>	<p>TÍTULO: ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y DE INUNDABILIDAD PARA EL PLAN ESPECIAL EN PARCELA DF2a DE Y USO DEPORTIVO UA 1 DEL PP CR-6 (TA-380) (T.M. MURCIA)</p>	<p>FECHA: Marzo 2019 REFERENCIA: REV-0</p>	<p>TÍTULO DEL PLANO MANCHAS DE INUNDABILIDAD CALADO (m)</p>	<p>PLANO Nº 5 HOJA 1 de 3</p>
--	---	---	---	--	--	---	-----------------------------------

