



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos,
Canales y Puertos

Análisis de soluciones para el drenaje del entorno urbano
del parque Alquerías en Denia (Alicante)

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Civil

AUTOR/A: Lull Català, Gabriel

Tutor/a: García Bartual, Rafael Luis

Cotutor/a: Andrés Doménech, Ignacio

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMINOS
upv ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

TRABAJO FINAL DE GRADO

ANÁLISIS DE SOLUCIONES PARA EL DRENAJE DEL ENTORNO URBANO DEL PARQUE LES ALQUERÍES EN DENIA (ALICANTE).

Grado en Ingeniería Civil

Autor: Lull Catala, Gabriel
Tutor: García Bartual, Rafael Luis
Cotutor: Andrés Doménech, Ignacio
Curso: 2022/2023

ÍNDICE

1	Introducción	3
1.1	Objeto del trabajo final de grado	3
1.2	Problemática	3
1.3	Situación y emplazamiento	3
1.3.1	Situación	3
1.3.2	Emplazamiento	3
1.4	Antecedentes	3
1.4.1	Proyecto de construcción de “Colector de aguas pluviales en Denia 2ª fase”	3
1.4.2	Proyecto de construcción “Obras complementarias del bco de la cova del aigua”	4
2	Estudios previos	4
2.1	Marco urbanístico	4
2.2	Marco hidrológico (PATRICOVA)	5
2.3	Geología y geotécnica	7
2.4	Análisis topográfico	7
2.5	Resumen gráfico	9
3	Estudio hidrológico	11
3.1	Objeto del estudio	11
3.2	Introducción	11
3.3	Descripción de la cuenca	11
3.3.1	Delimitación hidrgráfica de la cuenca	11
3.3.2	Climatología	12
3.3.3	Geología	12
3.3.4	Tipos de suelo	13
3.3.5	Usos del suelo	14
3.3.6	Pendientes	14
3.3.7	Análisis y tratamiento de la escorrentía superficial	15
3.3.8	Aspectos a considerar para la caracterización de la cuenca	15
3.4	Precipitación máxima diaria anual	15
3.4.1	Estaciones pluviométricas	15
3.4.2	Análisis estadístico	16
3.5	Modelación de la cuenca	20
3.6	Software empleado	20
3.6.1	Modelo de producción	21
3.6.2	Modelo de propagación de la cuenca	21
3.7	Tormenta de diseño	22
3.8	Datos de entrada para el hec-hms	24
3.9	Datos de salida del hec-hms	25
3.10	Cálculo del caudal pico mediante el método racional	26
3.10.1	Intensidad de precipitación	26
3.10.2	Coefficiente de escorrentía	26
3.11	Conclusión	27
4	Planteamiento de las soluciones	27
4.1	Estudio del volumen de escorrentía	27
4.2	Superficie disponible	27
4.3	Vaciado del parque	27
4.4	Descripción de las alternativas	28
4.4.1	Alternativa nº1 parque de inundación. Balsa de infiltración	28
4.4.2	Alternativa nº2 parque de inundación. Estanque de agua de lámina permanente	31
4.5	Justificación de la solución adoptada mediante método AHP	33
4.6	Descripción de la solución adoptada	35
5	Conclusiones	40
5.1	Especificaciones de diseño paisajístico del parque de la solución adoptada	40
5.2	Valoración económica	42
5.3	Resumen	44
6	Referencias	45

ÍNDICE GRÁFICAS, FIGURAS, TABLAS Y ESQUEMAS.

Figura 1. Situación.....	3
Figura 2. Emplazamiento.....	3
Figura 3. Colector existente (Ayto. Dénia).....	4
Figura 4. Desagüe Barranco.....	4
Figura 5. Ficha PGE Dénia zona de estudio (Ayto. Dénia).....	5
Figura 6. Planeamiento PGOU (Ayto. Dénia).....	5
Figura 7. Patricova de la zona (Terrasit).....	6
Figura 8. Calados máximos zona de estudio (SNCZI).....	6
Figura 9. Plano nube de puntos (Ayto. Dénia).....	8
Figura 10.Ámbito de estudio.....	11
Figura 11. Cuenca Hidrográfica.....	12
Figura 12.Geología de la zona (IGME).....	12
Figura 13.Leyenda mapa geológico (IGME).....	13
Figura 14. Mapa de tipos de suelo.....	14
Figura 15.Mapa de usos del suelo.....	14
Figura 16. Localización estaciones pluviométricas (Antigua AEMET).....	16
Figura 17. Modelo de cuenca en HEC-HMS.....	24
Figura 18. Mapa de coeficiente corrector de escorrentía Normativa 5.2- IC.....	25
Figura 19. Esquema funcionamiento.....	28
Figura 20.Esquema funcional (Guía Básica de diseño, Ciclo Integral).....	29
Figura 21. Esquema funcional (Ciclo Integral del Agua).....	31
Figura 22. Obra de drenaje transversal (Normativa 5.2 IC).....	35
Figura 23. Sección de pozo de infiltración y dren (Guía de SUDS Ayto. Madrid).....	37
Figura 24. Esquema parque de inundación (Guía de diseño básico SUDS).....	37
Figura 25. Pozo de infiltración (Guía básica de diseño de SUDS).....	37
Figura 26. Funcionamiento esquemático solución final.....	38
Esquema 1. Procedimiento de dimensionamiento.....	27
Esquema 2. Funcionamiento Solución 1.....	29
Esquema 3. Funcionamiento Solución 2.....	31
Esquema 4. Criterios.....	33
Gráfica 1. Gráfica de comparación de las funciones de distribución (ANALEST).....	19
Gráfica 2. Tormenta de diseño para T=10 años.....	22
Gráfica 3. Tormenta de diseño para T=15 años.....	23
Gráfica 4. Tormenta de diseño para T= 25 años.....	23
Gráfica 5. Tormenta de diseño para T= 50 años.....	23
Gráfica 6. Tormenta de diseño para T= 100 años.....	23

Gráfica 7. Curvas IDF.....	24
Gráfica 8. Hidrograma de avenida.....	26
Gráfica 9. Hidrogramas de avenidas para el cálculo de los volúmenes.....	27
Gráfica 10. Hidrograma de avenida para T=2 (HEC-HMS).....	36
Gráfica 11. Hidrograma de avenida para T=5 años (HEC-HMS).....	37
Tabla 1.Tipo de geología.....	13
Tabla 2.Grupos de tipos de suelo (Normativa 5.2-IC).....	13
Tabla 3. Valor inicial del umbral de escorrentía Po' (Normativa 5.2- IC).....	15
Tabla 4. Información estaciones pluviométricas.....	16
Tabla 5. Datos estaciones pluviométricas Dénia.....	17
Tabla 6. Parámetros estadísticos (ANALEST).....	18
Tabla 7. Valores de las funciones de distribución (ANALEST).....	19
Tabla 8. Cuantiles de precipitación (ANALEST).....	20
Tabla 9. Parámetros de entrada en el HEC-HMS.....	24
Tabla 10. Coeficiente corrector del umbral de escorrentía.....	25
Tabla 11. Caudales pico para cada período de retorno.....	26
Tabla 12. Caudales pico de diseño para cada período de retorno.....	27
Tabla 13. Escala de comparación Saaty por pares. (Saaty,1980).....	33
Tabla 14. Matriz de preferencias de los criterios.....	33
Tabla 15. Matriz de preferencias de las ALT. Respecto a cada criterio.....	34
Tabla 16. Matriz normalizada de criterios.....	34
Tabla 17. Matrices normalizadas de las alternativas.....	34
Tabla 18. Matriz final de valoración y ponderación.....	35
Tabla 19. Tabla de resultados.....	35
Ilustración 1. Vista hacia el norte de la pastilla verde (Elaboración propia).....	9
Ilustración 2. Vista hacia noreste de la pastilla verde (Elaboración propia).....	9
Ilustración 3. Vista desde el norte. Vallado existente (Elaboración propia).....	9
Ilustración 4. Tipo de suelo existente de la zona verde (Elaboración propia).....	9
Ilustración 5. Vista hacia el noreste desde el camí Pou de la Montanya (Elaboración propia).....	10
Ilustración 6. Vista desde el polideportivo (Elaboración propia).....	10
Ilustración 7. Solución que se propone para el ODT (Elaboración propia; Barranco en Alzira).....	36
Ilustración 8. Solución que se propone para la ODT (Elaboración propia; Barranco Alzira).....	36
Ilustración 9. Posible diseño paisajístico (Elaboración propia).....	40
Ilustración 10. Tipo de caminos permeables en el parque. (Elaboración propia).....	40

1 INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETO DEL TRABAJO FINAL DE GRADO

El objeto del estudio es la descripción técnica y la valoración económica del análisis de soluciones para la elaboración del Estudio de alternativas para el drenaje del entorno urbano del Parque les Alquerías. Así como el estudio de la situación actual, el estudio hidrológico del entorno y un esquema de su funcionamiento de manera que se reduzcan las inundaciones en dicha zona.

1.2 PROBLEMÁTICA

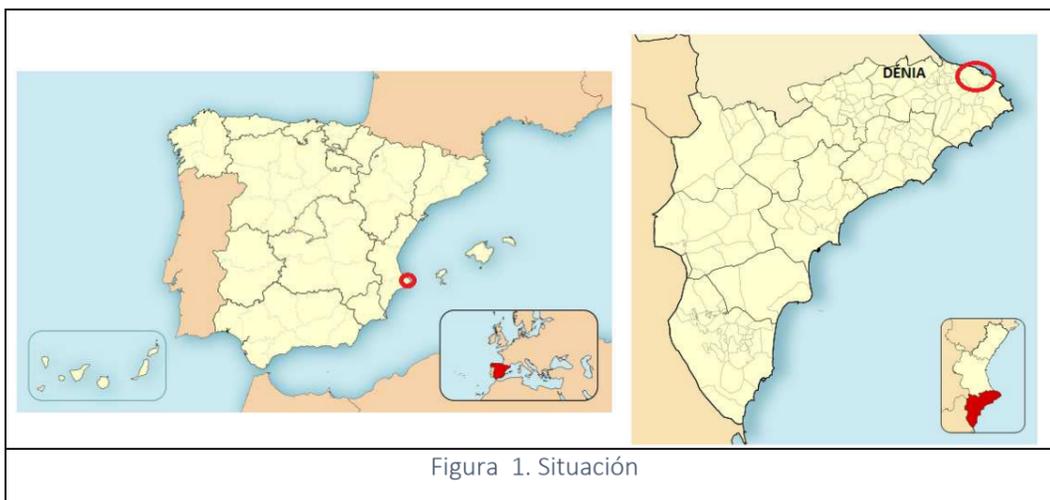
Para proponer una alternativa se ha hecho un estudio de la situación actual, reconociendo las características del lugar e identificando los condicionantes de diseño que permitan seleccionar la técnica más adecuada para la solución al problema existente.

La zona del Saladar antiguamente fue un marjal, con el paso del tiempo Dénia fue creciendo y esta zona se secó para posteriormente ser urbanizada. Al tratarse de una zona de marjal situada prácticamente al pie de la ladera norte del Montgó, ha sufrido grandes inundaciones a lo largo de los años. Por ello se han planteado y ejecutado soluciones pero que no han llegado a solucionar los problemas de inundación.

1.3 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

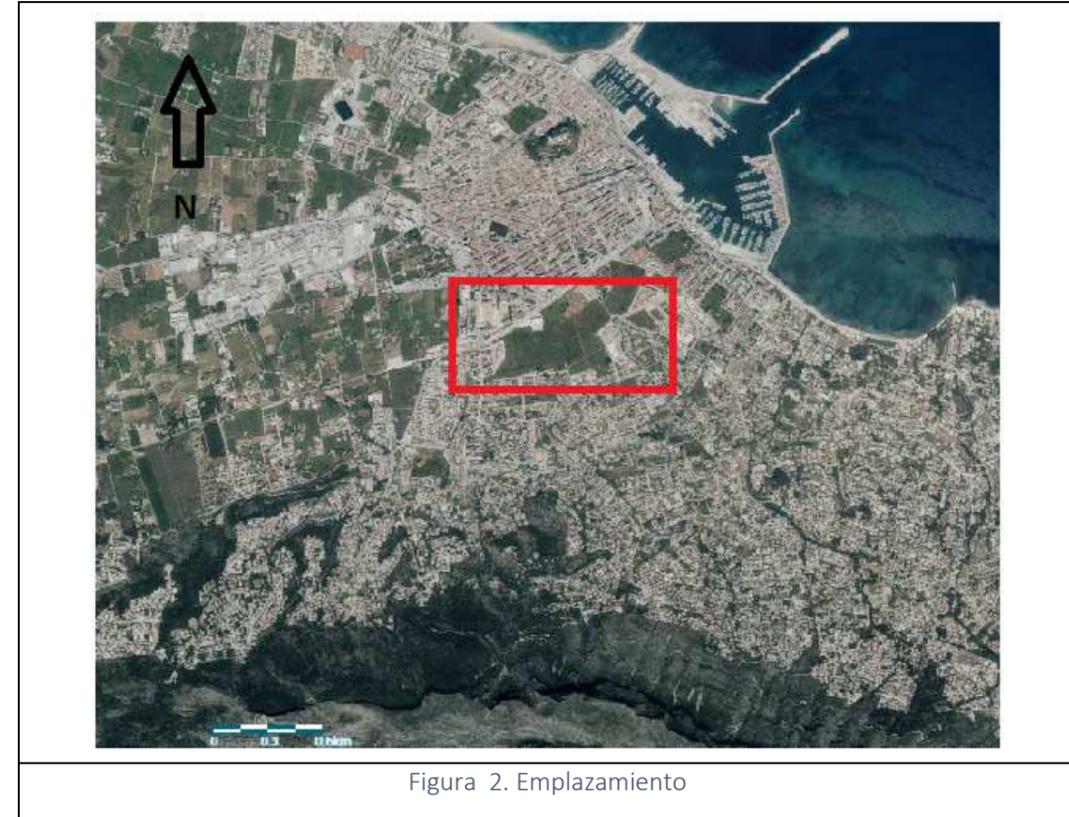
1.3.1 SITUACIÓN

La pastilla verde en la cual se va a realizar el estudio y donde se van a proponer las soluciones, se encuentra en el municipio de Dénia, situado en el norte de la provincia de Alicante, en la Comunidad Valenciana. Es la capital de la comarca de La Marina Alta. Consta de una extensión de 66,2 Km² y se encuentra a una altitud de 22 m sobre el nivel del mar. Es un municipio costero en el que le afectan duramente las lluvias torrenciales.



1.3.2 EMPLAZAMIENTO

La zona de estudio se emplaza en el sur del municipio, en la parte baja de la ladera norte del montgó. Se sitúa dentro del casco urbano de Dénia, entre la Av. Joan Fuster, calle Pou de la Muntanya y Camí San Joan y corresponde a pastilla verde perteneciente al Ayto. de Dénia.



1.4 ANTECEDENTES

1.4.1 PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE "COLECTOR DE AGUAS PLUVIALES EN DENIA 2ª FASE"

El proyecto del colector del Montgó de aguas pluviales en Denia (1ª Fase) se planteó como solución a los problemas de inundabilidad de la zona del Saladar.

En dicho proyecto ya figuraba la 2ª Fase del colector, que contemplaba la ejecución de una nueva conducción de desagüe por la denominada calle de 25 metros. Esta conducción se desarrolló en un proyecto constructivo, ejecutando solamente la parte de entre el camí dels Lladres y el de Sant Joan con una sección de dos marcos de 3,5 x 2,20 metros cada uno con una capacidad de 55 m³/s y 15000 m³ según proyecto. Este fue diseñado para un período de retorno de 25 años.

En principio era viable puesto que todas las parcelas circundantes eran edificables, pero a día de hoy se ha estudiado con mayor detalle la inundabilidad y los riesgos de la zona, planteándose una solución complementaria y así mismo se ha recalificado el suelo pasando a ser la zona sur del vial una zona verde no edificable.

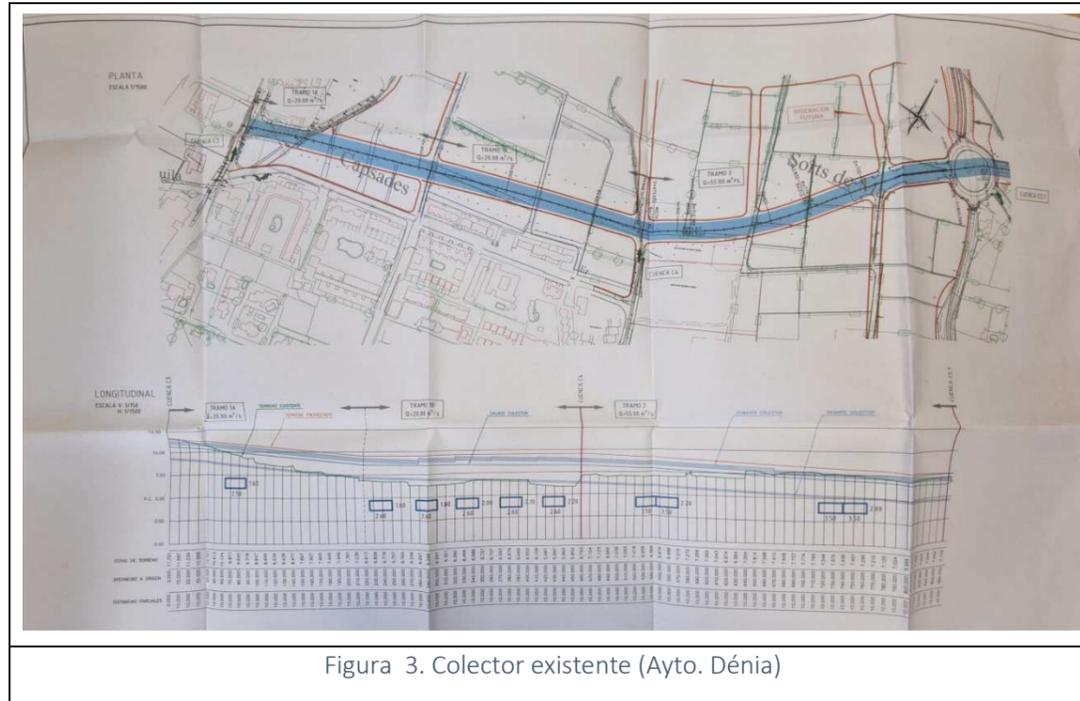


Figura 3. Colector existente (Ayto. Dénia)



Figura 4. Desagüe Barranco

1.4.2 PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN "OBRAS COMPLEMENTARIAS DEL BCO DE LA COVA DEL AIGUA"

En la ejecución de las obras incluidas en el proyecto de construcción "Obras complementarias del Barranco de La Cova de l'Aigua" (Bco de la Peña de l'Aguila) se eliminaron rellenos del fondo del cauce del barranco y se colocó una escollera gradual en una longitud de 45 m aguas abajo del tramo encauzado para solventar un problema de inundabilidad aguas arriba del marco.

En el tramo enterrado el barranco está encauzado mediante un marco de hormigón de dimensiones interiores 2,00 x 2,00 m.

En las obras se reperfilaron también los márgenes del barranco revistiéndolos con escollera recebada con hormigón.

2 ESTUDIOS PREVIOS

A continuación, se comentan los aspectos técnico-administrativos que ha de cumplir la solución adoptada, recogidos en el pliego propuesto por la administración competente. Al igual que los condicionantes que tiene dicha zona.

2.1 MARCO URBANÍSTICO

En los informes sectoriales del anejo-A de las correcciones del PGE 2022, como se puede ver en la figura, se destina una zona verde, Parque Alquerías, colindando con una zona de uso deportivo y con zonas edificables. Según la propuesta del PGE se trataría de una zona verde inundable de 11,2 ha.

ZONA DE NUEVO DESARROLLO FICHA DE CONDICIONES DE ORDENACIÓN		SURTO COBIA denominación
CÓDIGO SUPERFICIE USO DOMINANTE USOS COMPATIBLES USOS INCOMPATIBLES DENSIDAD ÍNDICE DE EDIFICABILIDAD BRUTA POBLACIÓN MÁXIMA	ZND-DT-1.4 14,36 Ha. ZONA VERDE, PARQUE DEPORTIVO m2/m2a	urbanizable dotacional ZND-DT-1.4 PARQUE ALQUERIES
PROTECCIONES		
AFECCIONES Inundabilidad Causas		
PROGRAMAS DE INTERVENCIÓN No		
CONDICIONES PARA LOS USOS PERMITIDOS		
ORDENANZAS GENERALES Y PARTICULARES		
CONDICIONES DE ORDENACIÓN		
<p>El objeto de la ordenación es el parque Alquerías, y los semivales: J. Fuster, c/Geemí, incluso la parcela urbana emplazada en cm. Sant Joan seq. c/Geemí.</p> <p>La presencia de una dotación deportiva, que puede considerarse uso complementario, y varias estructuras aún no ejecutadas (ampliación Joan Fuster, c/ S. Joan) aconsejan que la pieza llegue hasta el límite con Intermodal, al norte, la alineación del cm. Sant Joan, el eje de la c/Geemí y la alineación de la calle que en sentido norte-sur prolonga hacia el sur la actual c/Am-El-Llabana.</p> <p>Integrará el aparcamiento existente, pudiendo remodelarlo y ampliarlo hasta un máximo del 5% de la superficie total del parque.</p> <p>El parque, además de su función propia, debe orientarse hacia una función drenante de las aguas de escorrentía superficial, con superficies drenantes e incluso balsas de sacrificio, y, en lo posible, colector con desagüe al existente en la UE C1.</p>		
<p>Observaciones Se trata del parque sobre terrenos hoy mayoritariamente de titularidad municipal (obtenido por la gestión de los conventos de 16.05.1968, con Fmº. Borsall, VIDALMA y Fº. Noguera) y unas porciones anexas, de titularidad pública, unas, y privada, otras. Parte de los terrenos (no incluidos en el gráfico) son urbanos, incluidos en la pieza urbana ZUR-RE-5.J.</p>		
<p>OTRAS Requiere Estudio de Inundabilidad e Informe favorable de CHJ y PATRICOVA.</p>		
<p>PLANO</p> 		

Figura 5. Ficha PGE Dénia zona de estudio (Ayto. Dénia)



Figura 6. Planeamiento PGOU (Ayto. Dénia)

En la zona sur de la zona verde, según el plan general estructural, se va a proyectar una calle que conecta el camino de les Alqueries con el del Pou de la Muntanya, conectando el parque con esa misma calle y con la zona de nuevo desarrollo residencial. En las zonas colindantes a la zona deportiva tendrán uso de estacionamiento de vehículos y con zonas de ocio.

Con la cartografía se ha hecho una propuesta de la nueva calle, y se ha visto que la parte sur, de entre la zona edificada y la propuesta de la calle, se queda una pequeña zona deprimida que se califica como zona de nuevo desarrollo residencial por lo que habría que rellenarla a la cota de la calle, evitando también que se cree una pequeña balsa y afecte a las edificaciones, implementando un drenaje transversal para drenar hacia la zona verde.

El perfil longitudinal de la calle será de manera que forme una pequeña vaguada en la parte por donde cruza el barranco, descendiendo de cota en ambos extremos hasta llegar a la cota de 4,5 metros para unirlo con el camino y evacuar la escorrentía hacia el cauce y el parque inundable mediante marcos prefabricados drenar el agua que escurre.

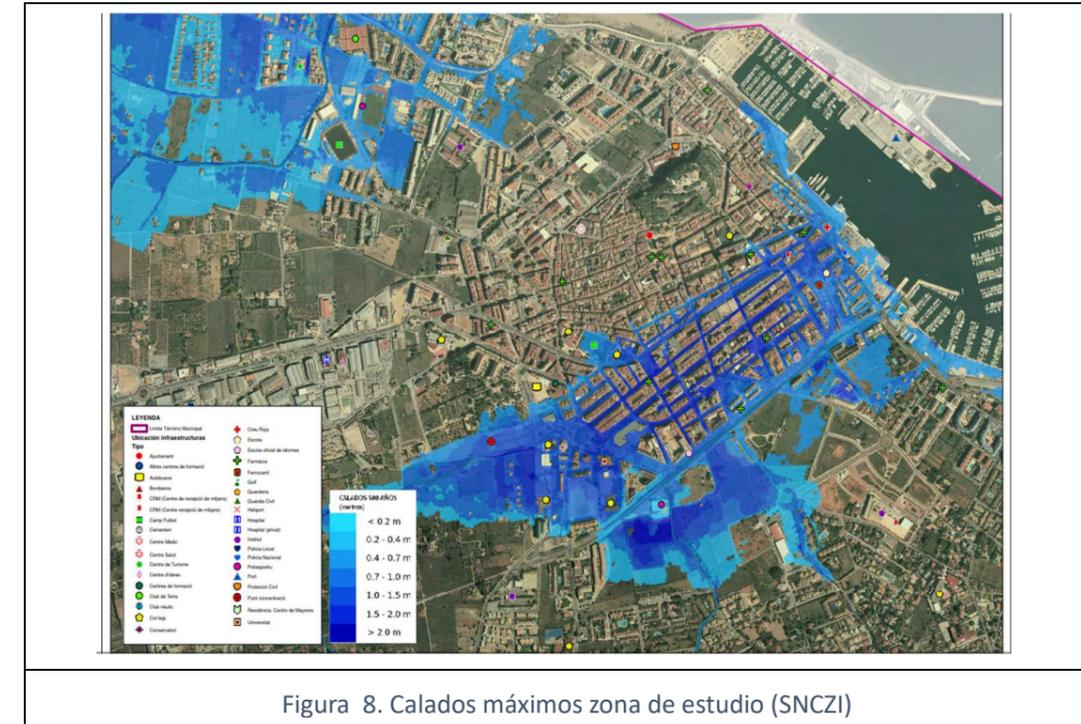
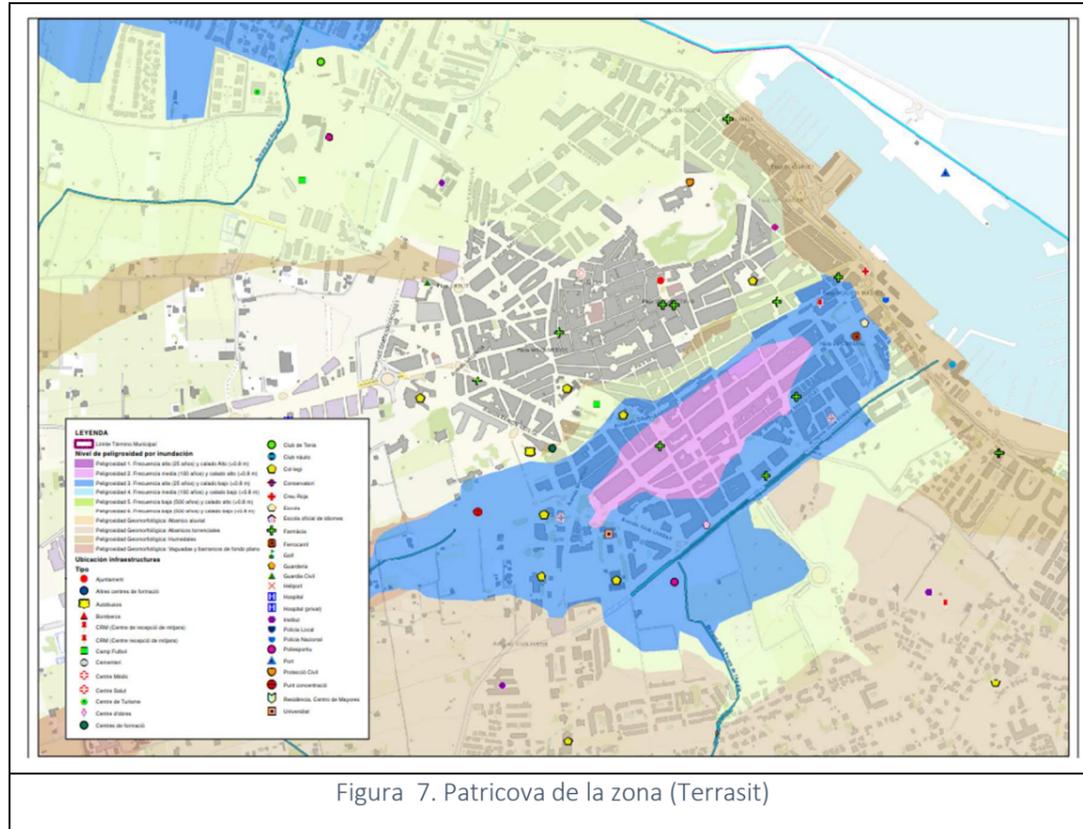
Las cotas del límite sur del parque estarán ajustadas con las de la calle para tener un acceso correcto.

2.2 MARCO HIDROLÓGICO (PATRICOVA)

El Plan de Acción Territorial de Carácter Sectorial sobre prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana (PATRICOVA), aprobado por el Decreto 201/2015, de 29 de octubre, del Consell, es uno de los instrumentos clave para la ordenación del territorio de la Comunidad Valenciana.

En el contenido de este Plan se destaca el establecimiento de una normativa técnica y de protección relacionada con una zonificación del riesgo de inundación realizada para todo el territorio de la Comunidad Valenciana.

De acuerdo con la consulta realizada a la cartografía del PATRICOVA, la totalidad de la superficie donde se pretende realizar el plan de prevención de inundaciones, corresponde a una zona con peligrosidad de inundación geomorfológica, existiendo un área de peligrosidad de nivel 3, con una frecuencia alta de tiempo de retorno de 15 años, con un calado máximo de 80 cm.



En la figura 8 extraída del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables, se encuentran los calados máximos de las posibles inundaciones para avenidas de 15 años, en la zona del Montgó-Saladar.

En el Plan Director de Defensa Contra las Avenidas en la comarca de la Marina Alta, realizado en el año 2013 por la Confederación Hidrográfica del Júcar, nos da unas bases sobre la situación global de Dénia. En este plan se realizó un estudio de soluciones de los barrancos de Denia, donde se observa que la zona del Saladar y les Alqueríes requiere de una solución específica.

El barranco de Coll de Pou, situado al norte de la vía de ferrocarril, y los barrancos secundarios provenientes del Montgó, Bco del Pou de la Montanya, Bco de la Penya del Agila y Bco del Camí de Sant Joan, se han visto afectados por el crecimiento de la localidad en los últimos años.

El tramo estudiado muestra una alteración, en relación con su estado natural. Debido al estrechamiento sistemático del cauce se aprecia la absoluta incapacidad del mismo en los modelos hidráulicos.

Con el modelo estudiado el barranco de Coll de Pou se desborda a lo largo de todo el tramo de estudio, afectando de manera especialmente grave a la zona urbana, incluso por la avenida de periodo de retorno T=15 años, afectaría a toda la mitad sur de la población.

Por lo que se plantea un estudio de soluciones del CHJ en la parte sur de la zona del Saladar, creando un área de sacrificio

2.3 GEOLOGIA Y GEOTÉCNICA

Se han conseguido mediante el Ayuntamiento de Dénia los datos del estudio geotécnico realizado por la empresa SAIN GEOTECNIA, S.L. en junio de 2009 en el entonces solar, situado en la Avda. Joan Fuster nº25 de Denia (Valencia).

El objeto inicial de este estudio geotécnico era la construcción de una losa de cimentación para situar aulas prefabricadas.

Finalmente, en vez de aulas prefabricadas se construyó un polideportivo.

En el informe geotécnico se indica que se ha estudiado el terreno en 3 puntos hasta una profundidad máxima de 6,00 m

La campaña se realizó en junio de 2009 realizándose:

- Un sondeo a rotación con extracción de testigo continuo. Con una toma de muestra inalterada y un ensayo SPT.
- Dos ensayos de penetración dinámica.

Del estudio geotécnico se concluye que el terreno está formado por las siguientes capas desde la cota de la boca de sondeo:

- Arcilla limosa. Fundamentalmente rellenos con una potencia de 1,60 m. De coeficiente de permeabilidad inferior a 10^{-9} m/s
- Materia orgánica. Entre 1,60 m y 3,20 m desde la boca del sondeo. Húmedo y saturado.
- Arcilla de colores rojo-negrucos. Entre 3,20 y 5,00 m de profundidad desde la boca del sondeo. De coeficiente de permeabilidad inferior a 10^{-9} m/s.
- Arcilla con gravas. Entre 5,00 y 9,00 m de profundidad. De coeficiente de permeabilidad inferior a 10^{-9} m/s.

El nivel freático se ha detectado a una profundidad de 2,60 m desde la boca del sondeo, estimándose una posible subida de este nivel de hasta 1,20 m, situándose así el NF a profundidades entre 1,40 y 2,60 m desde la boca del sondeo realizado.

En los datos que constan en el informe geotécnico no se detalla la situación de las prospecciones, pero se deduce que se encuentran a cota de la situación actual de polideportivo, aproximadamente (de acuerdo con la topografía facilitada por el Ayuntamiento) entre las cotas 3,80 y 4,00 m.

La zona verde se propone en la parte de la parcela más deprimida, que se encuentra a una cota media entre 2,70 m y 3,00 m.

De los valores de cotas anteriores podemos deducir que la diferencia entre la boca del sondeo y la parte más deprimida de la parcela es aproximadamente de 1,00 m, por lo que en la zona más deprimida la profundidad del NF estará entre 0,40 y 1,60 m. Será necesario hacer una comprobación.

Hacia el sur la parcela vuelve a aumentar de cota hasta llegar a los mismos niveles de la boca de la excavación.

Una vez decidido el cambio de uso de la parcela, en enero de 2010, se amplía el estudio geotécnico para adecuarlo a las nuevas instalaciones deportivas proyectadas. La ampliación incluye:

- Un sondeo hasta una profundidad de 15 m o rechazo.
- Un ensayo DPSH hasta una profundidad de 15 m o rechazo.

Obteniéndose los siguientes resultados:

- Rellenos antrópicos y materia orgánica. Entre 0,00 y 2,40 m de profundidad.
- Arcillas con gravas y nódulos, marrón oscuro. Entre 2,40 y 7,60 m de profundidad.
- Arcillas ligeramente limosas de color marrón-anaranjado. Entre 7,60 y 15,00 m de profundidad.

El nivel freático se ha detectado a una profundidad de 2,60 m desde la boca del sondeo, estimándose una posible subida de este nivel de hasta 1,20 m, situándose así el NF a profundidades entre 1,40 y 2,60 m desde la boca del sondeo realizado.

En este caso sí que tenemos un plano de emplazamiento del sondeo, que se sitúa a cota entre 3,80 y 3,90 m, por lo que, como la profundidad del NF es la misma, no variarán las cotas con respecto a lo indicado anteriormente.

Con este estudio se concluye que la capacidad de infiltración también es baja ya que los materiales tienen una permeabilidad baja, por lo que será un condicionante para la infiltración del agua.

2.4 ANÁLISIS TOPOGRÁFICO

Realizando un análisis topográfico a partir de la nube de puntos se ha podido extraer la siguiente información:

- Se ha estudiado la factibilidad de conectar el parque inundable con las vías públicas existentes, y proporcionarle diferentes accesos. y cumplir con las restricciones actuales de accesibilidad de la normativa de la GVA.
- Se han estimado las cotas de las rasantes de los colectores para poder conectar los desagües y aliviaderos del parque a estos una vez pase la tormenta. Por lo que estimando las rasantes y teniendo las cotas del parque se determina si se necesitará una estación de bombeo o se podrá aliviar por gravedad.
- Analizar la dirección del flujo de la zona del parque y proponer un movimiento de tierras en el que se pueda almacenar el agua de lluvia.
- Con el plano del que se dispone, se ha visto que el terreno es prácticamente plano, por lo que se modificará el terreno natural para crear un gran vaso de retención de agua y permitirá disponer de una topografía variada desde el punto de vista visual y paisajístico.

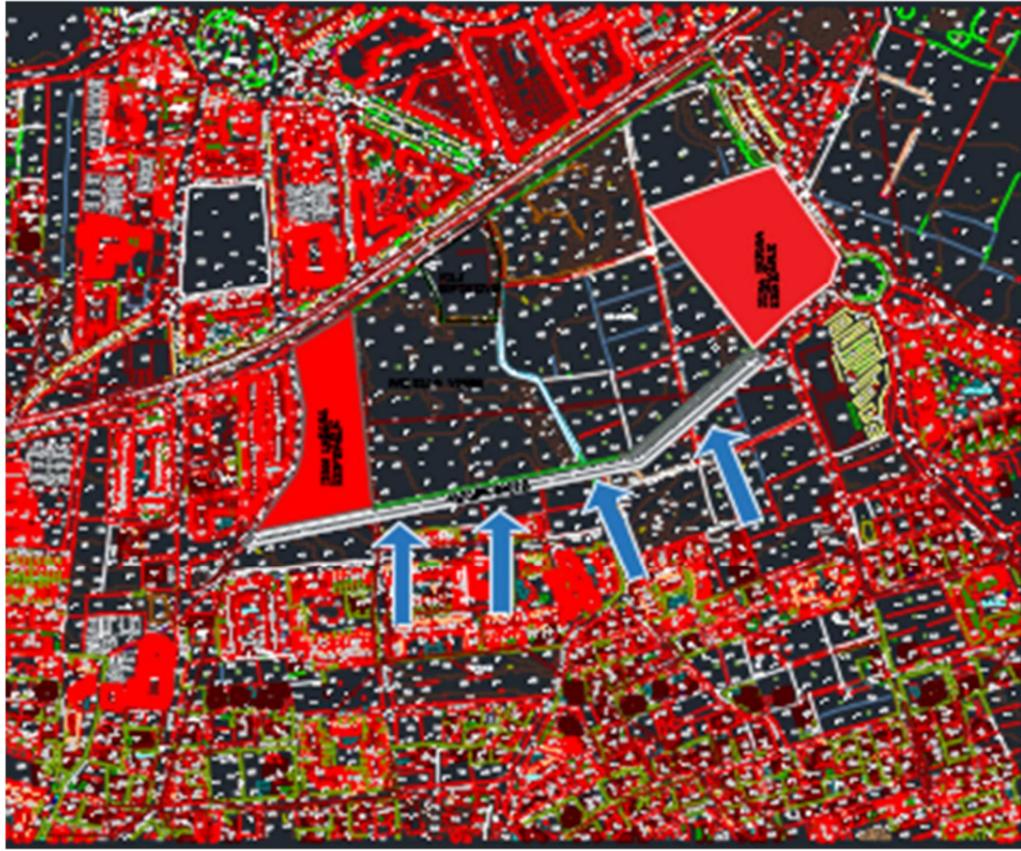


Figura 9. Plano nube de puntos (Ayto. Dénia)

2.5 RESUMEN GRÁFICO



Ilustración 1. Vista hacia el norte de la pastilla verde (Elaboración propia)



Ilustración 3. Vista desde el norte. Vallado existente (Elaboración propia)



Ilustración 2. Vista hacia noreste de la pastilla verde (Elaboración propia)



Ilustración 4. Tipo de suelo existente de la zona verde (Elaboración propia)



Ilustración 5. Vista hacia el noreste desde el camí Pou de la Montanya (Elaboración propia)



Ilustración 6. Vista desde el polideportivo (Elaboración propia)

3 ESTUDIO HIDROLÓGICO

3.1 OBJETO DEL ESTUDIO

La finalidad del presente estudio es la caracterización hidrológica de la cuenca que drena en la pastilla verde donde se pretende hacer la actuación para la prevención de inundaciones en la zona del saladar del municipio de Dénia (Figura 1). Se pretende cuantificar el caudal pico de la cuenca asociado a diversos periodos de retorno. Se tendrá en cuenta la normativa de drenaje urbano y las ordenanzas de Dénia. Este caudal nos permitirá poder dimensionar e identificar bien el problema existente para poder darle la solución óptima y dar el correcto funcionamiento de drenaje en la zona que se estudia.

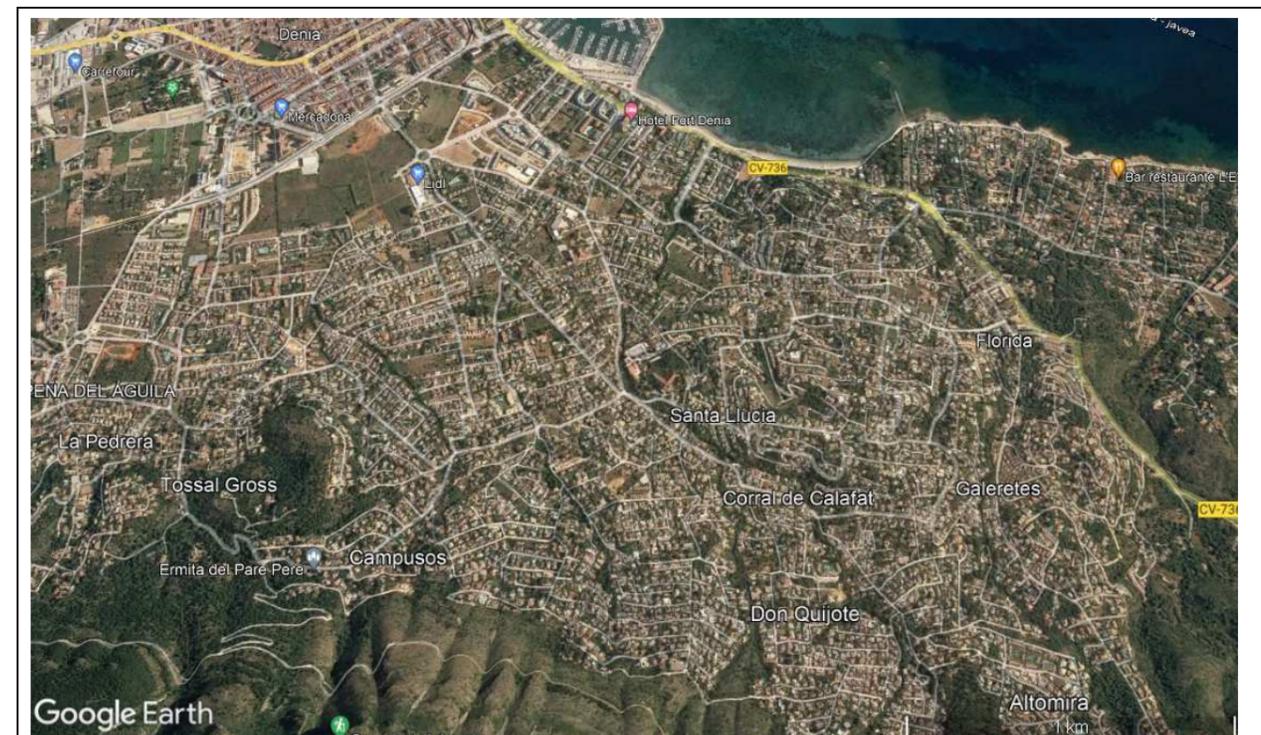


Figura 10.Ámbito de estudio

3.2 INTRODUCCIÓN

El estudio hidrológico se ha realizado mediante métodos hidrometeorológicos, que consisten en obtener los caudales de avenida para los diferentes periodos de retorno, así como sus hidrogramas correspondientes, a partir de la pluviometría, de las características geométricas de la cuenca, del tipo de utilización del suelo y de la situación geográfica. Se emplea una simulación del proceso precipitación-escorrentía.

Para empezar, se ha realizado una caracterización de la cuenca de estudio con el programa de información geográfica QGIS. Con este programa se ha conseguido delimitar la cuenca mediante los Modelos Digitales del Terreno descargados del CNIG (Centro Nacional de Información Geográfica). Para la división de la cuenca según el tipo de suelo y sus usos, se ha empleado la herramienta Terrasit del Instituto Cartográfico Valenciano y con la

Serie Temática de la antigua COPUT. Finalmente, se han investigado diversas fuentes de información relacionados con la climatología, la vegetación y la geología de la cuenca en cuestión, así como los aspectos relevantes y que se han de tener en cuenta a la hora de la modelación.

Posteriormente se procedió al estudio de las precipitaciones en la cuenca, mediante métodos estadísticos, con el objetivo de estimar el valor de la precipitación máxima diaria anual para cada período de retorno de estudio, factor importante para el cálculo de los caudales punta. Se han estudiado los datos de diferentes estaciones pluviométricas repartidas por el municipio de Dénia y haciendo uso de la herramienta ANALEST ha realizado la comparación entre las distintas funciones de distribución de máximos más comunes en el ámbito de la hidrología, procediendo finalmente a la elección de aquella mejor se adaptada a los datos empíricos de las estaciones y proporcionando los cuantiles de precipitación máxima diaria anual para la cuenca de estudio.

Por último, se procede a la modelación de la cuenca en el programa HEC-HMS desarrollado por el Army Corps of Engineers de los EE.UU, el cual es más empleado actualmente para el estudio de avenidas. Para ello, se ha realizado un modelo agregado de la cuenca que se aproxime lo más posible a la realidad, se han elaborado las tormentas de diseño a partir del método de los bloques alternos empleando los datos obtenidos anteriormente, y finalmente, mediante el método SCS se estudia la transformación lluvia-escorrentía. Con todo esto se obtiene los hidrogramas de avenida que permiten determinar los caudales punta en el tramo de estudio.

3.3 DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA

3.3.1 DELIMITACIÓN HIDRGRÁFICA DE LA CUENCA

El presente estudio hidrológico se extiende en la zona sur de Dénia (Alicante) por las urbanizaciones de la ladera norte del Montgó y en la zona de les Alqueries de Dénia. Esta cuenca no está determinada por un río en sí, sino por una red de barrancos provenientes de la parte alta del Montgó norte que van descendiendo hasta llegar a la zona baja de la ladera, evacuando en una zona urbana del municipio. El punto de desagüe de la cuenca se sitúa en la zona de sacrificio donde desemboca el cauce principal de la cuenca y en el que se desarrolla la actuación en el presente Trabajo Fin de Grado.

La delimitación de la cuenca se puede observar en el siguiente mapa:

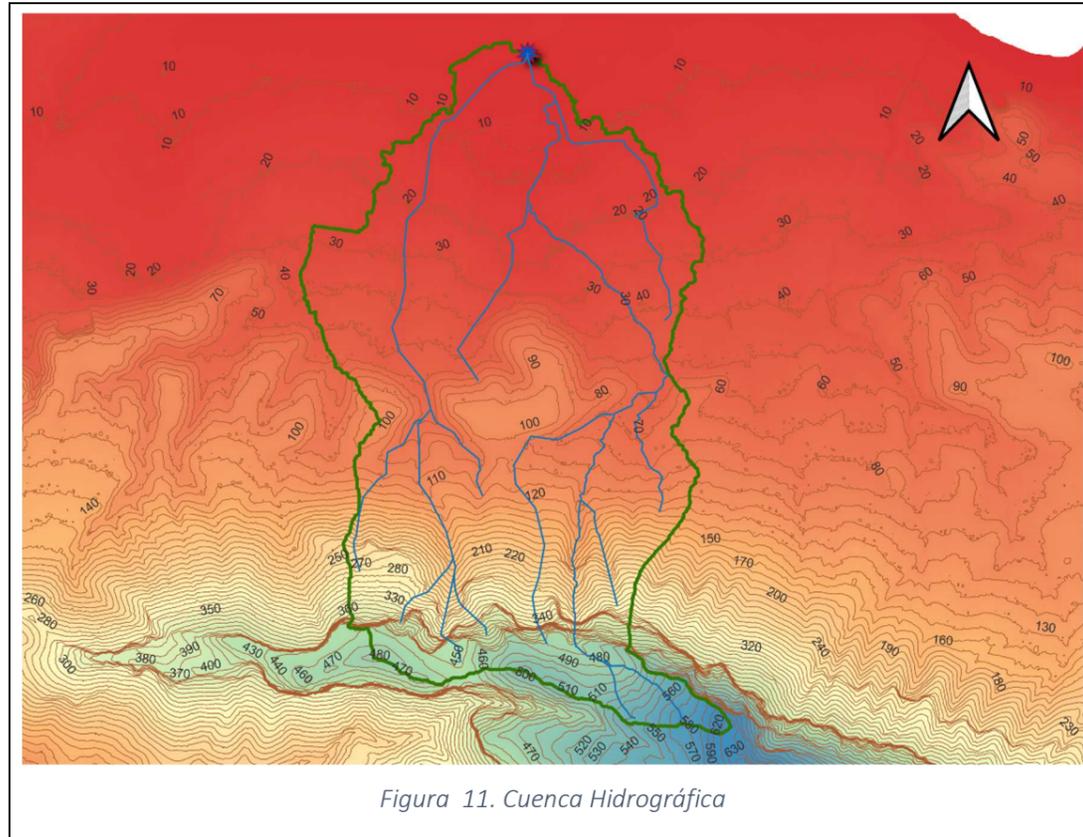


Figura 11. Cuenca Hidrográfica

La delimitación de la cuenca se ha realizado como se ha comentado anteriormente mediante un MDT de la zona, a continuación, corrigiendo el MDT de las depresiones y de las posibles alteraciones y luego determinando hacia donde vierten las aguas en cada punto alto creando una red de flujos.

3.3.2 CLIMATOLOGÍA

La zona en la que se encuadra el término municipal de Dénia, al extremo oriental de las sierras Béticas, constituye un sector de transición climática entre las variantes diferenciadas del clima mediterráneo occidental que se dan al este de la Península Ibérica, el “clima de la llanura litoral lluviosa” y el “clima del extremo meridional” (Clavero Paricio, 1977). Esta transición es debida a la disposición del relieve de la zona, más o menos perpendicular a la dirección de los vientos del noroeste, portadores de temporales más intensos y a disposición de los valles, de forma que el aire húmedo se canaliza, concentra y eleva, incrementándose la pluviometría del sector al norte.

Al mismo tiempo, las alineaciones montañosas hacen de pantalla hacia el sur, protegiendo el área de vientos procedentes del norte de África que, además, son poco frecuentes y secos.

La situación costera es también determinante del clima de la zona. Además de condicionar el recorrido marítimo de los vientos, posee un efecto termorregulador que suaviza las temperaturas, especialmente las mínimas. Por el gradiente térmico mar-tierra se generan brisas entre abril y octubre, en las que el recalentamiento del mar, al final del verano, condiciona la inestabilidad del otoño, generando episodios de intensos aguaceros y, por tanto,

problemas de inundación en el término de Dénia. Este gradiente favorece también la aparición de neblinas litorales.

3.3.3 GEOLOGÍA

En cuanto a la geología de la cuenca, la superficie está cubierta en la parte más elevada de la cuenca por calizas y margas de formaciones cretácicas superior e inferior con una permeabilidad variable entre media y baja y una vez se va desplazando a la zona más baja se encuentran formaciones cuaternarias de materiales como coluviones, depósitos de aluviones matrices arcillosas, cantos sueltos angulosos con una permeabilidad variable entre media y alta.

La zona del barranco se encuentra en la mayor parte de su recorrido en contacto con materiales limosos y arenas con cantos sueltos cuaternarios.

En la zona destacan 2 tipos de materiales en la parte más elevada que son las dolomías y las calizas. Y en la zona donde se quiere situar el parque el material principal es el coluvión (Material depositado al pie de una pendiente tras un corto recorrido y como consecuencia de la acción erosiva de las aguas de arroyada. Más adelante se explicará más detalladamente con el estudio geotécnico el tipo de material existente en la pastilla donde se va a realizar la actuación.

A continuación, se exponen el mapa geológico de la zona de estudio con la delimitación de la cuenca hidrográfica.

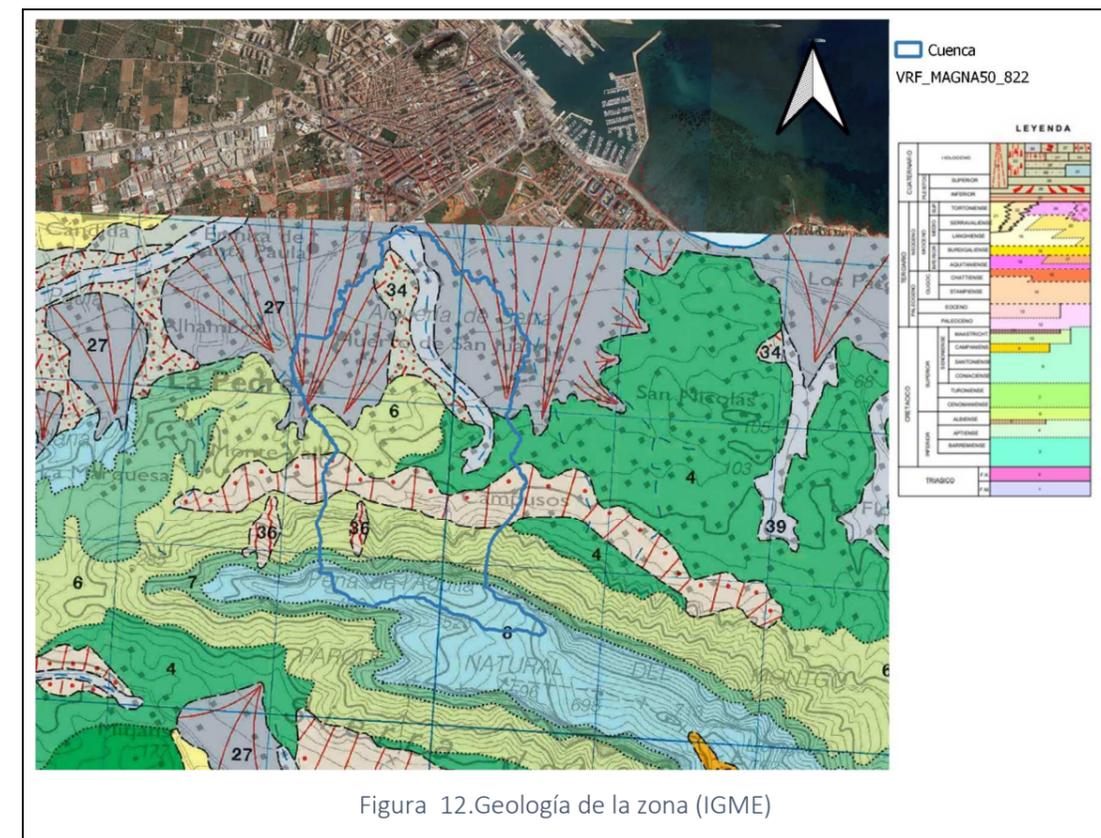


Figura 12. Geología de la zona (IGME)

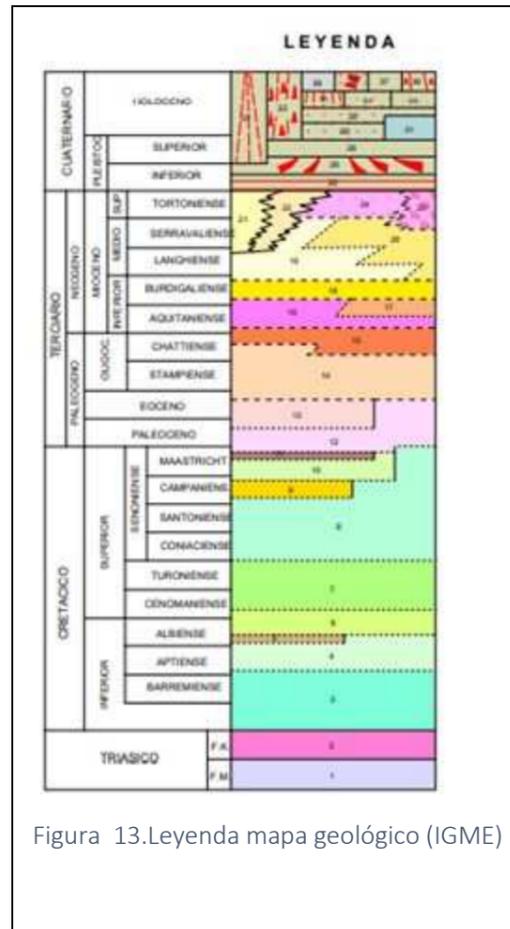


Figura 13. Leyenda mapa geológico (IGME)

3.3.4 TIPOS DE SUELO

El tipo de suelo que compone la cuenca de estudio determinará la mayor o menor permeabilidad de esta, que afectará, junto con otras propiedades, al umbral de escorrentía. Para su estudio, se ha empleado el mapa de capacidad de usos del suelo proporcionado por la serie temática de la antigua COPUT, y tratado mediante la herramienta Terrasit de la Generalitat Valenciana, el cual distingue directamente las siguientes clases de suelo:

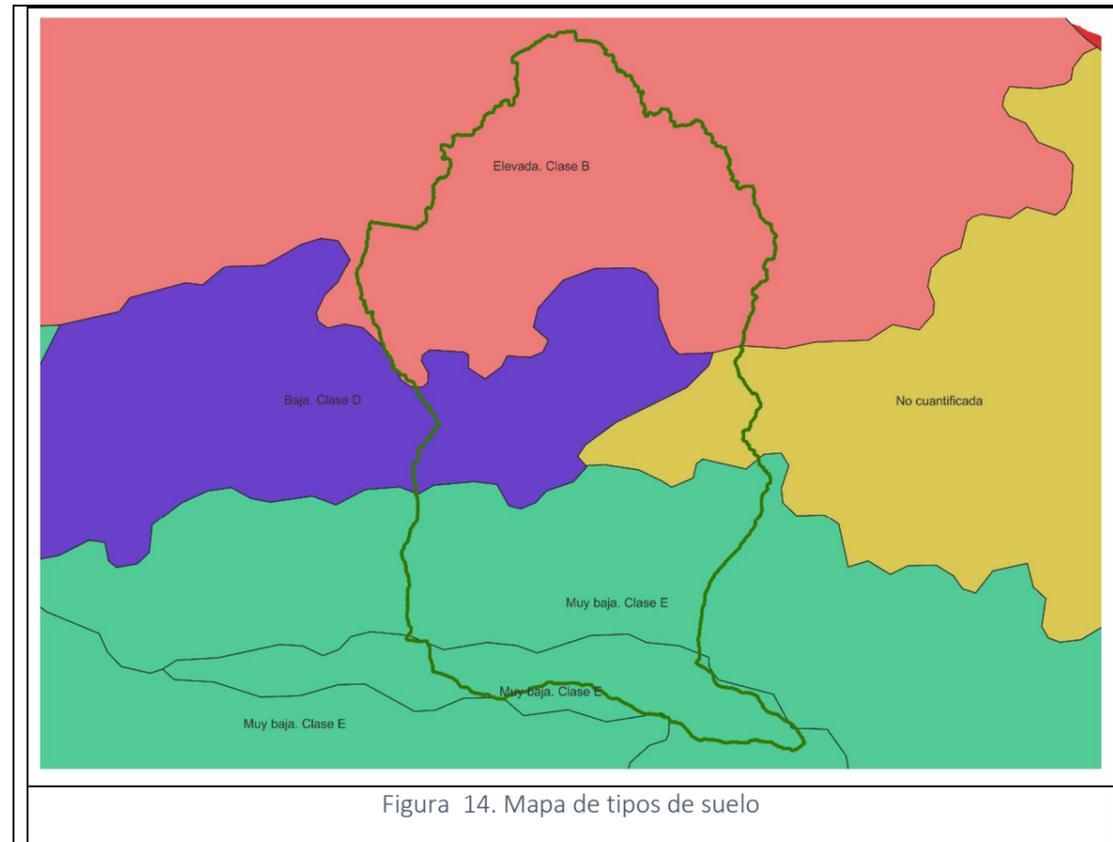
GRUPO	Infiltración (cuando están muy húmedos)	POTENCIA	TEXTURA	DRENAJE
A	Rápida	Grande	Arenosa Areno-limosa	Perfecto
B	Moderada	Media grande	Franco-arenosa Franca Franco-arcillosa-arenosa Arcillo-arenosa	Bueno a moderado
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcillosa Franco-arcillo-limosa Arcillo-arenosa	Imperfecto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

Tabla 2. Grupos de tipos de suelo (Normativa 5.2-IC)

Tipo de geología	Descripción
8: Caliza de "Graderío"	Calizas micríticas tableadas y calizas y margas con "Inoceramus". Cret. Sup. Senoniense Santoniense y coniacense.
7	Calizas dolomíticas y margas esporádicas. Cret. Sup. Turoniense Cenomaniense.
6	Cretácico inferior
34,35,36,39	Cuaternario holoceno
4	Cretácico inferior aptiense
27	Cuaternario superior + holoceno

Tabla 1. Tipo de geología

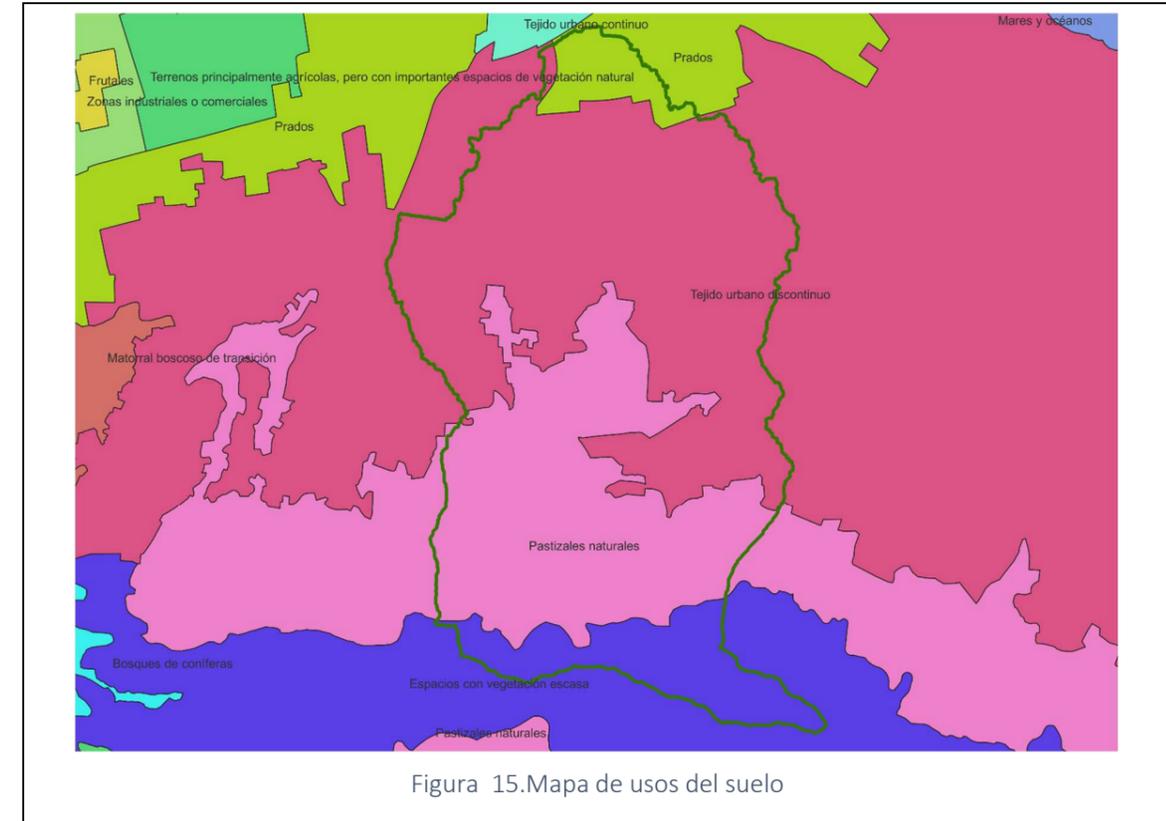
Podemos observar la distribución que sigue el suelo de la cuenca en la siguiente imagen:



Como se puede discernir de la figura anterior, en la cuenca predominan los suelos B,D,E, lo que corresponde a zonas con una infiltración entre moderada y muy lenta por lo que se obtendrán valores de escorrentía bajos. Son suelos con un porcentaje considerado de arcillas, por lo tanto, impermeables y que generarán rápidamente escorrentía superficial.

3.3.5 USOS DEL SUELO

Para el estudio geomorfológico de la cuenca, es importante tener en cuenta los usos del suelo. Para ello, se ha empleado la información proporcionada por el Sistema de Información sobre la Ocupación del suelo de España, que data del año 2011 y que pertenece al ICV. El grado de detalle de este sistema es bastante exhausto, mostrando el porcentaje de cada una de las coberturas que coexisten en un mismo punto, así como el tipo de cultivo que podemos encontrar. Por tanto, en nuestra cuenca existen 4 tipos de usos del suelo como se puede observar en la figura 15.



3.3.6 PENDIENTES

El principal objetivo es diferenciar donde la pendiente es superior o inferior al 3% en aquellas zonas que están compuestas mayoritariamente de pastizal y tejido urbano discontinuo. Tras este análisis que se lleva a cabo estudiando la cuenca a través de las curvas de nivel y el empleo del programa QGIS, se llega a la conclusión de que el valor anterior es superado en la mayoría de las zonas de análisis ya que nos encontramos en la falda del Montgo.

La pendiente máxima que se ha calculado es del 31% ya que se encuentra en la zona alta del Montgo y la es zona de vegetación escasa. Luego en las zonas de pastizales y tejidos urbanos discontinuos la pendiente es menor, pero sigue superando el 3%. Mientras que en los prados (mosaicos de cultivos) no se supera la pendiente del 3% ya que es una zona ya bastante llana.

3.3.7 ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL

El umbral de escorrentía, también conocido como abstracción inicial, es la cantidad de precipitación a partir del cual el terreno no es capaz de infiltrar más agua y éste discurre sobre la superficie en un flujo difuso. Este umbral depende de la humedad inicial del suelo, el uso del suelo, el tipo de suelo y la pendiente.

Como se acaba de explicar, la capacidad de infiltración de agua de lluvia en un suelo depende de la presencia de humedad en él, entre otras cosas. Se pueden establecer tres tipos de estado de humedad del suelo: seco, medio o húmedo. En este caso se establece que la humedad inicial es media tal y como indica la Norma 5.2- IC de drenaje superficial, en la cual nos basaremos para obtener el umbral de escorrentía.

En los apartados anteriores se han analizado los otros factores que afectan al umbral de escorrentía. Superponiendo los mapas definidos en los apartados 3.6 y 3.5, y sabiendo que la pendiente de la cuenca es mayor de 3% en determinados lugares y menor al 3%, se ha modificado la tabla procedente de la actual Norma 5.2- IC Drenaje Superficial de acuerdo con la clasificación empleada anteriormente para la cubierta del suelo, quedando para nuestro estudio de la siguiente forma:

Código	Uso del suelo	Práctica de cultivo	Pendiente	Tipo del suelo			
				A	B	C	D
11200	Tejido urbano discontinuo			24	14	8	6
24212	Mosaico de cultivos		<3%	75	34	16	14
32100	Pastizales naturales		>3%	53	23	14	9
33300	Espacios con vegetación escasa		>3%	24	14	8	6

Tabla 3. Valor inicial del umbral de escorrentía P_0' (Normativa 5.2- IC)

Tejido urbano discontinuo B =14

Mosaico de cultivos B: 34

Pastizales naturales D > 3%: 9

Espacios con vegetación escasa E: 3

P_0' medio de la cuenca (mm)
15,75

3.3.8 ASPECTOS A CONSIDERAR PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA

La zona está localizada sobre un acuífero, el 080.164 Ondara-Denia. El acuífero se recarga por la precipitación recibida desde la zona montañosa. Existe un barranco, el barranco de la Peña del Águila, que cruza de sur a norte la zona verde. El barranco esta encauzado por un colector aguas arriba y desemboca, a contrapendiente, en el colector principal de Av. Joan Fuster. De tal modo que el barranco constituye un punto bajo en la zona central de la reserva de zona verde.

3.4 PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA ANUAL

Para poder determinar los caudales máximos asociados a diferentes períodos de retorno, se requiere un análisis estadístico local mediante el uso de una función de distribución de máximos, de la serie de precipitaciones máximas diarias anuales recogidas en estaciones meteorológicas representativas para la zona de estudio.

3.4.1 ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS

Las series de precipitaciones máximas en un día se han obtenido realizando una exploración exhaustiva de datos históricos de la antigua AEMET de dos estaciones diferentes del municipio de Dénia recogiendo una gran serie de datos desde 1948 por lo que se puede tener una gran representatividad aumentando así la fiabilidad de los resultados en el análisis estadístico.

Las estaciones son las siguientes:

- Denia-Centro Ciudad.
- Denia Policía Local.

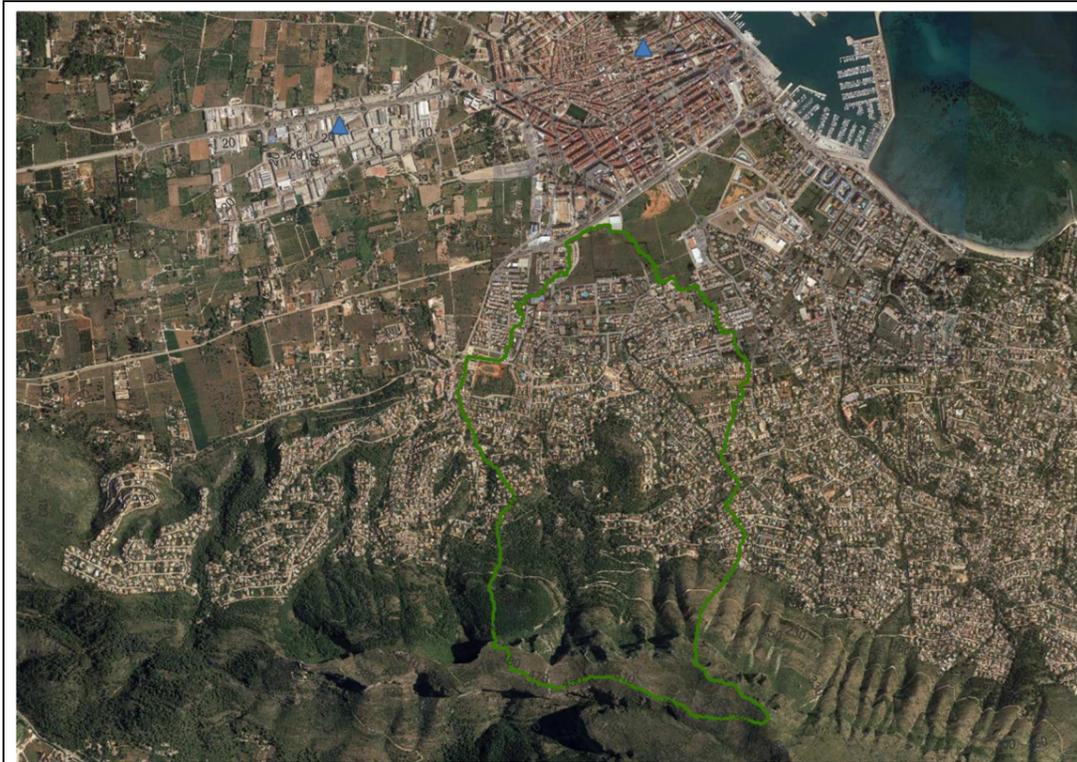


Figura 16. Localización estaciones pluviométricas (Antigua AEMET)

3.4.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Como se ha estado indicando anteriormente, el análisis estadístico se lleva a cabo mediante los datos de máximas lluvias diarias anuales de cada una de las estaciones, por lo tanto, la información que se va a emplear es la siguiente:

Denia Policía Local	
Año	P máx diaria anual (mm)
1948	18,6
1949	71,4
1950	72
1951	59,3
1952	90,1
1953	12
1954	70
1955	112,8
1956	94,6
1957	343,2
1958	23
1959	16
1960	153
1961	250
1962	191
1963	99
1964	43,5
1965	92
1966	45
1967	138,5
1968	59
1969	111
1970	48,5

La información relevante de estas estaciones queda resumida en la siguiente tabla:

Nombre	Coordenadas UTM 31	
	Coordenada X	Coordenada Y
Denia Centro Ciudad	248939	4303136
Denia 16olícía Local	247408	4302745

Tabla 4. Información estaciones pluviométricas

Denia centro ciudad	
Año	P máx diaria anual (mm)
1971	190,7
1972	100
1973	65,9
1974	78,6
1975	90,8
1976	38,6
1977	130,8
1978	58,8
1979	26,2
1980	86
1981	143
1982	56
1983	53
1984	42
1985	155,5
1986	217
1987	377
1988	200
1989	186
1990	72,5
1991	78
1992	107
1993	90
1994	79

1995	68,5
1996	420
1997	80
1998	60
1999	140
2000	220
2001	53
2002	166
2003	90
2004	115
2005	44
2006	90
2007	210
2008	90
2009	98
2010	100
2011	45
2012	60
2013	95
2014	40
2015	58
2016	52
2017	107
2018	60,2
2019	170
2020	133
2021	116
2022	92

Tabla 5. Datos estaciones pluviométricas Dénia

De cada una de las estaciones se ha seleccionado una serie de datos, de la estación Centro Ciudad se han recogido los datos encontrados que datan de 1980 y en la estación Policía Local, hemos seleccionado los datos desde donde se han encontrado que datan del año 1948 hasta 1986.

Por lo que, obtenemos una serie de un total de 74 años juntando ambas series obteniendo así una mejor fiabilidad.

Dada la proximidad de ambas estaciones pluviométricas a la zona de interés, se pueden considerar representativos los valores de máximos de las dos. Por ello, y para maximizar el tamaño de la muestra, se ha construido una sola serie de longitud = 74 años, considerando los datos de ambas estaciones. Con ello se consigue una representatividad histórica elevada, y, por lo tanto, mayor fiabilidad en la estimación final de los cuantiles para los periodos de retorno considerados.

A partir de la tabla anterior y haciendo uso de la herramienta ANALEST, que es una hoja de cálculo diseñada por el Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente de la UPV para el análisis de frecuencia de extremos, se han calculado los siguientes parámetros estadísticos de la serie de datos de precipitación.

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS		DENIA
Media	$^0\beta$	106,7
Desviación estándar		77,2
Coefficiente de asimetría		1,9
Coefficiente varianza		0,72

Tabla 6. Parámetros estadísticos (ANALEST)

Con la información previamente comentada, vamos a efectuar un análisis estadístico local mediante una función de distribución de máximos. En el ámbito hidrológico, sobre todo en el estudio de avenidas, las funciones de distribución más empleadas son las siguientes:

- GUMBEL

Esta función es de las más empleadas en el campo de la hidrología para el cálculo de crecidas, debido a la sencilla aplicación. En España ha sido tradicionalmente usada y presenta una gran estabilidad para bajos períodos de retorno.

La variable aleatoria de precipitación máxima diaria con una distribución Gumbel, tiene como función de distribución:

$$F(x) = e^{-\lambda \cdot e^{-\theta x}}$$

Donde α y θ son los parámetros a determinar, uno de forma y el otro de escala, y que son ajustados por los métodos siguientes:

- Ajuste 1: método de los momentos
- Ajuste 2: método de la máxima verosimilitud

El cuantil asociado a un determinado período de retorno se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P_d(T) = \lambda - \frac{1}{\theta} \cdot \left[\ln\left(\ln\frac{T}{T-1}\right) \right]$$

- GENERAL EXTREME VALUE

Este modelo también es una buena aproximación para el cálculo de avenidas. En este caso cuenta con tres parámetros que le proporcionan una mayor capacidad para la reproducción de episodios extraordinarios. Por tanto, se ajusta mejor que la distribución Gumbel en caso de que la muestra presente los llamados “outliers”.

Su expresión analítica es la siguiente:

$$F_X(x) = e^{-\left[1 - \beta \cdot \frac{x - X_0}{\alpha}\right]^\alpha}$$

Donde X_0 es el parámetro de localización, el cual representa los valores medios de la variable aleatoria x , y define el valor de la variable con probabilidad de no excedencia. El parámetro de escala, α , representa la dispersión de la muestra. Por último, el parámetro de forma, β , es el que define la familia de la distribución, siendo:

- Cuando $\beta = 0 \rightarrow$ distribución tipo Gumbel
- Cuando $\beta > 0 \rightarrow$ distribución tipo Fréchet, con límite inferior
- Cuando $\beta < 0 \rightarrow$ distribución tipo Weibull, con límite superior

Al igual que en el análisis Gumbel, el cuantil asociado a un período de retorno se obtiene invirtiendo la función y sustituyendo F por $1-1/T$.

- SQRT- ET-máx

En los últimos años, el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana) recomendando la utilización para el Levante Español de esta ley de distribución, al considerarse que muestra un mayor ajuste para períodos de retorno altos, y que además tiene en cuenta la coexistencia de dos clases de poblaciones de avenidas: ordinarias y extraordinarias. Las razones son las siguientes:

- Es una ley de distribución que ha sido propuesta específicamente para la modelación estadística de máximas lluvias diarias.
- Está formulada con sólo dos parámetros, lo que conlleva a una completa definición de los cuantiles en función exclusivamente del C_v , con lo que se consigue una mayor facilidad de presentación de resultados.

La expresión que define esta ley de distribución es la siguiente:

$$F(x) = e^{[-k(1+\sqrt{\alpha x}) \cdot e^{-\sqrt{\alpha x}}]}$$

Donde la K y α son los parámetros de escala y de frecuencia respectivamente y dependen de la media y la desviación típica de la serie de estudio.

El cuantil asociado a un período de retorno se estima numéricamente.

Mediante el empleo de ANALEST, es posible comparar las funciones anteriormente descritas con la función de distribución acumulada empírica, cuya expresión se indica a continuación, se determina cuál de las funciones de distribución de máximos de ajusta mejor a la empírica, siendo ésta la que se utilizará para la obtención de la precipitación máxima diaria anual para cada período de retorno dado.

$$F(x_i) = 1 - \frac{i - \alpha}{n + 1 - 2\alpha}$$

Donde n es el número de datos de la muestra, que en el caso de las estaciones es de 74, i es el orden del i-ésimo caudal de la serie ordenada de mayor a menor y el parámetro α tiene un valor recomendado de 0.44.

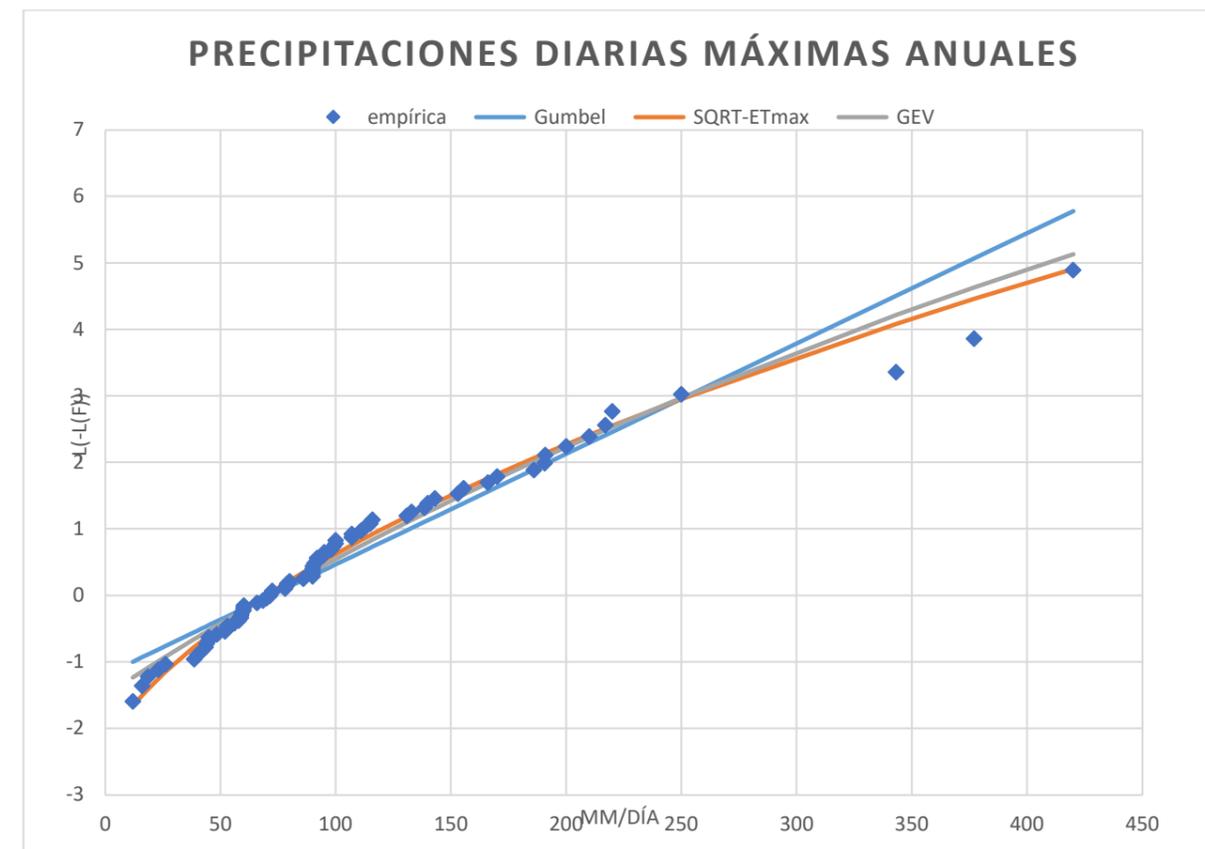
Los valores de los parámetros de las funciones de distribución de la serie de datos evaluada, obtenidos mediante el programa ANALEST, empleando el método por momentos para las funciones de GUMBEL y GEV y el método de la polinómica de Ferrer para la función SQRT-ET-máx, son los siguientes:

DENIA	
GUMBEL	
λ	3,30
θ	0,016
SQRT-max	
K	10,20
α	0,21

GEV	
Xo	71,25
α	51,28
β	-0,10

Tabla 7. Valores de las funciones de distribución (ANALEST).

A continuación, se exponen los resultados del software ANALEST recogidos en las siguientes tablas y un gráfico, de la estación pluviométrica analizada, donde se puede comparar visualmente cuál de las funciones de distribución estudiadas permiten el mejor ajuste:



Gráfica 1. Gráfica de comparación de las funciones de distribución (ANALEST)

Dentro de este análisis local, todas las funciones tienen un buen ajuste a la función empírica con valores bajos de precipitación, sin embargo, para valores altos, la función Gumbel pierde eficacia, mientras que las otras dos distribuciones se comportan de una forma similar. Contemplando la gráfica, la función Gumbel es la que peor se adapta a la distribución empírica, quedando como funciones que mejor se ajustan la SQRT-ET-máx y GEV por tanto a igual comportamiento, nos quedamos con la función de menos parámetros siguiendo el principio de parsimonia estadística.

Por tanto, se concluye que la función SQRT-ET-máx es preferible a la hora de imitar el comportamiento de las precipitaciones analizadas, por lo que será la función empleada a partir de ahora para la obtención de las precipitaciones máximas diarias anuales correspondientes a los períodos de retorno definidos.

Los valores obtenidos son los siguientes:

SQRT-max	
T (años)	Pd (mm)
100	390
50	328
25	269
15	229
10	199
5	150

Tabla 8. Cuantiles de precipitación (ANALEST)

3.5 MODELACIÓN DE LA CUENCA

Los modelos hidrometeorológicos simulan el proceso precipitación-escorrentía habitualmente mediante modelos determinísticos con distinto grado de complejidad. Considerando la variable espacial, los modelos pueden ser agregados, promediando las variables respecto al espacio de modo global y constante; distribuidos, dando valores a cada punto del espacio; o pseudodistribuidos que tienen carácter intermedio. Por lo que el modelo utilizado es el agregado como se explica a continuación.

Una de las principales limitaciones en la modelación de cuencas es el desconocimiento de las propiedades del suelo y de los procesos involucrados en los flujos sub superficial y subterráneo. Esta limitación es superada si se asume que la cuenca es homogénea, tanto en sus procesos superficiales, sub superficiales y subterráneos, afirmación que es válida para cuencas muy pequeñas. Siendo la cuenca homogénea, se puede representar como un único elemento de características constantes, dando lugar a los llamados “modelos agregados” o “agrupados”. A medida que el tamaño de la cuenca se incrementa, es más probable que los tipos de suelo y sus características varíen a lo largo y ancho de la cuenca y el uso de éste tipo de modelo va perdiendo representatividad. Es así que a mayores áreas, se puede discriminar zonas de similar comportamiento hidrológico (HRU) y analizar cada una de ellas de forma independiente para luego combinar y/o superponer sus efectos. Éstos son los llamados modelos “semi distribuidos”.

Con el objetivo de reproducir correctamente el comportamiento de la cuenca de estudio, se ha analizado la idoneidad o no de recurrir a un modelo agregado.

A continuación, se van a comentar con más detalle los aspectos a tener en cuenta para seleccionar un modelo distribuido:

- Área: la cuenca de estudio consta de 2.5 km² de superficie, lo que corresponde a las dimensiones de una cuenca de tamaño pequeña; por lo que durante un episodio de lluvia, se encuentra afectada toda la cuenca al mismo tiempo. Éste podría considerarse uno de los motivos por lo que utilizar el modelo agregado.
- Propagación: en esta cuenca no existen cauces como tal, y la longitud y dimensiones de los barrancos no son suficientes para conseguir un efecto laminador, teniendo una pendiente elevada.
- Umbral de escorrentía: éste es un factor clave para la modelación del proceso de transformación lluvia-escorrentía. Uno de los objetivos de la obtención de la cuenca de este estudio era la obtención del parámetro del umbral de escorrentía en función de la cubierta del suelo, los tipos de suelo y la pendiente del terreno. Con ello se ha obtenido un valor medio de la cuenca.

Como consecuencia de todo lo explicado, se considera adecuado el empleo de un modelo agregado para este estudio hidrológico.

3.6 SOFTWARE EMPLEADO

HEC-HMS es un programa desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de los EE.UU. para simular el proceso de Precipitación-Escorrentía. Permite la modelización tanto agregada como distribuida, así como una simulación continua de eventos.

Un proyecto de HEC-HMS está compuesto básicamente por cuatro bloques:

- **Modelo de cuenca:** La representación física de la cuenca se realiza mediante el modelo de cuenca. El modelo de cuenca se construye mediante la conexión de una serie de elementos hidrológicos, de modo que formen una red que refleje el movimiento real del agua en la cuenca. El proceso de cálculo se realiza desde los elementos situadas aguas arriba hacia aguas abajo. La mayoría de los elementos hidrológicos requieren parámetros para que el programa pueda modelar el proceso hidrológico representado por el elemento. Los tres elementos básicos son: subcuenca, tramo de tránsito y confluencia. En el elemento subcuenca hay implementados varios modelos matemáticos para describir los tres procesos físicos que se producen en él, que son: pérdidas de precipitación por infiltración, transformación del exceso de precipitación en escorrentía a través de un cauce y hasta un único punto de salida y aportes de flujo base.
- **Modelo meteorológico:** El análisis de los datos meteorológicos es realizado a través del modelo meteorológico, que incluye datos de precipitación, evapotranspiración y derretimiento nival. Con el modelo meteorológico lo que se hace es asignar el valor de precipitación que le corresponde a cada subcuenca y como se distribuye en el tiempo, descontando las pérdidas por evapotranspiración y añadiendo los posibles aportes procedentes del derretimiento nival.
- **Especificaciones de control:** Las especificaciones de control incluyen las horas de inicio y fin de la simulación, así como el intervalo temporal de cálculo.

- **Resultado de la simulación:** Para crear una simulación hay que combinar un modelo de cuenca, un modelo meteorológico y unas especificaciones de control. Los resultados de la simulación pueden verse tanto para la cuenca completa como para un elemento en particular, y en formato tabla o en formato gráfico.

3.6.1 MODELO DE PRODUCCIÓN

Los métodos para estimar la escorrentía a partir de la precipitación tratan de descontar de la lluvia caída sobre una cuenca todas aquellas pérdidas que se deben a factores tales como la infiltración, la evapotranspiración, la interceptación y el almacenamiento superficial. El procedimiento más generalizado, y que se ha empleado en este caso, es el del método del número de curva (CN) desarrollado por el Soil Conservation Service (SCS) de Estados Unidos. Este método se basa en la estimación directa de la escorrentía superficial de una lluvia aislada a partir de características del suelo, uso del mismo y de su cubierta vegetal, englobando todos estos factores en un solo parámetro, que es el umbral de escorrentía (P_0), comentado con anterioridad.

Este método está basado en la ecuación del balance hídrico ($P = P_0 + E + F$) y en tres hipótesis fundamentales:

$$\frac{F}{S} = \frac{E}{P - P_0}$$

La relación entre el volumen de escorrentía directa y la escorrentía potencial máxima, correspondiente a una superficie impermeable, es igual a la relación entre la infiltración real y la infiltración potencial máxima.

La infiltración inicial es una fracción de la retención potencial.

$$P_0 = \lambda S$$

Siendo:

P: precipitación acumulada en mm.

P_0 : umbral de escorrentía en mm.

E: escorrentía acumulada en mm.

F: infiltración acumulada desde que comienza el encharcamiento en superficie en mm.

S: máxima infiltración acumulada posible.

Después de numerosas investigaciones basadas en análisis empíricos, el SCS propone que la relación que existe entre P_0 y S es igual a 0,2.

Relacionando las ecuaciones anteriores, se obtiene:

$$E = \frac{(P - P_0)^2}{(P - P_0) + S}$$

Se asume la existencia de un umbral de escorrentía P_0 por debajo del cual las precipitaciones no producen escorrentía. Una vez se supera este umbral, empieza el fenómeno de la escorrentía superficial.

$$E = 0 \text{ si } P \leq P_0$$

$$E = \frac{(P - P_0)^2}{(P - P_0) + S} \text{ si } P > P_0$$

Sin embargo, en HEC-HMS, el dato de entrada necesario para llevar a cabo el cálculo mediante este modelo de producción es el número de curva (CN), que es un número entero adimensional que varía entre 0 (superficies sin escorrentía) y 100 (superficies impermeables). La relación existente entre P_0 y CN es biunívoca:

$$CN = \frac{5080}{P_0 + 50.8}$$

3.6.2 MODELO DE PROPAGACIÓN DE LA CUENCA

Para efectuar el proceso de transformación de lluvia neta en escorrentía superficial en las subcuencas, se ha aplicado una modelación en términos de la teoría lineal de los sistemas hidrológicos mediante hidrogramas unitarios. Éstos se encargan de reproducir la respuesta hidrológica, es decir, la escorrentía directa que produce una lluvia efectiva unitaria distribuida de forma homogénea sobre la cuenca y constante durante una unidad de tiempo.

Se considera la cuenca vertiente como un sistema lineal que transforma los inputs de lluvia neta, introducidos en forma de hietogramas, en outputs de caudales, extraídos en forma de hidrogramas. Los hidrogramas se calculan por medio de la clásica convolución matemática:

$$Q(t) = A \int_0^t i_e(t-x) \cdot \delta(t-x) dx$$

La elaboración de hidrogramas unitarios es el procedimiento más empleado para calcular los hidrogramas de avenidas, además, están recomendados para su aplicación en cuencas de tamaño medio, como la cuenca de estudio. Debido a la falta de registros de datos de caudales de la zona de estudio, se utilizan hidrogramas unitarios sintéticos, los cuales usan variables geomorfológicas de la cuenca, cuyo valor es fácilmente obtenible a partir de datos hidro morfométricos.

El hidrograma unitario que se ha elegido para la modelación es el propuesto por el Soil Conservation Service: HU adimensional del SCS. Este método fue desarrollado a partir de datos observados en pequeñas cuencas agrícolas de los Estados Unidos. En este hidrograma el caudal de descarga para un tiempo cualquiera es función del caudal pico y del tiempo al pico del hidrograma producido. Por otro lado, el caudal pico es a su vez función del tiempo al pico y del área de la cuenca.

$$Q_p = \frac{A \cdot P}{4.8t_p}$$

Dónde:

- Qp: caudal punta en m³/s.
- A: área de la cuenca en km².
- t_p: tiempo al pico en horas.
- P: precipitación en mm.

Por lo tanto, es el tiempo al pico el parámetro que define el hidrograma, y se define como la suma de la mitad de la duración de la precipitación efectiva (Δt) y un tiempo denominado tiempo lag o de retraso (t_{dp}).

$$t_p = \frac{\Delta t}{2} + t_{dp}$$

Conceptualmente, este tiempo de retraso se define como la distancia entre el centro de gravedad de la precipitación neta y el pico del hidrograma producido. Empíricamente se asume que es igual al 60% del tiempo de concentración de la cuenca, o en su caso, de las subcuencas. Para poder reproducir una respuesta más rápida de la cuenca, usualmente, se suele estimar como 0,35·t_c.

Tanto el caudal como el tiempo se representan como cociente del caudal pico y del tiempo al pico, por lo tanto, a la hora de representar el HU adimensional, se colocan en las ordenadas la relación δ_{Δt}(t)/Q_p, y en abscisas la relación t/t_p.

Para elegir la duración del intervalo de tiempo computacional se han tenido en cuenta las recomendaciones del SCS, que propone que Δt sea inferior al 29% del t_{dp} para una correcta simulación.

3.7 TORMENTA DE DISEÑO

Una tormenta de diseño es un patrón de precipitación definido para utilizarse en el diseño de un sistema hidrológico. Para la correcta determinación de los hidrogramas correspondientes a cada período de retorno estudiado, es necesario conocer la distribución temporal de la precipitación a lo largo de un episodio de tormenta. Esto se consigue mediante el método de los bloques alternos, el cual asume la intensidad media más desfavorable para cualquier intervalo de tiempo.

Para la definición de la misma, se tienen en cuenta los siguientes parámetros:

- El cuantil de precipitación a cada período de retorno (Pd).
- El coeficiente areal de Témez (Ka), que depende del área de la cuenca de estudio y tiene un valor de 0.973.
- El factor de torrencialidad (alfa), que según el mapa de isolíneas proporcionado en la Norma 5.2-IC es igual a 11.
- El tiempo de duración de la tormenta, que depende del tiempo de concentración de la cuenca. En este caso, siendo el tiempo de concentración de 63 minutos se elige un tiempo de duración mayor al t_c siendo de 90 minutos ya que este tiene que ser mayor al t_c y múltiplo de 6, para una adecuada modelación del comportamiento de la cuenca.

Finalmente, se efectúa una discretización temporal de 15 minutos, que se encuentra dentro del rango recomendado para eventos de crecidas, es decir, entre 10 y 30 minutos.

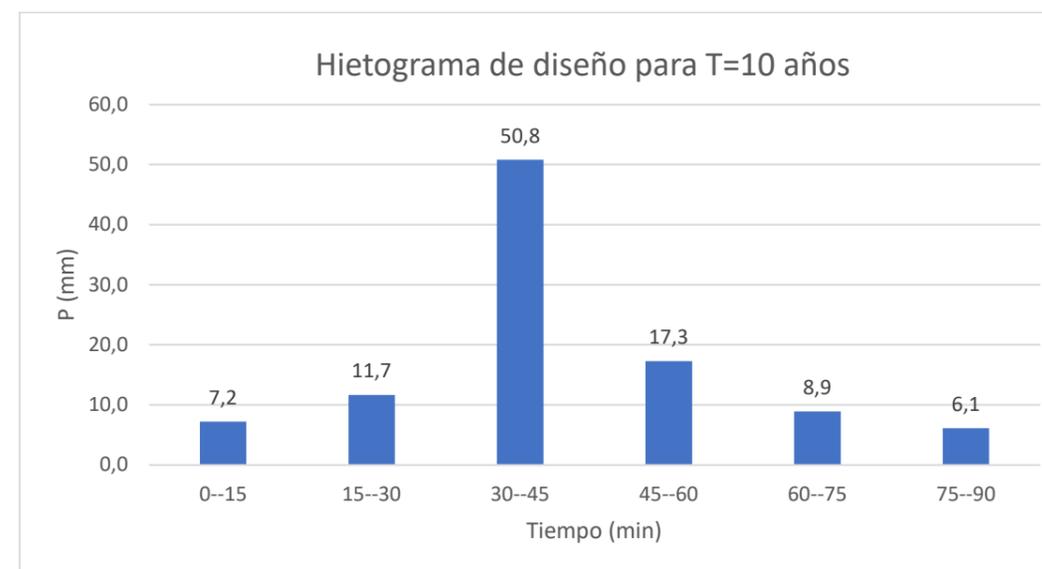
Con esto se define la intensidad media en mm/h de precipitación a emplear en la estimación mediante la siguiente fórmula:

$I_t = I_{24} \cdot \left(\frac{I_1}{I_{24}} \right)^{\frac{24^a - t^a}{24^a - 1}} \cdot h(T) \quad (2)$	<p><i>I</i>₂₄ = intensidad media diaria = P diaria /24</p> <p><i>I</i>₁ = Intensidad media en la hora más lluviosa de ese día. En la fórmula introducimos el valor de <i>I</i>₁/<i>I</i>₂₄ leído directamente del mapa nº 1</p> <p><i>t</i> = periodo de tiempo (horas) para el que se quiere evaluar la intensidad</p> <p><i>I</i>_{<i>t</i>} = Intensidad media en el periodo <i>t</i></p> <p><i>T</i> = periodo de retorno al que se refiere la intensidad diaria <i>I</i>₂₄</p> <p><i>a</i> = valor que leemos en el mapa nº 2</p> <p><i>h</i>(<i>T</i>) = función que se calcula con las fórmulas que se indican más abajo</p>
---	--

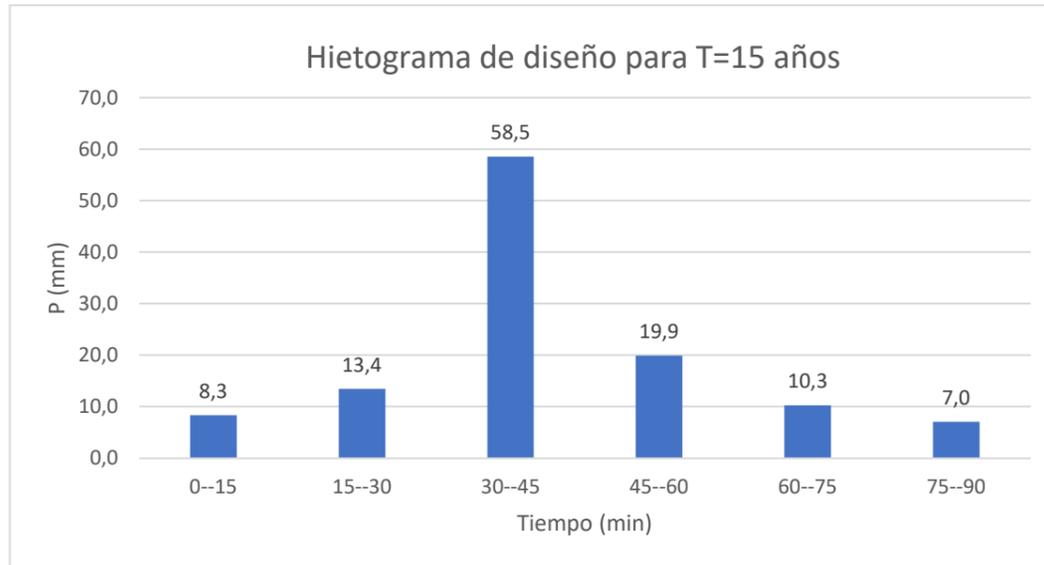
A partir de conocer la intensidad media en mm/h se calcula la precipitación acumulada para cada intervalo de tiempo y luego la incremental para poder dibujar el hietograma correspondiente a cada período.

Los bloques que conforman el hietograma de diseño se ordenan de forma que en el centro se sitúe el que registre la mayor precipitación. Posteriormente se van colocando alrededor del central, de mayor a menor precipitación registrada, alternando primero la derecha y luego la izquierda. En el caso de que el número de bloques sea par, se posicionará el bloque de mayor intensidad en la posición n/2.

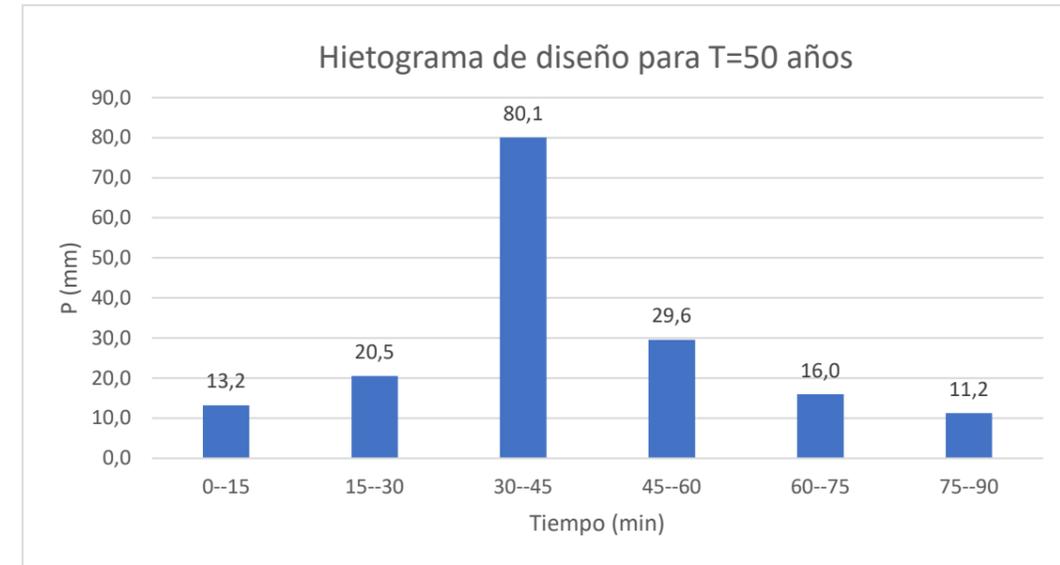
A continuación, se presentan los hietogramas y las curvas IDF correspondientes a cada uno de los períodos de retorno:



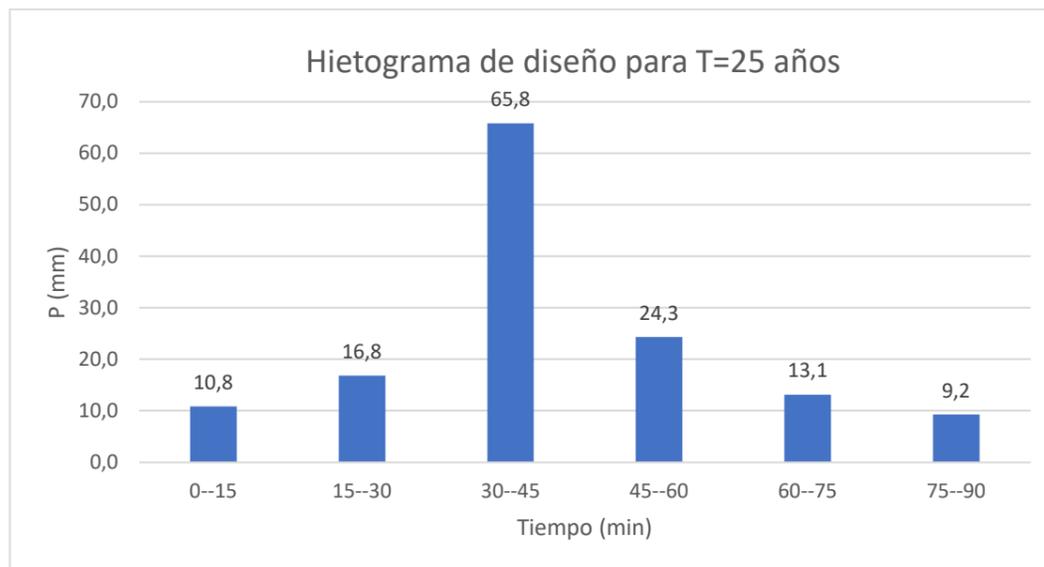
Gráfica 2. Tormenta de diseño para T=10 años.



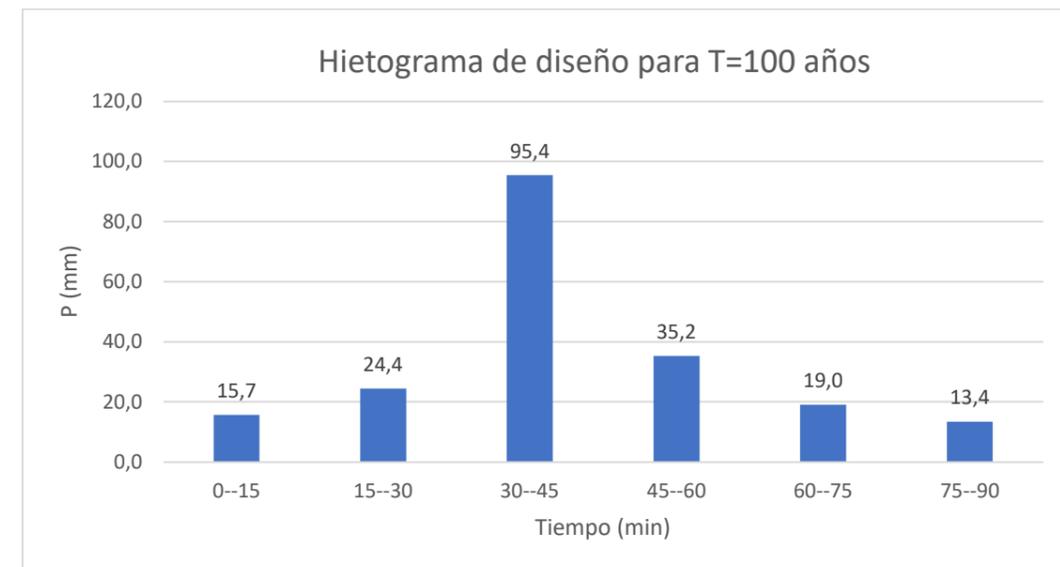
Gráfica 3. Tormenta de diseño para T=15 años



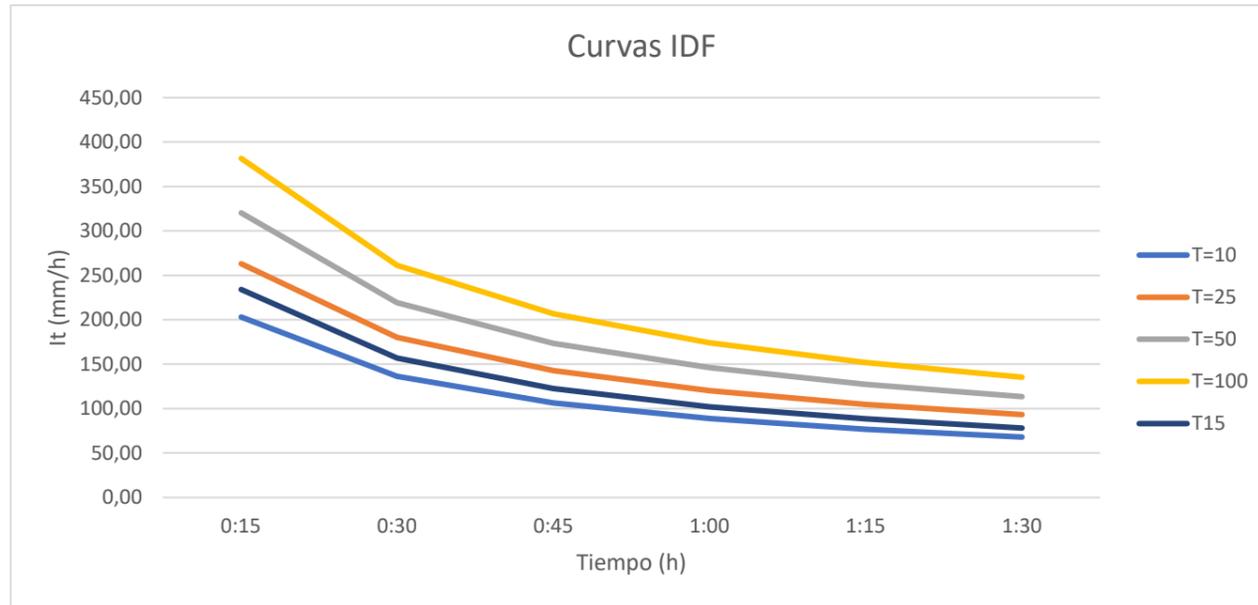
Gráfica 5. Tormenta de diseño para T= 50 años



Gráfica 4. Tormenta de diseño para T= 25 años



Gráfica 6. Tormenta de diseño para T= 100 años.



Gráfica 7. Curvas IDF

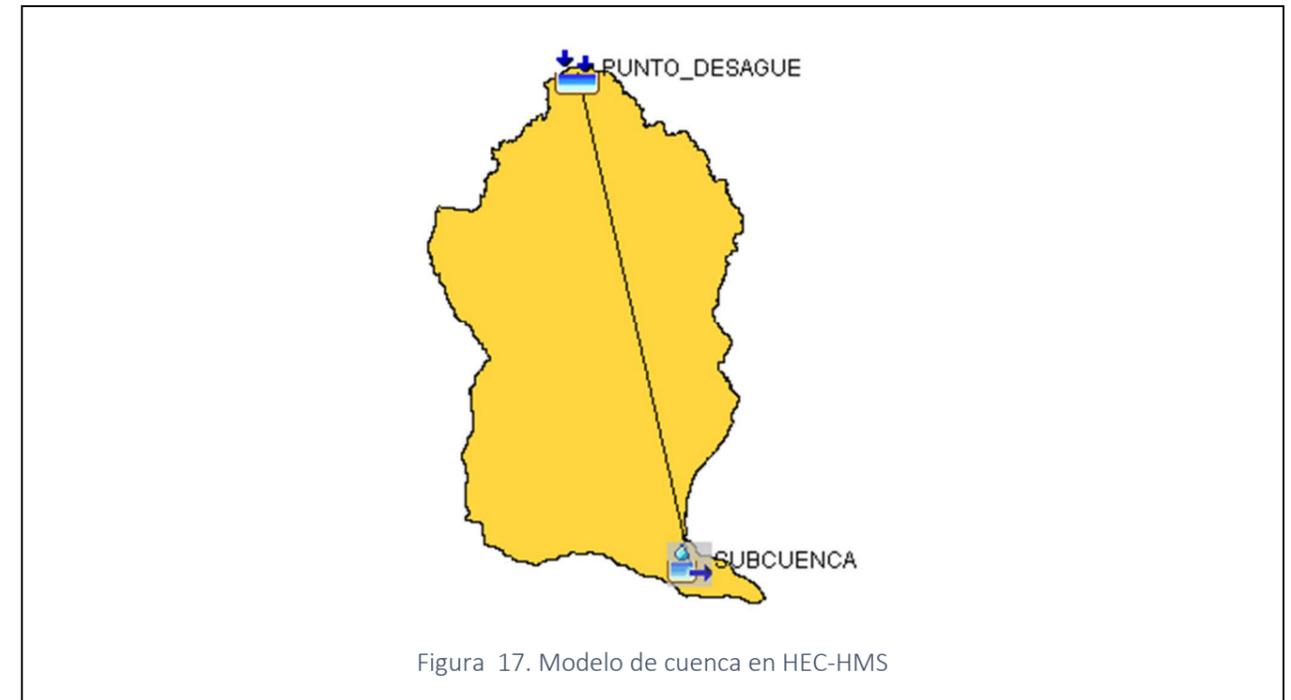


Figura 17. Modelo de cuenca en HEC-HMS

Con respecto a los elementos hidrológicos, se exponen a continuación sus características y como se han obtenido:

3.8 DATOS DE ENTRADA PARA EL HEC-HMS

A continuación, y tras comentar cada uno de los modelos que se han empleado para el análisis hidrológico con el software HEC-HMS, así como cada uno de los parámetros de los que dependen estos modelos, se procede a comentar cada uno de los datos de entrada del programa.

Para empezar, la representación física del modelo de cuenca insertado en el software en la siguiente:

Lc (km)	3,379
Pendiente (%)	17
Ac (km2)	2,5
Acotas	0,6
Tc (h)	1h03min
Po' (mm)	15,75
Po (mm)	39,8
CN	51,81
Lag time (min)	16,2
Impermeabilidad (%)	12

Tabla 9. Parámetros de entrada en el HEC-HMS

Tanto el valor del área como la longitud del cauce se han obtenido gracias a la herramienta informática QGIS. La pendiente del cauce principal se calcula con la siguiente expresión:

$$J = \frac{\Delta \text{cotas}}{L_c}$$

Para el tiempo de concentración, el cual define el intervalo de tiempo que tarda en llegar a la zona de estudio una gota de agua caída en el punto más lejano de la cuenca de estudio, se ha empleado la fórmula empírica de Témez:

$$T_c = 0,3 \left(\frac{L_c}{J_{0,25}} \right)^{0,76}$$

El umbral de escorrentía corregido es función del umbral de escorrentía hallado en el apartado 3.7. de este estudio, multiplicando por un coeficiente corrector proporcionado por la norma 5.2. I-C Drenaje superficial, cuyo valor es $\beta=3$ según el siguiente mapa:

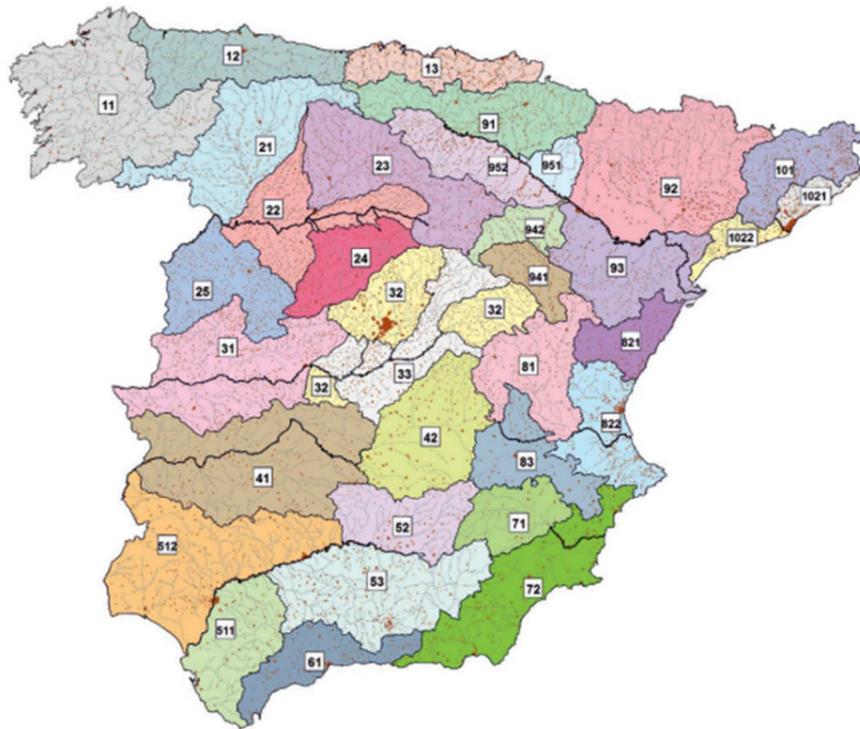


Figura 18. Mapa de coeficiente corrector de escorrentía Normativa 5.2-IC

Región	Valor medio, β_m	Desviación respecto al valor medio para el intervalo de confianza del			Período de retorno T (años), F_T				
		50% Δ_{50}	67% Δ_{67}	90% Δ_{90}	2	5	25	100	500
822	2,40	0,25	0,35	0,60	0,70	0,86	1,16	-	-

Tabla 10. Coeficiente corrector del umbral de escorrentía.

El concepto de lag time ya se ha comentado anteriormente en el apartado dedicado al modelo de propagación, en el que se especifica que esto es un tiempo de retraso y que se estima como un 35% del tiempo de concentración.

Por último, en la cuenca se considera que el área impermeable es del 12%, es decir, que en el 88% la cuenca se produce una absorción inicial que corresponde al valor del umbral de escorrentía. El valor del 12% ha sido interpretado realizando una exploración de la zona y observando por un valor aproximado la cantidad de calles que existen sin contemplar los chalets ya que son todos con jardín.

Los datos meteorológicos que se implementan en el programa forman parte del modelo meteorológico. En este caso se generan 6 modelos, uno para cada uno de los períodos de retorno de estudio. Para ello se introducen las tormentas de diseño definidas en el apartado 7 correspondientes a los periodos de retorno de 10,25,50,100,200,500 años, siendo un total de 6 hietogramas. Por esto, es estos modelos se emplea la misma duración de la tormenta y la misma discretización temporal que en la obtención de las tormentas de diseño.

Por último, los parámetros de control que requiere el programa para realizar las simulaciones son:

- Fecha y hora del inicio de la simulación.
- Fecha y hora del final de la simulación
- Lapso de tiempo computacional.

Se ha decidido simular una duración de 2 horas, es decir de media hora más que las tormentas de diseño creadas ya que siempre una vez termina la tormenta la última gota llega tiene que llegar hasta el punto de desagüe. El lapso de tiempo computacional es de 15 minutos.

3.9 DATOS DE SALIDA DEL HEC-HMS

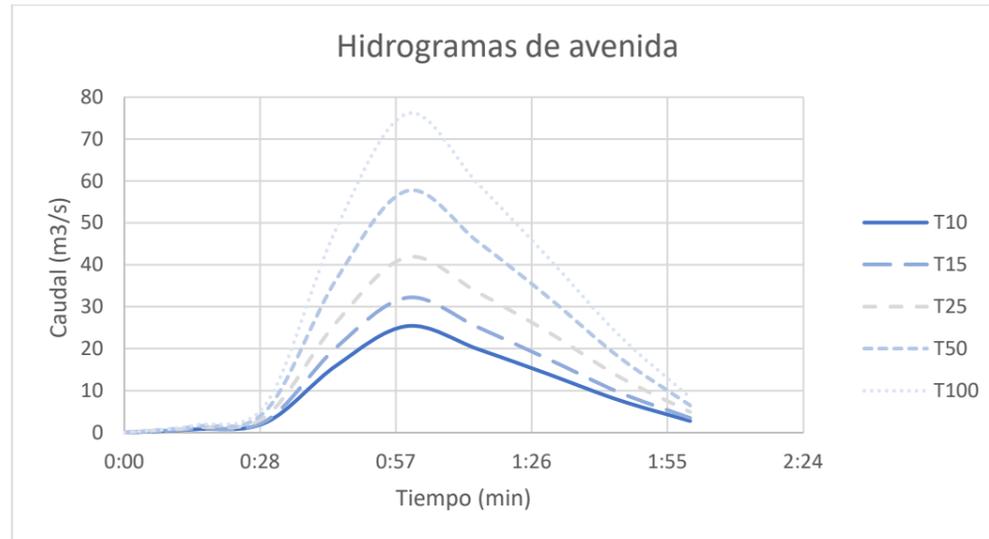
Tras la simulación realizada con los datos de entrada que se han comentado en el apartado anterior, el programa HEC-HMS ha obtenido los siguientes resultados importantes a comentar a continuación:

- **Hidrograma de salida para cada período de retorno:**

El objetivo final del Estudio Hidrológico es la estimación de los caudales punta correspondientes a unos determinados períodos de retorno que afectan a la zona verde donde se quiere hacer el análisis de soluciones que se está desarrollando en este Trabajo Final de Grado. En la tabla siguiente se recogen los valores de los caudales pico estimados y el gráfico con los hidrogramas de avenida que proporciona el HEC-HMS.

Período de retorno (años)	10	15	25	50	100
Caudal (m ³ /s)	25,4	32,2	41,8	57,7	76,1

Tabla 11. Caudales pico para cada período de retorno



Gráfica 8. Hidrograma de avenida.

Calculando los parámetros que la conforman, obtenemos el caudal pico para el período de retorno de 15 años.

3.10.1 INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN

La intensidad de precipitación correspondiente a un período de retorno de 15 años en este caso es de 229 mm y a una duración del tiempo de concentración de 63 minutos, como se ha calculado anteriormente obtenemos una intensidad $I(T, t_c)$ de 102,12 mm/h.

3.10.2 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

El coeficiente medio de escorrentía C , lo calculamos mediante la fórmula siguiente ya que:

$$\begin{aligned} \text{Si } P_d \cdot K_A > P_0 & C = \frac{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} - 1\right) \left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 23\right)}{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 11\right)^2} \\ \text{Si } P_d \cdot K_A \leq P_0 & C = 0 \end{aligned}$$

Como se ha calculado anteriormente el P_0 es igual a 39,8

Por lo tanto, el coeficiente de escorrentía da un valor de 0,41.

Finalmente calculamos el coeficiente de uniformidad que depende del tiempo de concentración como se observa en la siguiente fórmula:

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

Dando un valor de 1,071.

Aplicando la fórmula del caudal punta correspondiente al período de retorno de 15 años, obtenemos un caudal punta de 31,5 m³/s.

3.10 CÁLCULO DEL CAUDAL PICO MEDIANTE EL MÉTODO RACIONAL

Tras el estudio realizado con el HEC-HMS, se va proceder a calcular el caudal pico mediante el método racional de la normativa 5.2 IC Drenaje superficial para comprobar y corroborar los resultados del método HEC-HMS.

Aplicando la fórmula siguiente:

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

Dónde:

- Q_T (m³/s) es el caudal máximo anual correspondiente al período de retorno T en el punto de desagüe de la cuenca.
- $I(T, t_c)$ (mm/h) es la intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno considerado para una duración del agua cero igual al tiempo de concentración.
- C (adimensional) coeficiente medio de escorrentía
- A (km²) Área de la cuenca = 2,5 Km²
- K_T (adimensional) coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de precipitación.

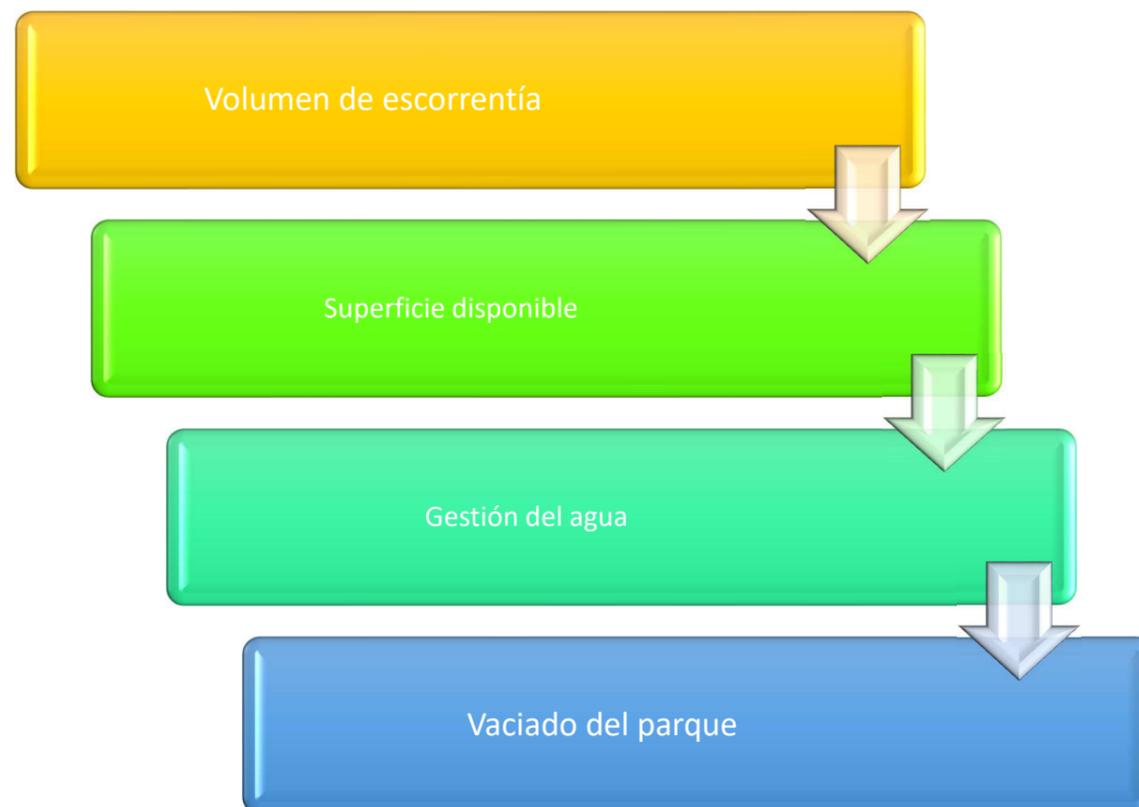
3.11 CONCLUSIÓN

Como se puede observar en ambos métodos utilizados, obtenemos un caudal pico muy similar, por lo que nos quedaríamos con el método de HEC-HMS ya que tiene un manejo mayor de datos y los datos de salida son más realistas con un hidrograma, pudiendo observar en cada minuto de la tormenta de diseño que caudal tendríamos.

4 PLANTEAMIENTO DE LAS SOLUCIONES

El objetivo de este apartado es hacer posible el dimensionamiento de la actuación que se va realizar para la gestión sostenible de las aguas pluviales del entorno les Alqueríes.

El proceso de dimensionamiento propuesto será el siguiente:



Esquema 1. Procedimiento de dimensionamiento

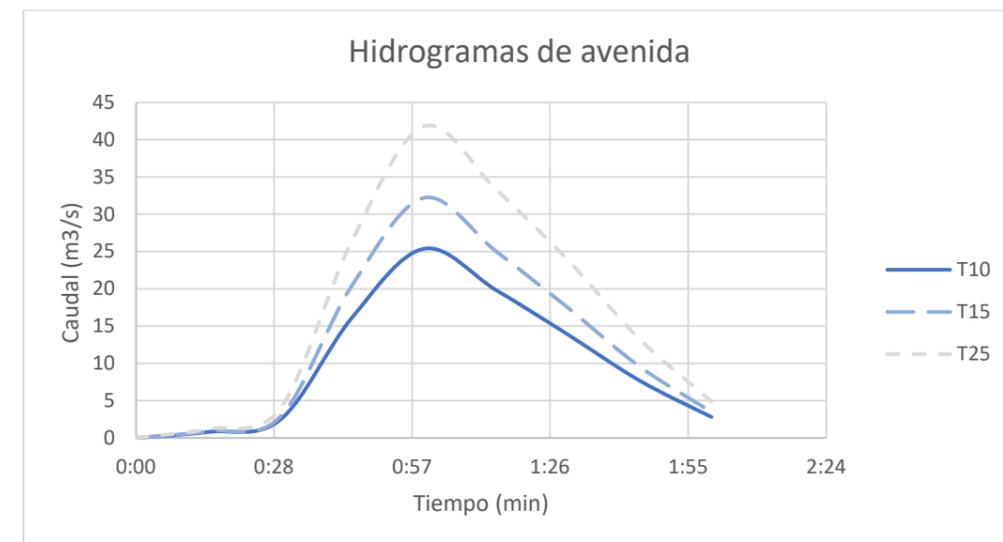
4.1 ESTUDIO DEL VOLUMEN DE ESCORRENTÍA

Con los resultados obtenidos a raíz del estudio hidrológico de la zona se procede a calcular el volumen de escorrentía que generaría el caudal correspondiente a una tormenta de diseño de periodo de retorno de 15 años.

Período de retorno (años)	10	15	25	50	100
Caudal (m ³ /s)	25,4	32,2	41,8	57,7	76,1

Tabla 12. Caudales pico de diseño para cada período de retorno

Para estimar el volumen, se ha calculado el área que queda por debajo de la curva del hidrograma de avenida correspondiente al periodo de retorno de 15 años, dando un resultado de 99225 m³. Este cálculo se ha hecho mediante el método de integración numérica realizado con una hoja de cálculo.



Gráfica 9. Hidrogramas de avenidas para el cálculo de los volúmenes.

4.2 SUPERFICIE DISPONIBLE

Con el análisis topográfico se ha podido estudiar con detalle la superficie y la posible modificación del terreno para albergar la mayor capacidad de volumen para el volumen calculado.

Como se observa en la figura 6 se dispone de una gran superficie con 14.36 ha. Con esta superficie lo que se pretende es darle diferentes usos como indica el PGOU, por lo que finalmente la superficie eficaz de sacrificio es de 11 ha.

En este caso se modificará el terreno perfilando los taludes de manera que queden diferentes montículos con pendientes razonables y con un vaso de retención de gran envergadura. Haciendo accesos en diferentes puntos para la entrada de las personas.

4.3 VACIADO DEL PARQUE

El vaciado del vaso de retención es un elemento considerable para el dimensionamiento, sobre todo el tiempo, para que el vaso pueda seguir reteniendo las lluvias. El vaciado será mediante unas válvulas de alto rendimiento

en el que una vez este a su máxima capacidad hidráulica irá vaciando hacia los colectores existentes colindantes, en concreto al ejecutado en la fase 2, una vez pase la tormenta, mediante unas válvulas y con telemando se irá descargando el vaso al colector principal de la vía del tren, con una gran capacidad de caudal.

- Se ha atendido al Plan General de Ordenación Urbana para identificar la tipología urbana de la que se dispone donde se va a efectuar la actuación.
- Se estudiado la zona en el ámbito hidrológico para proponer y adaptar la mejor solución a la zona.
- Se ha obtenido un estudio geológico de un proyecto de la zona para conocer la cota del nivel freático y la permeabilidad del suelo.

Por lo que, finalmente, con los condicionantes estudiados se proponen las siguientes soluciones que puedan dar solución a la problemática del entorno de les Alqueríes.

4.4.1 ALTERNATIVA Nº1 PARQUE DE INUNDACIÓN. Balsa de INFILTRACIÓN

Esta propuesta de solución se trata de una balsa de infiltración, que permita el almacenamiento temporal de agua de lluvia, permitiendo laminar la escorrentía y, en su caso, infiltrarla. Esta balsa se mantiene seca durante gran parte del año, ya que no tiene agua permanente. Lo que también posibilita que pueda albergar usos alternativos y poseer de una mayor área para estos usos durante los periodos secos.

La recogida de agua de lluvia se realizará en la zona verde mediante sistemas de drenaje sostenible y un gran vaso de retención, con el fin de reducir el volumen de aportación al punto bajo, donde tantos problemas de afección a viviendas y locales genera.

La solución consiste en una actuación sobre el perfil del terreno, modificando las pendientes y haciendo una red de zanjas drenantes, llevando el agua hasta la zona más depresiva para el almacenamiento y el bombeo finalmente. La solución que se adopte para la evacuación de agua dependerá del nivel freático que se obtenga con el estudio piezométrico que se realice en la fase de proyecto.

1r Supuesto

Con el N.F. esperado, la evacuación será mediante bombeo, la zona más depresiva estará conectada a tuberías donde se bombeará el agua al tramo del colector existente de la fase 2 que se encuentra entre los caminos C/ dels Lladres y C/ San Joan y al de las vías del tren, esta conexión será mediante gravedad y no hará falta el uso del bombeo. Mientras que, en las laderas del parque, como están a una cota más alta, se colocarán pozos de infiltración y cajones de tipo EcoBlock en las zonas que superen el metro de distancia con el nivel máximo del N.F creando pequeños depósitos conectados con pozos filtrantes hasta llegar al nivel freático, ya que el tipo de suelo es impermeable ayudando a la evacuación del agua y al mismo tiempo poder recargar el acuífero existente.

La parte norte del parque destinada a área recreativa, estará elevada con relleno de tierras para la contención de agua del vaso de retención, y en la que se construirá una arqueta interconexión con los diferentes colectores existentes de la zona para el desagüe, a la que estará conectada con vía telemando para la gestión de las válvulas.

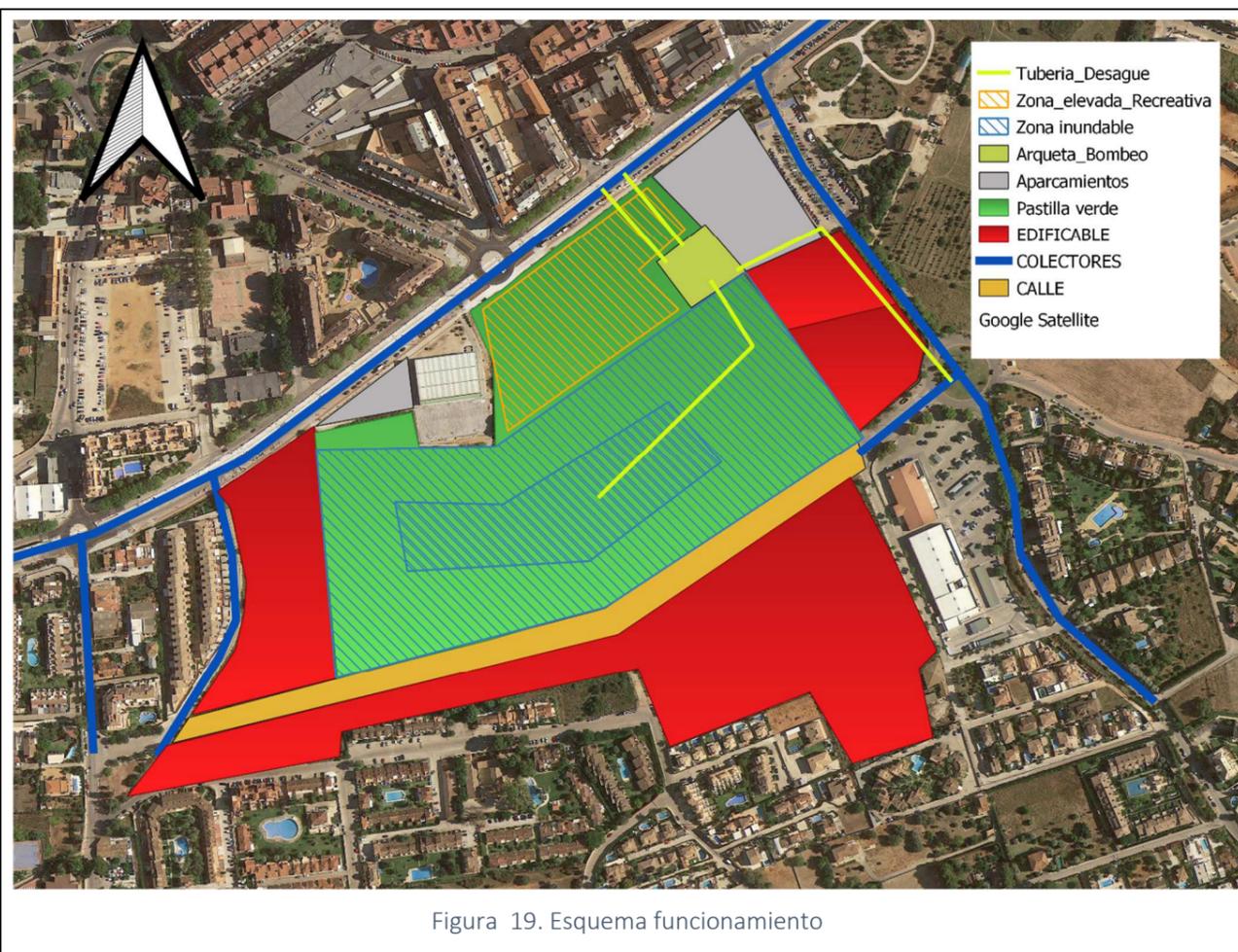
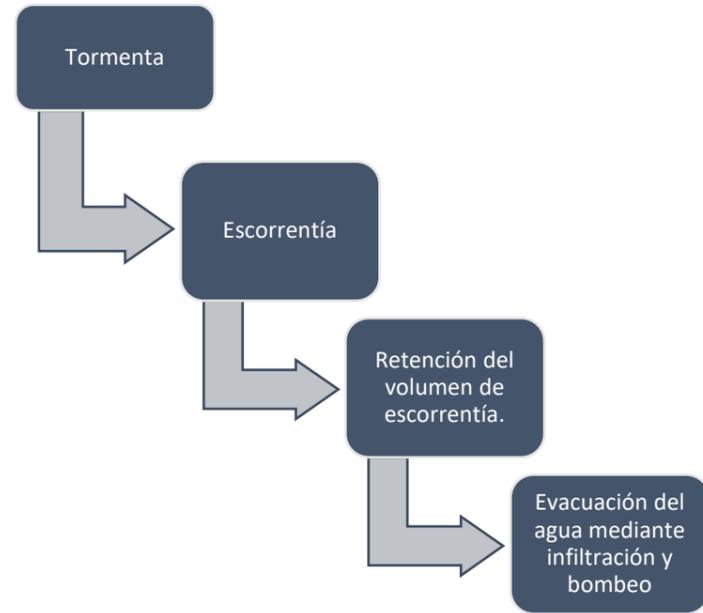


Figura 19. Esquema funcionamiento

4.4 DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

Para diseñar, modelizar y determinar las diferentes propuestas de soluciones se han seguido los siguientes pasos:

- Se ha realizado un análisis topográfico de la zona para identificar y modificar en el terreno los puntos bajos. Para ello, se ha dispuesto de una nube de puntos y del modelo digital del terreno.
- Se ha analizado la tipología de suelo, así como la geotecnia para evaluar la capacidad de infiltración del terreno.
- Se han identificado los puntos de conexión a la red de colectores existentes.



Esquema 2. Funcionamiento Solución 1

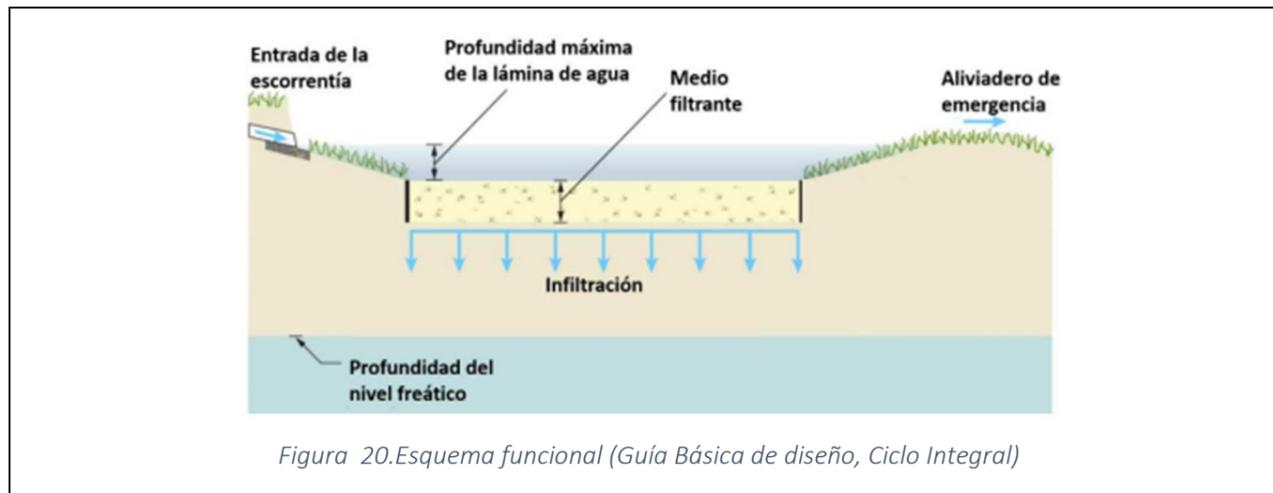


Figura 20. Esquema funcional (Guía Básica de diseño, Ciclo Integral)

8 7 6 5 4 3 2 1

F
E
D
C
B
A



F
E
D
C
B
A

8 7 6 5 4 3 2 1

<p>ESCUELA</p> 	<p>AUTORES DEL PROYECTO:</p> <p>GABRIEL LULI CATALA</p> 	<p>Diseño: Gabriel Luli Catala</p> <p>Proyecto: Sanitico</p>	<p>11-00-2502</p> <p>11-00-2502</p> <p>11-00-2502</p>	<p>ANÁLISIS DE SOLUCIONES PARA EL DRENAJE DEL ENTORNO URBANO DEL PARQUE DE LES ALQUERÍAS EN DENIA (ALICANTE)</p> <p>SOLUCIÓN PARQUE 1</p>	<p>Plano N.º AS-001</p> <p>ESCALA: Trazado original: A1</p>
--	---	--	---	---	---

4.4.2 ALTERNATIVA Nº2 PARQUE DE INUNDACIÓN. ESTANQUE DE AGUA DE LÁMINA PERMANENTE

Esta segunda propuesta se trata de un estanque artificial con lámina de agua permanente, abastecido por agua reciclada, manteniendo la lámina de agua permanente, que, a través de fitorremediación mediante plantas hidrófilas, permiten la mejora de la calidad de las aguas. La lámina de agua irá variando al recibir aportaciones de zonas impermeables en eventos de lluvia, por tanto, servirá como medida que permite la gestión de volúmenes importantes de escorrentía.

La entrada del agua se realizará de la misma manera que en el caso de la balsa de infiltración, pero manteniendo siempre una lámina permanente de agua en el fondo de la vaguada.

Mientras que la salida del agua se realizará de forma controlada mediante conductos de pequeño diámetro, y/o mediante bombeo. Se dispondrán también de elementos de drenaje auxiliares en las vaguadas y en las laderas para poder infiltrar el agua y ayudar a la evacuación del agua.

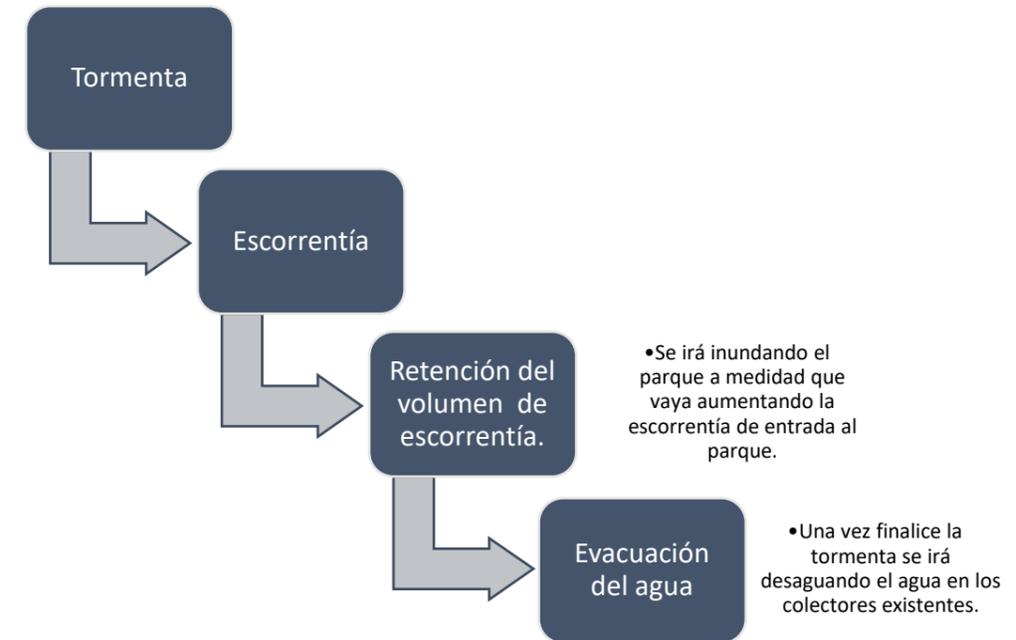
En cuanto el diseño del estanque tendrá que disponer de una profundidad mínima de 1 m para evitar el estancamiento, así mismo se deberá de establecer un sistema de recirculación del agua, suponiendo esto un gasto mayor. También se podrán crear varios estanques a distinta cota conectándose mediante una cascada, por lo que requerirá de un sistema de bombeo.

El mantenimiento de una lámina continua de agua precisa de un bombeo constante que recircule el agua para evitar la eutrofización.

En este caso, la lámina de agua del margen izquierdo del barranco estará a una cota de 1.2m, teniendo una profundidad de 1.2 metros, mientras que la del margen derecho tendrá una cota de 1,8 metros, con una profundidad de 1.8 m teniendo una diferencia de cota para circular el agua más fácilmente.

Con este dimensionamiento, obtenemos con el área estudiada, una capacidad de almacenamiento de hasta 115000 m3 de agua, por lo que se sobredimensiona para el periodo de retorno correspondiente a los 15 años.

Se tenderán taludes con una pendiente máxima del 3% de manera que sea accesible la zona inundable, y que no quede una excavación excesiva.



Esquema 3. Funcionamiento Solución 2

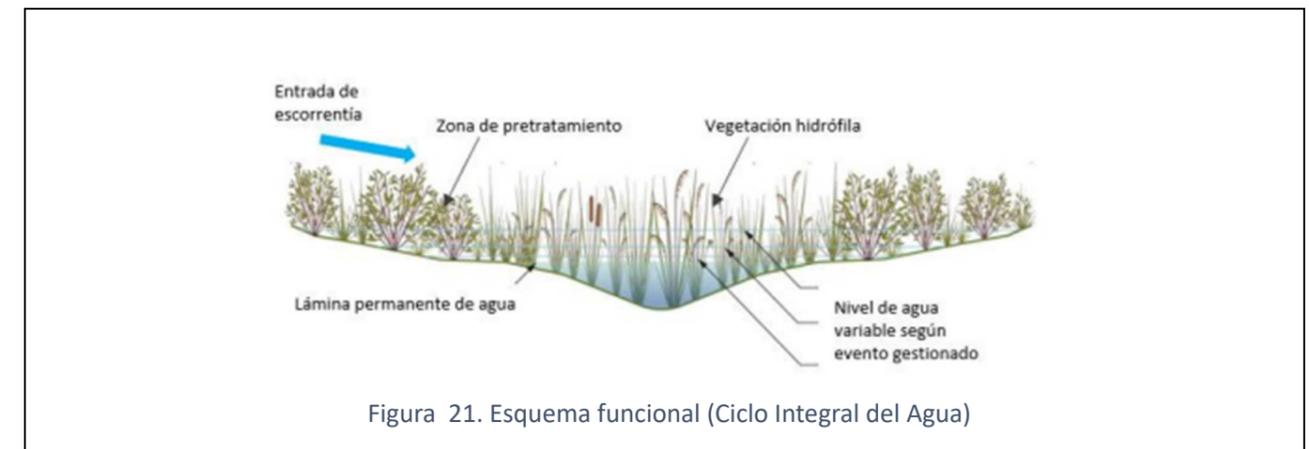
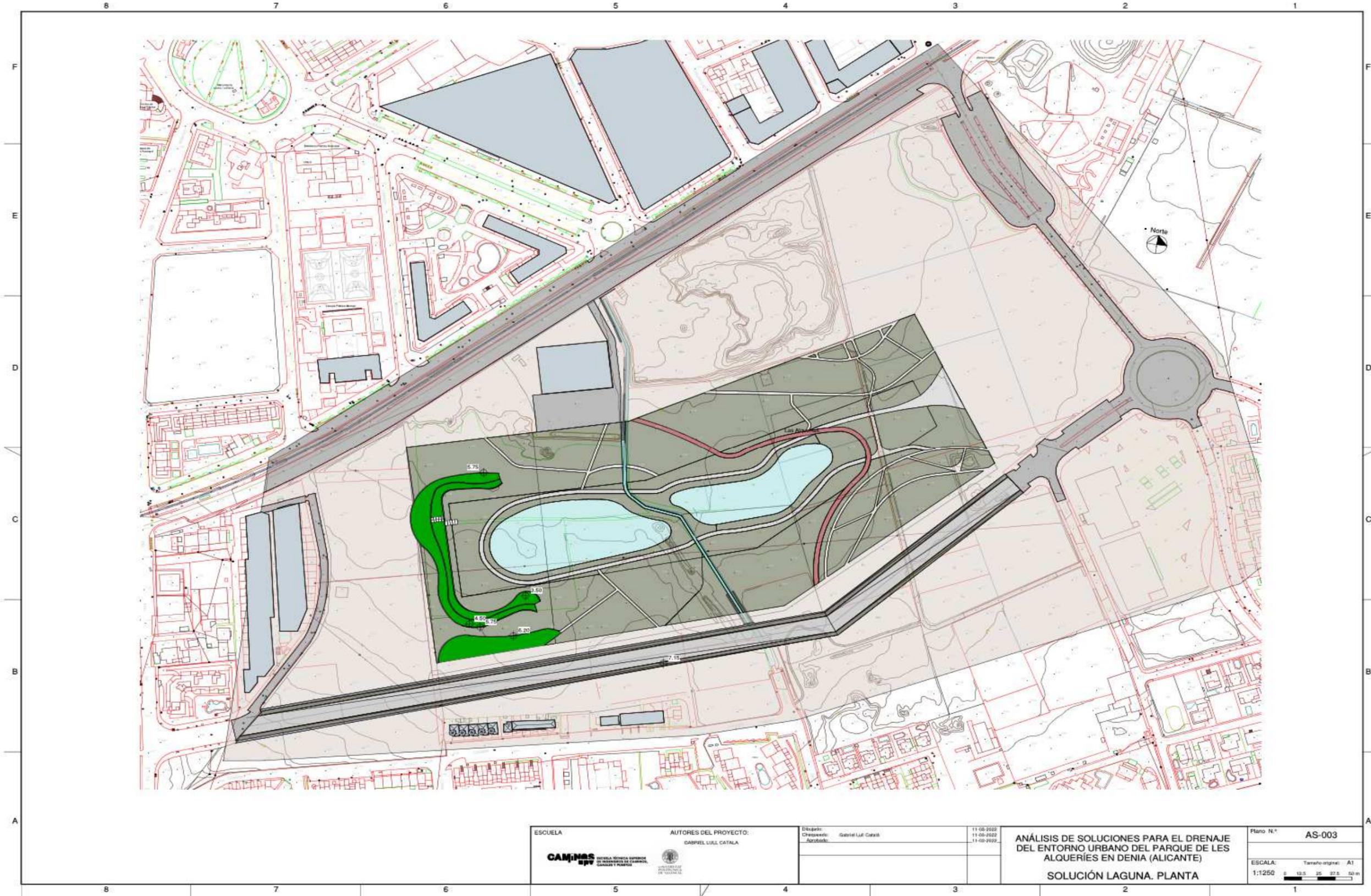


Figura 21. Esquema funcional (Ciclo Integral del Agua)



<p>ESCUOLA</p> <p>CAMINOS upv ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS</p>	<p>AUTORES DEL PROYECTO:</p> <p>DARREL LÓPEZ CATALÀ</p>	<p>Diseño: Gabriel Lujó Català</p> <p>Chapado: 11-08-2022</p> <p>Aprobado: 11-08-2022</p>	<p>ANÁLISIS DE SOLUCIONES PARA EL DRENAJE DEL ENTORNO URBANO DEL PARQUE DE LES ALQUERÍES EN DENIA (ALICANTE)</p> <p>SOLUCIÓN LAGUNA. PLANTA</p>	<p>Plano N.º AS-003</p> <p>ESCALA: 1:1250</p> <p>Tamaño original: A1</p> <p>0 12.5 25 37.5 50 m</p>
---	---	---	---	---

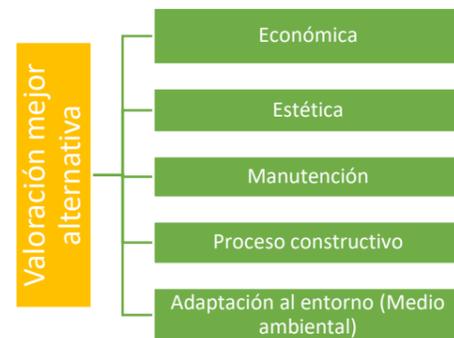
4.5 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA MEDIANTE MÉTODO AHP

El objetivo del presente apartado se puede resumir en los siguientes: analizar las dos posibles soluciones para resolver el problema de un parque de inundación; estableciendo una jerarquía de criterios que permita evaluar cada una de las soluciones planteadas y, como consecuencia de lo anterior, aplicar la metodología AHP para tomar una decisión respecto a la mejor de las soluciones propuestas.

Por tanto, una vez propuestas las posibles alternativas, se procede a elaborar la justificación de la solución adoptada y de los criterios aplicados mediante el método de análisis jerárquico.

El análisis AHP se implementa de la siguiente manera: desarrollo de una jerarquía, representación de juicios de valor, construcción de matrices de juicio de valor y matrices normalizadas, cálculo de la priorización y consistencia, y análisis de los resultados.

En primer lugar, establecen los criterios que se van a contemplar para la toma de decisiones (Esquema 4).



Esquema 4. Criterios.

- Económico: Se valorará la cantidad de material que se necesite, así como el coste de los materiales empleados y la mano de obra, y el coste final de construcción.
- Estético: Se valorará la comodidad y la estética.
- Conservación y mantenimiento: Este criterio se tendrá en cuenta la durabilidad de los materiales, así como el mantenimiento que pueda tener cada tipo de material. Este es un criterio importante ya que a la larga puede suponer un incremento de gasto muy grande. Y el coste de mantenimiento que pueda tener a medio y largo plazo.
- Integración paisajística e impacto ambiental: Este criterio se basa en el impacto ambiental y la integración paisajística que tenga así como el impacto en la fauna y la flora del entorno.

- Proceso constructivo: Este criterio se basa en que mientras se esté ejecutando la obra, si tendrá afecciones sobre otros servicios, así como la rapidez de ejecución, ya que en este caso habría que tenerlo lo antes posible para cuando llegue la época de lluvias torrenciales.

Una vez decididos los criterios, se expresa de forma numérica la importancia relativa de cada uno sobre otro utilizando la Escala fundamental de comparación por pares (Saaty,1980). (Tabla 2).

Escala	Definición	Explicación
1	Ambas alternativas son de igual importancia	Los criterios contribuyen de forma igual al objetivo.
3	Moderadamente preferida una sobre la otra	La experiencia y el juicio favorecen levemente un criterio frente a otro.
6	Fuertemente preferida	La experiencia y juicio favorecen fuertemente un criterio frente a otros.
9	Extremadamente preferida	La evidencia favorece en la más alta medida en un factor frente a otro.
2,4,5,7,8	Valores intermedios	Valores medios intermedios, cuando es necesario matizar.

Tabla 13. Escala de comparación Saaty por pares. (Saaty,1980)

Con esta escala se procede a la comparación pareada entre cada criterio estableciendo una matriz de preferencias con el vector propio de cada criterio. (Tabla 3).

MATRIZ DE PREFERENCIAS					
CRITERIOS	Economía	Estética	Mantenimiento	Proceso constructivo	Impacto ambiental
Economía	1	3	1/6	9	1/3
Estética	1/3	1	1/3	6	1/3
Mantenimiento	6	3	1	3	1/3
Proceso constructivo	1/9	1/6	1/3	1	1/6
Impacto ambiental	3	3	3	6	1
Suma	10,4444444	10,1666667	4,833333333	25	2,166666667

Tabla 14. Matriz de preferencias de los criterios.

De manera simultánea se comparan las alternativas en función de cada criterio con la misma Escala de comparación (Tabla 4).

CRITERIO 1. Económico	Alternativa 1	Alternativa 2
Alternativa 1	1	1
Alternativa 2	1	1
Suma	2	2

CRITERIO 2. Estética	Alternativa 1	Alternativa 2
Alternativa 1	1	1/3
Alternativa 2	3	1
Suma	4	1,33333333

CRITERIO 3. Mantenimiento	Alternativa 1	Alternativa 2
Alternativa 1	1	3
Alternativa 2	1/3	1
Suma	1,33333333	4

CRITERIO 4. Proceso const.	Alternativa 1	Alternativa 2
Alternativa 1	1	1
Alternativa 2	1	1
Suma	2	2

CRITERIO 5. Medio Ambiental	Alternativa 1	Alternativa 2
Alternativa 1	1	3
Alternativa 2	1/3	1
Suma	1,33	4

Tabla 15. Matriz de preferencias de las ALT. Respecto a cada criterio.

Una vez obtenidas las tablas de preferencias de los criterios entre sí y de las alternativas en función de cada criterio (Tabla 5 y 6), se normalizan las matrices, dividiendo cada valor entre la suma de la valoración obtenida y finalmente obteniendo el promedio de cada criterio y alternativas.

MATRIZ NORMALIZADA						
CRITERIOS	Economía	Estética	Mantenimiento	Proceso constructivo	Impacto ambiental	Promedio
Económico	0,09574468	0,29508	0,034482759	0,36	0,153846154	0,187
Estético	0,03191489	0,09836	0,068965517	0,24	0,153846154	0,118
Mantenimiento	0,57446809	0,29508	0,206896552	0,12	0,153846154	0,270
Proceso constructivo	0,0106383	0,01639	0,068965517	0,04	0,076923077	0,042
Impacto ambiental	0,28723404	0,29508	0,620689655	0,24	0,461538462	0,380

Tabla 16. Matriz normalizada de criterios.

CRITERIO 1. Económico	Matriz normalizada		Promedio
Alternativa 1	0,5	0,5	0,5
Alternativa 2	0,5	0,5	0,5

CRITERIO 2. Estética	Matriz normalizada		Promedio
Alternativa 1	0,25	0,25	0,25
Alternativa 2	0,75	0,75	0,75

CRITERIO 3. Mantenimiento	Matriz normalizada		Promedio
Alternativa 1	0,75	0,75	0,75
Alternativa 2	0,25	0,25	0,25

CRITERIO 4. Proceso const.	Matriz normalizada		Promedio
Alternativa 1	0,5	0,5	0,5
Alternativa 2	0,5	0,5	0,5

CRITERIO 5. Medio Ambiental	Matriz normalizada		Promedio
Alternativa 1	0,75	0,75	0,75
Alternativa 2	0,25	0,25	0,25

Tabla 17. Matrices normalizadas de las alternativas.

Finalmente, con la obtención de los vectores propios de las matrices normalizadas, obtenemos la matriz de la valoración final y orden de preferencia. La valoración final se obtiene haciendo la media ponderada de entre la media de cada alternativa por el promedio de cada criterio.

	Economía	Estética	Mantenimiento	Proceso constructivo	Impacto ambiental	Total
Alternativa 1	0,5	0,25	0,75	0,5	0,75	0,6330
Alternativa 2	0,5	0,75	0,25	0,5	0,25	0,36691
Promedio	0,187	0,118	0,270	0,0425	0,380	

Tabla 18. Matriz final de valoración y ponderación

Con los resultados de la ponderación final, la Alternativa 1 sería la que mejor valoración tendría, con un 63,3 %, mientras que la segunda alternativa se quedaría con un 36,6%.

ALTERNATIVAS	DESCRIPCIÓN	VALORACIÓN
1	Balsa de infiltración	63,40%
2	Estanque lámina permanente	36,60%

Tabla 19. Tabla de resultados.

4.6 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Una vez decidida la solución óptima mediante el método jerárquico multicriterio, se procede al desarrollo la solución de la balsa de infiltración más detalladamente.

En primer lugar, la entrada de agua se producirá mediante escorrentía, como se ha analizado en el Estudio Hidrológico. En este caso, como especifica el PGOU se proyectará una futura calle (Figura 5). Esta calle se diseñará con los elementos de drenaje transversales y lineales correspondientes al período de retorno de 15 años. Por lo que la solución que se propone será de un trámex en la parte baja de la calle en el que se recojan las aguas y desagüen en 2 marcos prefabricados de hormigón de dimensiones 3x3 metros y con cunetas que recojan las aguas hacia los marcos, para terminar, evacuando por escorrentía en el vaso de retención del parque.

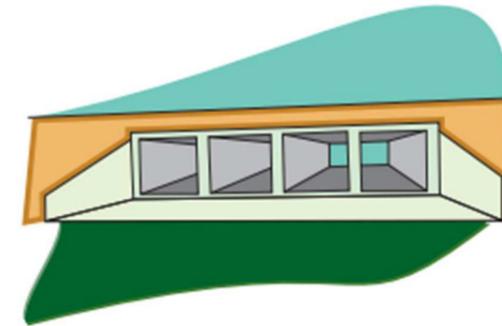


Figura 22. Obra de drenaje transversal (Normativa 5.2 IC)

Los cálculos pertinentes para el dimensionamiento de los marcos se han basado en la Normativa 5.2 IC Drenaje, con la siguiente fórmula, tomando el caudal de diseño para los T=25 años.

$$Q_{CH} = \frac{J^{1/2} R_H^{2/3} S_{Max}}{n} \geq Q_p$$

Q_{CH} (m ³ /s)	Capacidad hidráulica del elemento de drenaje. Caudal en régimen uniforme en lámina libre para la sección llena calculado igualando las pérdidas de carga por rozamiento con las paredes y fondo del conducto a la pendiente longitudinal
J (adimensional)	Pendiente geométrica del elemento lineal
S_{Max} (m ²)	Área de la sección transversal del conducto
R_H (m)	Radio hidráulico $R_H = \frac{S}{p}$
S (m ²)	Área de la sección transversal ocupada por la corriente



Ilustración 7. Solución que se propone para el ODT (Elaboración propia; Barranco en Alzira)

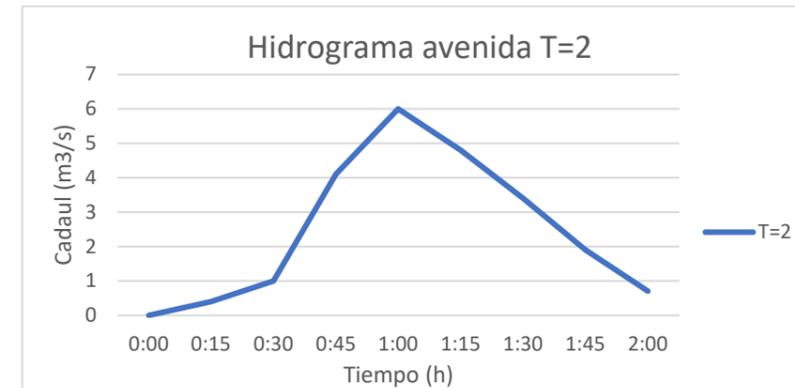


Ilustración 8. Solución que se propone para la ODT (Elaboración propia; Barranco Alzira)

En cuanto a la evacuación del agua se plantean tres escenarios diferentes dependiendo de la cantidad de agua que llueva. Aprovechando el Estudio Hidrológico realizado con HEC-HMS se pueden obtener los hidrogramas de avenida para diferentes periodos de retorno. El volumen de diseño para el que se han propuesto las soluciones es el correspondiente al T=15, el cual sería el tercer escenario y el más crítico, pero como se ha observado anteriormente y aprovechando el Estudio hidrológico se obtienen hidrogramas para T=2 y T=5, que son casos más habituales y menos graves y en los que se aliviará el agua sin necesidad de utilizar el bombeo.

Por tanto, los tres escenarios que se plantean para la solución definitiva son los siguientes:

El primero de ellos, corresponde al escenario habitual de lluvia que puede ocurrir en cualquier ocasión y en las que se ha correspondido un periodo de retorno de 2 años (Gráfica 2). El caudal generado por este periodo de lluvias generaría un volumen de 19755 m³. En este caso la evacuación del agua se haría mediante elementos SUDS, con superficies permeables, drenando esta escorrentía hasta el nivel freático (Figura X). A continuación, se describen los elementos que se utilizarían para drenar y un pequeño cálculo. Con estos elementos se aliviaría el agua en menos de 48 horas, pudiendo volver a dar un uso alternativo al parque.



Gráfica 10. Hidrograma de avenida para T=2 (HEC-HMS)

El dimensionamiento de los pozos de infiltración se ha realizado mediante la guía básica de diseño de elementos SUDS del Ayuntamiento de Madrid. En este caso se ha calculado la superficie que haría falta de pozos de infiltración para infiltrar el volumen calculado. Esto se ha hecho mediante la siguiente ecuación:

$$V_{SUDS} = \sum_{i=1}^m A_{b,i} \cdot h_i \cdot n_i \quad (2)$$

Donde:

m = Número de capas diferentes

n_i = Porosidad de la capa i (adimensional)

- * Superficial sin relleno (vol. huecos = vol. total): aplicar $n = 1,0$
- * Gravas: utilizar $n = 0,3$ si no se dispone de un valor específico.
- * Celdas y cajas reticulares: emplear $n = 0,9$ o lo indicado por el distribuidor, en su caso.

$A_{b,i}$ = Área de la base de la capa i (m²)

Necesitando una superficie de 15000 m² en la zona más depresiva. Superficie totalmente disponible.
Las secciones de los diferentes elementos SUDS, son las siguientes:

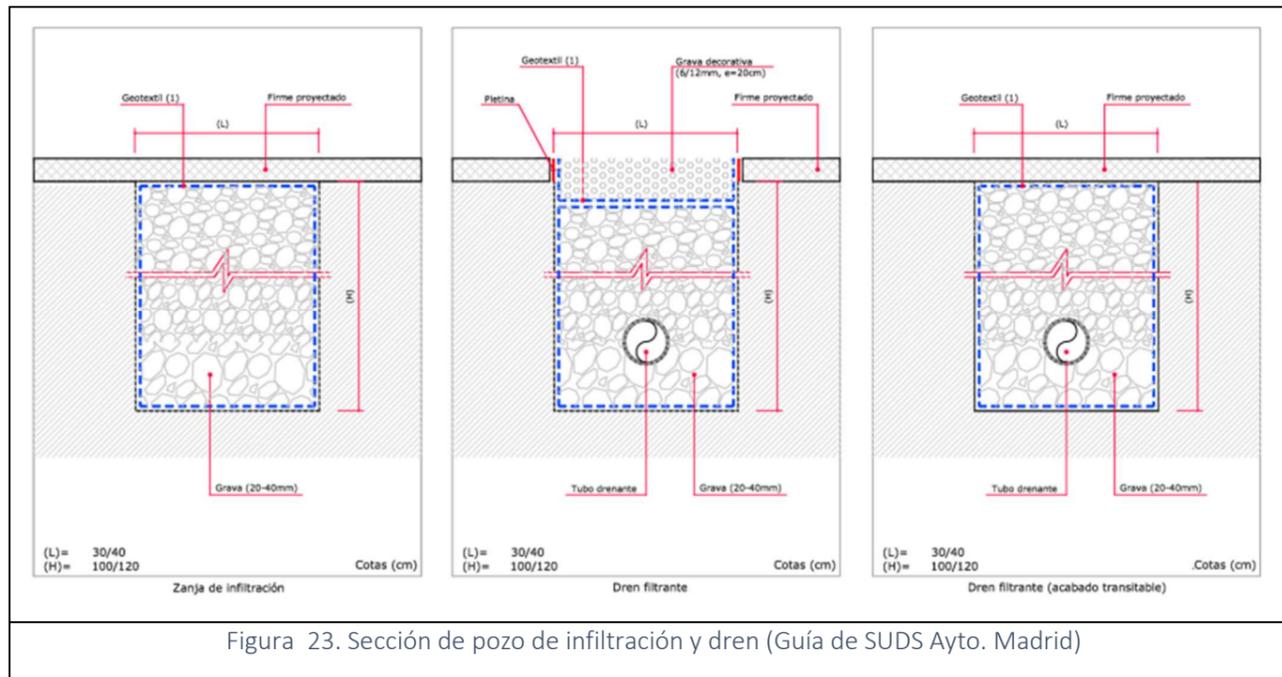


Figura 23. Sección de pozo de infiltración y dren (Guía de SUDS Ayto. Madrid)

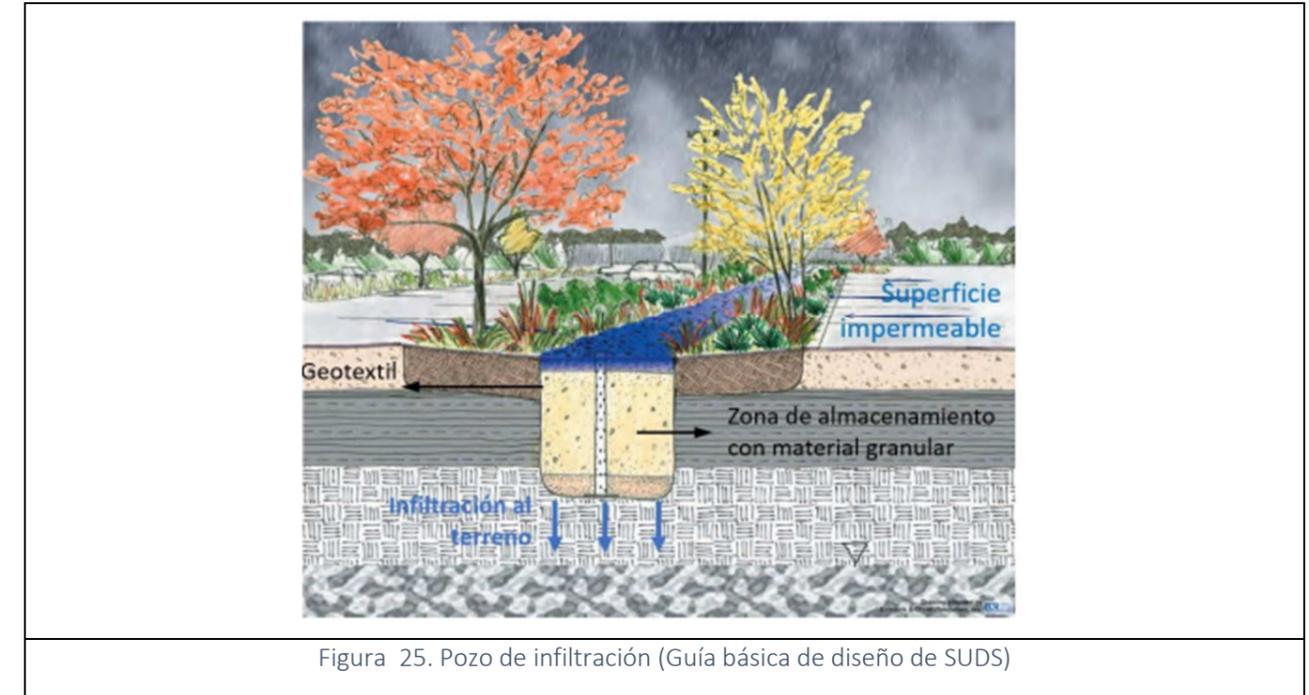


Figura 25. Pozo de infiltración (Guía básica de diseño de SUDS)

Para el segundo escenario, se ha calculado un volumen generado por las lluvias de una tormenta de diseño correspondiente a un periodo de retorno de 5 años. En este caso el volumen sería de 49000 m³. Aprovechando que en este episodio el colector de las vías del tren aún tendría capacidad, el agua se aliviaría mediante gravedad por colectores conectados al mismo colector. Por lo que se haría uso de los elementos SUDS y de los colectores complementariamente y así evacuar de manera más rápida y no saturar lo elementos SUDS.

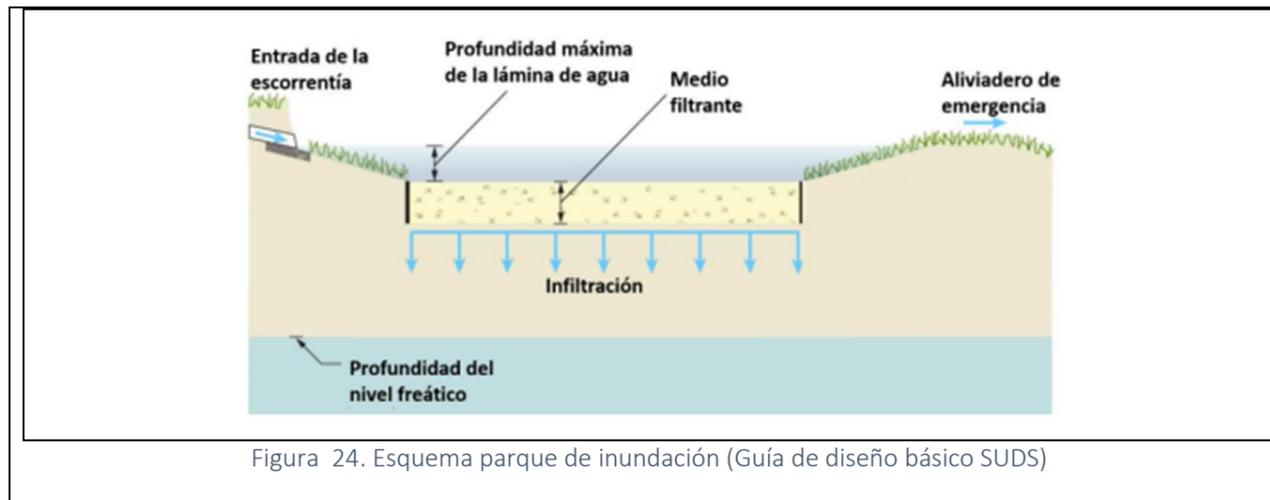
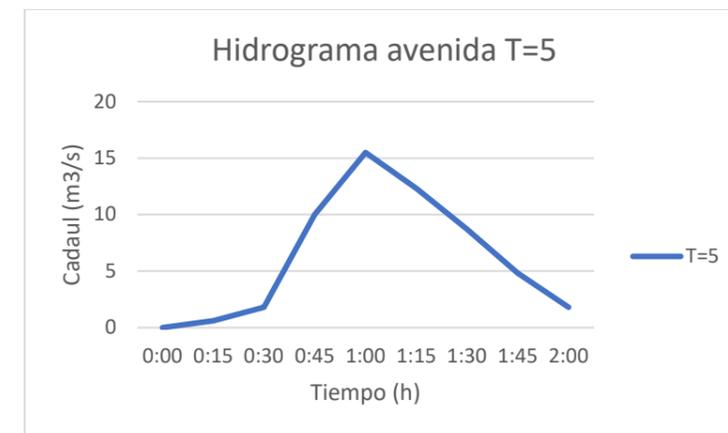


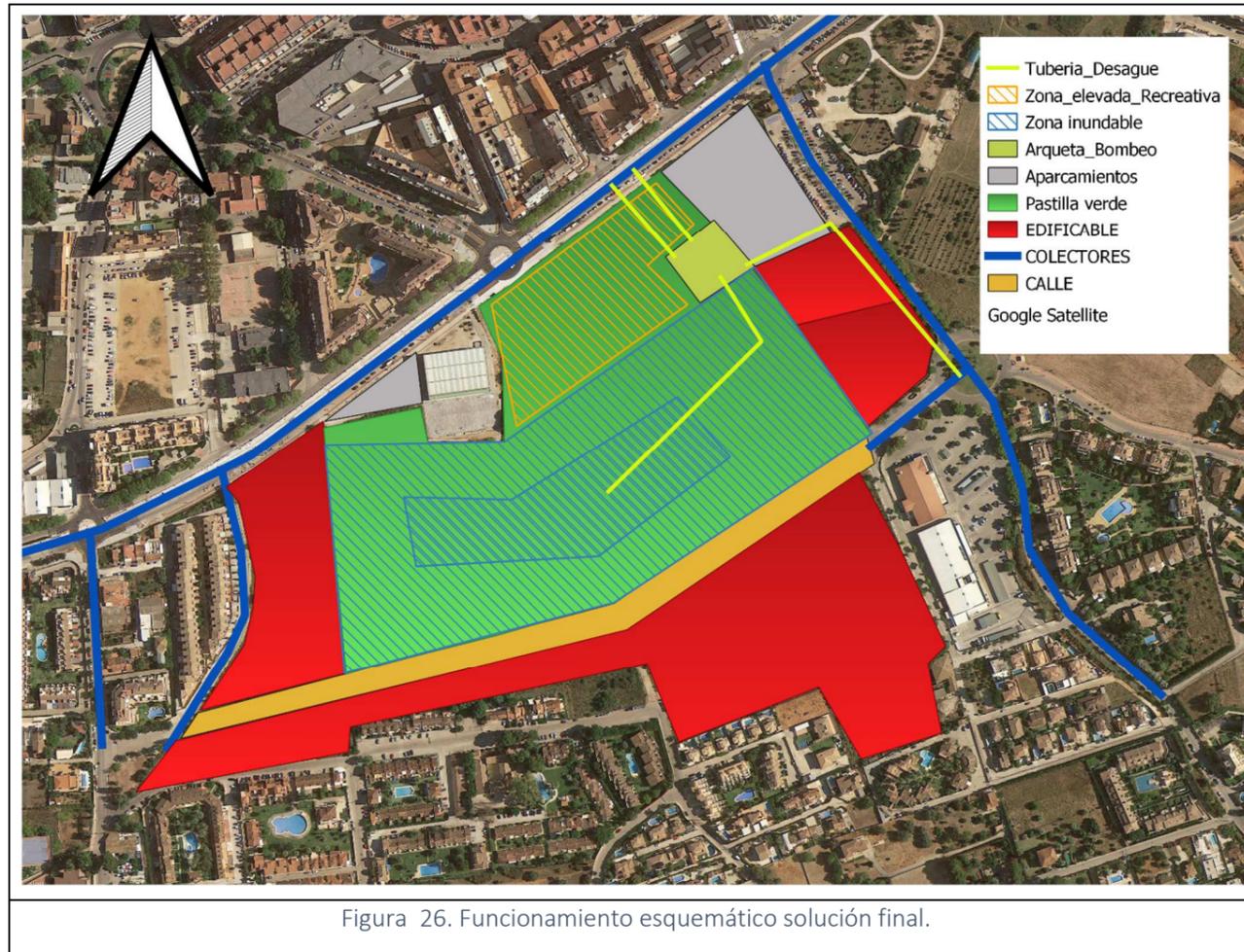
Figura 24. Esquema parque de inundación (Guía de diseño básico SUDS)



Gráfica 11. Hidrograma de avenida para T=5 años (HEC-HMS)

Finalmente, para el escenario más crítico y para el que se ha diseñado el parque, el agua se aliviaría mediante bombeo al colector de la fase 2 ya que esta a una cota más elevada. En este caso se activarían las válvulas mediante telemando, cerrando la de los colectores conectados a los de la vía del tren para evitar la entrada de agua al parque, así como la salida, ya que el colector principal ya estaría en carga. Y una vez pasado el episodio de lluvia, evacuar mediante el bombeo, luego gravedad y finalmente SUDS, vaciando el parque con un tiempo no superior a 48 horas.

Con estos tres escenarios, lo que se evitaría sería el uso de bombeo cada vez que llueva, y no tener un gasto importante de dinero en cuanto al consumo de luz.





<p>ESCUELA</p>  <p>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS</p>	<p>AUTORES DEL PROYECTO:</p> <p>DABRIEL LUJÁN CATALÀ</p> 	<p>Diseño: Gabriel Luján Català</p> <p>Chapado: Aprobado:</p> <p>11-08-2022 11-08-2022 11-08-2022</p>	<p>ANÁLISIS DE SOLUCIONES PARA EL DRENAJE DEL ENTORNO URBANO DEL PARQUE DE LES ALQUERÍES EN DENIA (ALICANTE)</p> <p>SOLUCIÓN PARQUE 1</p>	<p>Plano N.º AS-001</p> <p>ESCALA: Tamaño original: A1</p>
--	--	---	---	--

5 CONCLUSIONES

5.1 ESPECIFICACIONES DE DISEÑO PAISAJÍSTICO DEL PARQUE DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

La función principal del parque es el almacenamiento de agua frente a las avenidas torrenciales que se producen en la ciudad de Dénia, provocando inundaciones en la zona del Saladar y les Alqueries. Teniendo en cuenta este factor más importante, se ha propuesto un diseño del parque para cumplir su principal objetivo.

El parque dispondrá de una zona central deprimida a una cota de 1.2 metros, desde la que se elevará progresivamente el terreno con un talud variable según la zona en la que nos encontremos hasta alcanzar una cota entre 4,00 y 4,50 m que se propone como cota mínima para con las calles adyacentes.

Las laderas se han tratado de modo que se generen en las zonas de mayor pendiente terrazas en el terreno que permitan el descanso de los usuarios.

El parque dispondrá de una red de caminos, con unas zonas de sombra, zonas de descanso, plazas con bancos y otro tipo de usos. Será una zona donde poder ir a pasear, en un entorno natural dentro de la misma ciudad.

Los caminos principales tendrán que cruzar el parque de Norte a Sur, conectando las dos partes edificadas, estos deberán tener un ancho mínimo de 2.5 metros y no superar pendientes de entre el 7-8%.

Del mismo modo, tendrá que haber un carril bici que conecte las dos partes del parque, teniendo un ancho de 3.5 metros con pendiente máxima del 6%. El carril bici deberá tener un bombeo del 2% para la evacuación de agua.

Por lo que en materia de accesibilidad la redacción de dicho proyecto debería cumplir la más restrictiva de las normativas siguientes: Orden de 9 de junio de 2004, de la Conselleria de Territorio y Vivienda en materia de accesibilidad en el medio urbano y Orden VIV/561/2010 de condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los espacios públicos urbanizados.

EL barranco se encuentra canalizado en la zona urbana por medio de un marco de dimensiones libres interiores 2,00 x 2,00 m y aguas abajo está revestido de escollera, tanto en el fondo como en los laterales (Obras complementarias del Barranco de La Cova de l'Aigua).

El barranco pasará por debajo de la futura calle por lo que se dará continuidad a los marcos para el desagüe de agua siendo este el punto más bajo de la calle.

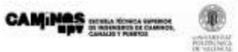
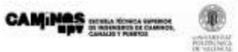
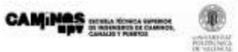
Para la conexión con la Avenida Joan Fuster, se establecerán varios accesos cumpliendo con las pendientes correspondientes, pero en la mayoría de la línea colindante estará escalonado con escollera hasta llegar a la acera de la avenida, esto es debido a que la línea de corte entra la calle y el parque estarán a una cota diferente por el montículo de contención del vaso de retención de agua.



Ilustración 9. Posible diseño paisajístico (Elaboración propia)



Ilustración 10. Tipo de caminos permeables en el parque. (Elaboración propia).

8	7	6	5	4	3	2	1												
F	SIMULACIÓN VISTA ESTE						F												
E							E												
D	SIMULACIÓN VISTA OESTE						D												
C							C												
B	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; text-align: center;">ESCUELA</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">AUTORES DEL PROYECTO: DARPEL LULL CATALÀ</td> <td style="width: 15%;">Diseño: Diseñado: Gabriel Lull Català</td> <td style="width: 15%;">11-09-2022 11-09-2022 11-09-2022</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">ANÁLISIS DE SOLUCIONES PARA EL DRENAJE DEL ENTORNO URBANO DEL PARQUE DE LES ALQUERÍES EN DENIA (ALICANTE)</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">Plano N.º AS-011</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">RENDERS</td> <td style="text-align: center;">ESCALA: Tamaño original: A1</td> </tr> </table>						ESCUELA	AUTORES DEL PROYECTO: DARPEL LULL CATALÀ	Diseño: Diseñado: Gabriel Lull Català	11-09-2022 11-09-2022 11-09-2022	ANÁLISIS DE SOLUCIONES PARA EL DRENAJE DEL ENTORNO URBANO DEL PARQUE DE LES ALQUERÍES EN DENIA (ALICANTE)	Plano N.º AS-011					RENDERS	ESCALA: Tamaño original: A1	B
ESCUELA	AUTORES DEL PROYECTO: DARPEL LULL CATALÀ	Diseño: Diseñado: Gabriel Lull Català	11-09-2022 11-09-2022 11-09-2022	ANÁLISIS DE SOLUCIONES PARA EL DRENAJE DEL ENTORNO URBANO DEL PARQUE DE LES ALQUERÍES EN DENIA (ALICANTE)	Plano N.º AS-011														
				RENDERS	ESCALA: Tamaño original: A1														
A	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;">8</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">7</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">6</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">5</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">4</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">3</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">2</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">1</td> </tr> </table>						8	7	6	5	4	3	2	1	A				
8	7	6	5	4	3	2	1												

5.2 VALORACIÓN ECONÓMICA

En el presente apartado se aborda la valoración económica de la solución adoptada, con el fin de conocer y tener una idea de la inversión global necesaria para efectuar dicha actuación.

En primer lugar, se definen las unidades de obra principales para la ejecución de la mejora. A continuación, se exponen los precios de cada unidad de obra de la que se ha descrito, los precios se han adoptado de diferentes bases de precios como la del Instituto Valenciano de la Vivienda y el generador de precios CYPE.

Por último, se presenta la valoración conjunta de entre los precios unitarios y las mediciones para sacar el presupuesto estimado final, agrupados en los diferentes capítulos.

La valoración ha sido realizada mediante el programa PRESTO.

5.2.1 DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

Capítulo 1: Adecuación de la zona y actuaciones previas.

UO1. M2 de Desbroce y limpieza del terreno, con medios mecánicos.

Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas para la edificación o urbanización: árboles, plantas, tocones, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basuras o cualquier otro material existente, hasta una profundidad no menor que el espesor de la capa de tierra vegetal, considerando como media 40cm. Incluye retirada de material sobrante, carga sobre camión, el transporte a acopio intermedio cuando resulte necesario, y la descarga, y sin incluir transporte de escombros a vertedero autorizado.

UO2. M3 de Demolición de elementos de hormigón.

Demolición elementos de hormigón, realizada con compresor y carga manual y mecánica de escombros sobre camión o contenedor, incluso transporte a acopio intermedio cuando resulte necesario, y la descarga, y sin incluir transporte de escombros a vertedero autorizado. Se incluyen los apeos, apuntalamientos, arriostramientos, andamios y plataformas que resulten necesarios para realizar estas operaciones, y que no serán de abono independiente.

UO3. M2 de Levantamiento de valla

Levantado de valla simple torsión, incluso retirada de escombros, carga sobre camión, el transporte a acopio intermedio cuando resulte necesario, y la descarga, y sin incluir transporte de escombros a vertedero autorizado. Se incluyen los apeos, apuntalamientos, arriostramientos, andamios y plataformas que resulten necesarios para realizar estas operaciones, y que no serán de abono independiente.

Capítulo 2: Movimiento de tierras

UO4. M3 de desmonte o excavación con pala cargadora.

Desmonte o excavación a cielo abierto realizado en terrenos medios, con pala cargadora para dar al terreno la rasante de explanación prevista, incluso ayuda manual en las zonas de difícil acceso, limpieza y extracción de restos, según NTE/ADE-3. Incluye carga sobre camión, el transporte, el transporte a acopio intermedio cuando resulte necesario, y la descarga en lugar de empleo en la propia obra.

UO5. M3 de excavación en zanja medios mecánicos.

Excavación para la formación de zanja, en terrenos medios, con retroexcavadora, incluso ayuda manual en las zonas de difícil acceso, limpieza y extracción de restos a los bordes, incluso carga, transporte a acopio intermedio cuando resulte necesario, descarga, y sin incluir transporte de escombros a vertedero autorizado.

UO6. M3 de relleno o extendido de tierras m/mec.

Formación de relleno a cielo abierto con tierra procedente de la propia excavación y compactación en tongadas sucesivas de 25 cm de espesor máximo mediante equipo mecánico formado por rodillo vibratorio tandem articulado, hasta alcanzar un grado de compactación no inferior al 98% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según NLT-107. Se incluyen los riegos necesarios y el refino de taludes.

Capítulo 3: Obras y elementos de drenaje.

UO7. M3 de Hormigón HA-25/B/40/XC4

Hormigón HA-25/B/40/XC4 para armar preparado en cimentaciones de zanjas, zapatas y riostras, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 40 mm, transportado y puesto en obra según

EHE-08 vertido por cualquier medio.

UO8. Ud de marco prefabricado de hormigón

Suministro e instalación de marco prefabricado de hormigón armado de 3mx3m de dimensiones interiores, recibido sobre solera de hormigón de limpieza y una capa de nivelación de 10 cm.

UO9. Ud de Equipo de bombeo

Instalación de bombeo, incluso piezérío especial con topes y soportes necesarios, incluso suministro de todos los materiales.

UO10. Colector diámetro 1000

Colector enterrado, formado por tubo de hormigón armado para saneamiento sin presión, fabricado por compresión radial, clase 60, carga de rotura 60 kN/m², de 1000 mm de diámetro nominal (interior), unión por enchufe y campana con junta elástica. El precio incluye los equipos y la maquinaria necesarios para el desplazamiento y la disposición en obra de los elementos, pero no incluye la excavación ni el relleno principal.

UO11. Pozos y zanjas de infiltración

Instalación de pozos y zanjas de infiltración hasta la cota del nivel freático o suelo permeable, incluso gravas y geotextil.

UO12. Pavimento continuo drenante

Pavimento continuo drenante para uso peatonal, de 40 mm de espesor, realizado "in situ" con mortero a base de resinas y áridos de colores seleccionados con granulometría 4/7 mm, dispuesto sobre capa de 30 mm de material granular.

Capítulo 4: Jardinería y Pavimentación

UO13. M2 Relleno y extendido de tierra vegetal en zona verde.

Relleno y extendido de tierra vegetal para árboles en zonas verdes con 40cm tierra vegetal general, 70cm subsuelo paisajístico y 20cm grava, incluso todas las operaciones necesarias según los tratamientos indicados en el pliego: transporte - triturado - cribado - compactación, etc, con los medios mecánicos o manuales necesarios.

UO14. Ud. de Plantación de árbol.

Plantación de árboles de toda clase con el riego inicial necesario, incluso suministro en cepellón.

UO15. M2 Plantación de césped.

Plantación de césped natural con riego inicial, abono, etc.

UO16 Ud. Red de riego

Instalación y suministro de sistema de riego por goteo y por aspersión con arquetas, canalizaciones, ejecución de zanjas si es necesario.

UO17. M2 de Estabilización de caminos y senderos con mortero de cemento.

Estabilización de caminos y senderos, mediante mortero de cemento Artevia Arena "HOLCIM", realizado con cemento blanco y fabricado en central, extendido sobre el terreno hasta formar una capa de 10 cm de espesor mínimo después de su compactación con medios mecánicos, previa preparación de la superficie, y posterior retirada y carga a camión de los restos y desechos.

UO18. Hormigón impreso.

Pavimento continuo de hormigón impreso de 10 cm de espesor, con juntas, realizado con hormigón HM-20/B/20/X0 fabricado en central y vertido desde camión con un contenido de fibras sin función estructural, fibras de vidrio resistentes a los álcalis (AR) de 2 kg/m³, extendido y vibrado manual mediante regla vibrante; coloreado y endurecido superficialmente mediante espolvoreo con mortero decorativo de rodadura para pavimento de hormigón, color blanco, rendimiento 4,5 kg/m²; acabado impreso en relieve, previa aplicación de desmoldeante en polvo, color burdeos y capa de sellado final con resina impermeabilizante. El precio no incluye la base de la solera ni la ejecución y el sellado de las juntas.

CUADRO DE PRECIOS 1

Estructura de presupuesto CSCAE

Nº	CÓDIGO	UD.	RESUMEN	PRECIO EN LETRA	IMPORTE
0001	UO.1	m2	Desbroce y limpieza del terreno, con medios mecánicos. Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas para la edificación o urbanización: árboles, plantas, tocones, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basuras o cualquier otro material existente, hasta una profundidad no menor que el espesor de la capa de tierra vegetal, considerando como media 40cm. incluye retirada de material sobrante, carga sobre camión, el transporte a acopio intermedio cuando resulte necesario, y la descarga, y sin incluir transporte de escombros a vertedero autorizado. Se incluyen los apeos, apuntalamientos, arriostramientos, andamios y plataformas que resulten necesarios para realizar estas operaciones, y que no serán de abono independiente.		0,88
				CERO EUROS con OCHENTA Y OCHO CÉNTIMOS	
0002	UO.10	m	Colector enterrado, formado por tubo de hormigón armado para saneamiento sin presión, fabricado por compresión radial, clase 60, carga de rotura 60 kN/m ² , de 1000 mm de diámetro nominal (interior), unión por enchufe y campana con junta elástica. El precio incluye los equipos y la maquinaria necesarios para el desplazamiento y la disposición en obra de los elementos, pero no incluye la excavación ni el relleno principal.		169,00
				CIENTO SESENTA Y NUEVE EUROS	
0003	UO.11	M2	Insatación de pozos y zanjas de infiltraión hasta la cota del nivel freático o suelo permeable, incluso gravas y geotextil.		40,00
				CUARENTA EUROS	
0004	UO.12	m2	Pavimento continuo drenante para uso peatonal, de 40 mm de espesor, realizado "in situ" con mortero a base de resinas y áridos de colores seleccionados con granulometría 4/7 mm, dispuesto sobre capa de 30 mm de material granular		96,59
				NOVENTA Y SEIS EUROS con CINCUENTA Y NUEVE CÉNTIMOS	
0005	UO.13	m2	Relleno y extendido de tierra vegetal para árboles en zonas verdes con 40cm tierra vegetal general, 70cm subsuelo paisajístico y 20cm grava, incluso todas las operaciones necesarias según los tratamientos indicados en el pliego: transporte - triturado - cribado - compactación, etc, con los medios mecánicos o manuales necesarios.		21,15
				VEINTIÚN EUROS con QUINCE CÉNTIMOS	
0006	UO.14	ud	Plantación de arboles de toda clase con el riego inicial necesario, incluso suministro en cepellón.		500,00
				QUINIENTOS EUROS	
0007	UO.15	m2	Plantación de césped natural con riego inicial, abono, etc.		13,67

CUADRO DE PRECIOS 1

Estructura de presupuesto CSCAE

Nº	CÓDIGO	UD.	RESUMEN	PRECIO EN LETRA	IMPORTE
				TRECE EUROS con SESENTA Y SIETE CÉNTIMOS	
0008	UO.16	ud	Instalación y suministro de sistema de riego por goteo y por aspersión con arquetas, canalizaciones, ejecución de zanjas si es necesario.		300.000,00
				TRESCIENTOS MIL EUROS	
0009	UO.17	m2	Estabilización de caminos y senderos, mediante mortero de cemento Artevia Arena "HOLCIM", realizado con cemento blanco y fabricado en central, extendido sobre el terreno hasta formar una capa de 10 cm de espesor mínimo después de su compactación con medios mecánicos, previa preparación de la superficie, y posterior retirada y carga a camión de los restos y desechos		21,43
				VEINTIÚN EUROS con CUARENTA Y TRES CÉNTIMOS	
0010	UO.18	m2	Pavimento continuo de hormigón impreso de 10 cm de espesor, con juntas, realizado con hormigón HM-20/B/20/X0 fabricado en central y vertido desde camión con un contenido de fibras sin función estructural, fibras de vidrio resistentes a los álcalis (AR) de 2 kg/m ³ , extendido y vibrado manual mediante regla vibrante; coloreado y endurecido superficialmente mediante espolvoreo con mortero decorativo de rodadura para pavimento de hormigón, color blanco, rendimiento 4,5 kg/m ² ; acabado impreso en relieve, previa aplicación de desmoldeante en polvo, color burdeos y capa de sellado final con resina impermeabilizante. El precio no incluye la base de la solera ni la ejecución y el sellado de las juntas.		34,78
				TREINTA Y CUATRO EUROS con SETENTA Y OCHO CÉNTIMOS	
0011	UO.2	m2	Levantado de valla simple torsión, incluso retirada de escombros, carga sobre camión, el transporte a acopio intermedio cuando resulte necesario, y la descarga, y sin incluir transporte de escombros a vertedero autorizado. Se incluyen los apeos, apuntalamientos, arriostramientos, andamios y plataformas que resulten necesarios para realizar estas operaciones, y que no serán de abono independiente.		0,79
				CERO EUROS con SETENTA Y NUEVE CÉNTIMOS	
0012	UO.3	m3	Demolición elementos de hormigón, realizada con compresor y carga manual y mecánica de escombros sobre camión o contenedor, incluso transporte a acopio intermedio cuando resulte necesario, y la descarga, y sin incluir transporte de escombros a vertedero autorizado. Se incluyen los apeos, apuntalamientos, arriostramientos, andamios y plataformas que resulten necesarios para realizar estas operaciones, y que no serán de abono independiente.		3,20
				TRES EUROS con VEINTE CÉNTIMOS	

CUADRO DE PRECIOS 1**Estructura de presupuesto CSCAE**

Nº	CÓDIGO	UD.	RESUMEN	PRECIO EN LETRA	IMPORTE
0013	UO.4	m3	Desmante o excavación a cielo abierto realizado en terrenos medios, con pala cargadora para dar al terreno la rasante de explanación prevista, incluso ayuda manual en las zonas de difícil acceso, limpieza y extracción de restos, según NTE/ADE-3. Incluye carga sobre camión, el transporte, el transporte a acopio intermedio cuando resulte necesario, y la descarga en lugar de empleo en la propia obra.		1,69
				UN EUROS con SESENTA Y NUEVE CÉNTIMOS	
0014	UO.5	m3	Excavación para la formación de zanja, en terrenos medios, con retroexcavadora, incluso ayuda manual en las zonas de difícil acceso, limpieza y extracción de restos a los bordes, incluso carga, transporte a acopio intermedio cuando resulte necesario, descarga, y sin incluir transporte de escombros a vertedero autorizado.		2,74
				DOS EUROS con SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS	
0015	UO.6	m3	Formación de relleno a cielo abierto con tierra procedente de la propia excavación y compactación en tongadas sucesivas de 25 cm de espesor máximo mediante equipo mecánico formado por rodillo vibratorio tándem articulado, hasta alcanzar un grado de compactación no inferior al 98% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según NLT-107 . Se incluyen los riegos necesarios y el refino de taludes.		2,88
				DOS EUROS con OCHENTA Y OCHO CÉNTIMOS	
0016	UO.7	m3	Hormigón HA-25/B/40/Ila para armar preparado en cimentaciones de zanjas, zapatas y riostras, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 40 mm, transportado y puesto en obra según EHE-08 vertido por cualquier medio.		82,64
				OCHENTA Y DOS EUROS con SESENTA Y CUATRO CÉNTIMOS	
0017	UO.8	ud	Suministro e instalación de marco prefabricado de hormigón armado de 3mx3m de dimensiones interiores , recibido sobre solera de hormigón de limpieza y una capa de nivelación de 10 cm.		1.717,00
				MIL SETECIENTOS DIECISIETE EUROS	
0018	UO.9	ud	Instalación de bombeo, incluso piezérico especial con topes y soportes necesarios, incluso suministro de todos los materiales.		50.000,00
				CINCUENTA MIL EUROS	

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Estructura de presupuesto CSCAE

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAP1	Adecuación de la zona y actuaciones previas							
U0.1	m2 Desbroce y limpieza del terreno por medios mecánicos Desbroce y limpieza del terreno, con medios mecánicos. Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas para la edificación o urbanización: árboles, plantas, tocones, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basuras o cualquier otro material existente, hasta una profundidad no menor que el espesor de la capa de tierra vegetal, considerando como media 40cm. incluye retirada de material sobrante, carga sobre camión, el transporte a acopio intermedio cuando resulte necesario, y la descarga, y sin incluir transporte de escombros a vertedero autorizado. Se incluyen los apeos, apuntalamientos, arriostramientos, andamios y plataformas que resulten necesarios para realizar estas operaciones, y que no serán de abono independiente.							
	Toda la parcela	140.000				140.000,00		
						140.000,00	0,88	123.200,00
U0.2	m2 Levantamiento valla Levantado de valla simple torsión, incluso retirada de escombros, carga sobre camión, el transporte a acopio intermedio cuando resulte necesario, y la descarga, y sin incluir transporte de escombros a vertedero autorizado. Se incluyen los apeos, apuntalamientos, arriostramientos, andamios y plataformas que resulten necesarios para realizar estas operaciones, y que no serán de abono independiente.							
		5.000				5.000,00		
						5.000,00	0,79	3.950,00
U0.3	m3 Demolición de elementos hormigón Demolición elementos de hormigón, realizada con compresor y carga manual y mecánica de escombros sobre camión o contenedor, incluso transporte a acopio intermedio cuando resulte necesario, y la descarga, y sin incluir transporte de escombros a vertedero autorizado. Se incluyen los apeos, apuntalamientos, arriostramientos, andamios y plataformas que resulten necesarios para realizar estas operaciones, y que no serán de abono independiente.							
		1.500				1.500,00		
						1.500,00	3,20	4.800,00
	TOTAL CAP1							131.950,00

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Estructura de presupuesto CSCAE

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAP2	Movimiento de tierras							
U0.4	m3 Desmonte o excavación con pala cargadora Desmonte o excavación a cielo abierto realizado en terrenos medios, con pala cargadora para dar al terreno la rasante de explanación prevista, incluso ayuda manual en las zonas de difícil acceso, limpieza y extracción de restos, según NTE/ADE-3. Incluye carga sobre camión, el transporte, el transporte a acopio intermedio cuando resulte necesario, y la descarga en lugar de empleo en la propia obra.							
		110.000			1,50	165.000,00		
						165.000,00	1,69	278.850,00
U0.5	m3 Excavación zanja medios mecánicos Excavación para la formación de zanja, en terrenos medios, con retroexcavadora, incluso ayuda manual en las zonas de difícil acceso, limpieza y extracción de restos a los bordes, incluso carga, transporte a acopio intermedio cuando resulte necesario, descarga, y sin incluir transporte de escombros a vertedero autorizado.							
		10.000,00		2,00	2,00	40.000,00		
						40.000,00	2,74	109.600,00
U0.6	m3 Relleno o extendido de tierras m/mec Formación de relleno a cielo abierto con tierra procedente de la propia excavación y compactación en tongadas sucesivas de 25 cm de espesor máximo mediante equipo mecánico formado por rodillo vibratorio tandem articulado, hasta alcanzar un grado de compactación no inferior al 98% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según NLT-107 . Se incluyen los riegos necesarios y el refino de taludes.							
		35.000			0,20	7.000,00		
						7.000,00	2,88	20.160,00
	TOTAL CAP2							408.610,00

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Estructura de presupuesto CSCAE

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAP3	Obras y elementos de drenaje							
UO.7	m3 HA-25/B/40/XC4 para arqueta Hormigón HA-25/B/40/IIa para armar preparado en cimentaciones de zanjas, zapatas y riostras, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 40 mm, transportado y puesto en obra según EHE-08 vertido por cualquier medio.	10	10,00	0,80	5,00	400,00		
						400,00	82,64	33.056,00
UO.8	ud Marcos prefabricados de hormigón Suministro e instalación de marco prefabricado de hormigón armado de 3mx3m de dimensiones interiores, recibido sobre solera de hormigón de limpieza y una capa de nivelación de 10 cm.					2,00	1.717,00	3.434,00
UO.9	ud Instalación bombeo Instalación de bombeo, incluso piezérico especial con topes y soportes necesarios, incluso suministro de todos los materiales.					1,00	50.000,00	50.000,00
UO.10	m Colector diámetro 1000 Colector enterrado, formado por tubo de hormigón armado para saneamiento sin presión, fabricado por compresión radial, clase 60, carga de rotura 60 kN/m ² , de 1000 mm de diámetro nominal (interior), unión por enchufe y campana con junta elástica. El precio incluye los equipos y la maquinaria necesarios para el desplazamiento y la disposición en obra de los elementos, pero no incluye la excavación ni el relleno principal.	1.000,00				1.000,00		
						1.000,00	169,00	169.000,00
UO.11	M2 Pozos y zanjas de infiltración Instalación de pozos y zanjas de infiltración hasta la cota del nivel freático o suelo permeable, incluso gravas y geotextil.					15.000,00	40,00	600.000,00
UO.12	m2 Pavimento continuo drenante Pavimento continuo drenante para uso peatonal, de 40 mm de espesor, realizado "in situ" con mortero a base de resinas y áridos de colores seleccionados con granulometría 4/7 mm, dispuesto sobre capa de 30 mm de material granular	5.000,00	3,00	0,30		4.500,00		
						4.500,00	96,59	434.655,00
	TOTAL CAP3							1.290.145,00

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Estructura de presupuesto CSCAE

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAP4	Jardinería y pavimentación							
UO.13	m2 Relleno y extendido de tierra vegetal en zona verde Relleno y extendido de tierra vegetal para árboles en zonas verdes con 40cm tierra vegetal general, 70cm subsuelo paisajístico y 20cm grava, incluso todas las operaciones necesarias según los tratamientos indicados en el pliego: transporte - triturado - cribado - compactación, etc, con los medios mecánicos o manuales necesarios.					70.000,00		
						70.000,00	21,15	1.480.500,00
UO.14	ud Plantación de árbol Plantación de arboles de toda clase con el riego inicial necesario, incluso suministro en cepellón.					50		
						50,00	500,00	25.000,00
UO.15	m2 Plantación de césped Plantación de césped natural con riego inicial, abono, etc.					70.000		
						70.000,00	13,67	956.900,00
UO.16	ud Red de riego Instalación y suministro de sistema de riego por goteo y por aspersión con arquetas, canalizaciones, ejecución de zanjas si es necesario.					1,00	300.000,00	300.000,00
UO.17	m2 Estabilización de caminos y senderos con mortero de cemento. Estabilización de caminos y senderos, mediante mortero de cemento Arteria Arena "HOLCIM", realizado con cemento blanco y fabricado en central, extendido sobre el terreno hasta formar una capa de 10 cm de espesor mínimo después de su compactación con medios mecánicos, previa preparación de la superficie, y posterior retirada y carga a camión de los restos y desechos					2.000,00	2,00	4.000,00
						4.000,00	21,43	85.720,00
UO.18	m2 Hormigón impreso Pavimento continuo de hormigón impreso de 10 cm de espesor, con juntas, realizado con hormigón HM-20/B/20/X0 fabricado en central y vertido desde camión con un contenido de fibras sin función estructural, fibras de vidrio resistentes a los álcalis (AR) de 2 kg/m ³ , extendido y vibrado manual mediante regla vibrante; coloreado y endurecido superficialmente mediante espolvoreo con mortero decorativo de rodadura para pavimento de hormigón, color blanco, rendimiento 4,5 kg/m ² ; acabado impreso en relieve, previa aplicación de desmoldeante en polvo, color burdeos y capa de sellado final con resina impermeabilizante. El precio no incluye la base de la solera ni la ejecución y el sellado de las juntas.	1.050,00				2.100,00		
						2.100,00	34,78	73.038,00
	TOTAL CAP4							2.921.158,00
	TOTAL							4.751.863,00

RESUMEN DE PRESUPUESTO

Estructura de presupuesto CSCAE

CAPÍTULO	RESUMEN	IMPORTE	%
CAP1	Adecuación de la zona y actuaciones previas	131.950,00	2,78
CAP2	Movimiento de tierras	408.610,00	8,60
CAP3	Obras y elementos de drenaje	1.290.145,00	27,15
CAP4	Jardinería y pavimentación	2.921.158,00	61,47
	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	4.751.863,00	
	10% IVA	475.186,30	
	PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN	5.227.049,30	

Asciede el presupuesto a la expresada cantidad de CINCO MILLONES DOSCIENTOS VEINTISIETE MIL CUARENTA Y NUEVE EUROS con TREINTA CÉNTIMOS

, 07 de junio 2023.

5.3 RESUMEN

Para finalizar el trabajo se resume de forma clara y concisa la problemática de inundaciones existente, el estudio y análisis hidrológico de la zona, así como el análisis de soluciones y la justificación de la solución adoptada.

El entorno urbano de Les Alqueries y el Saladar en el Municipio de Dénia han sufrido a lo largo de la historia inundaciones que han provocado daños materiales y humanos en el municipio. Estas inundaciones son debidas a las modificaciones del suelo que se han hecho a lo largo de las últimas décadas y al incremento de las tormentas torrenciales por el cambio climático.

Debido a esta problemática, se ha decidido realizar el trabajo estudiando la zona de manera hidrológica mediante un estudio hidrológico con todo su análisis, desde la toma de datos y el recopilamiento de información al análisis de esa información transformándola en datos iniciales para caracterizar las posibles soluciones. Con el estudio hidrológico se han obtenido las lluvias de diseño mediante el programa ANALEST, se han calculado las tormentas de diseño y finalmente disponiendo del software HEC-HMS se han obtenido los diferentes hidrogramas de avenida de las tormentas de diseño. De esta manera se ha obtenido una información muy consistente para a posteriori realizar un análisis de soluciones con una base hidrológica a la altura de la problemática.

Una vez obtenido el estudio hidrológico se ha hecho un análisis del entorno reconociendo los condicionantes, tanto urbanísticos como hidrológicos e hidráulicos y geotécnicos, así como un análisis topográfico de la zona para conocer las cotas de los colectores existentes y de la pastilla verde. Del mismo modo se ha visitado la zona para realizar una serie de fotografías y conocer el entorno. Para realizar el estudio inicial de información se ha hecho una búsqueda detallada de todas las posibles fuentes existentes, preguntando incluso a los técnicos del mismo Ayuntamiento de Dénia.

Una vez obtenidos los condicionantes y los diferentes estudios del entorno, se ha procedido al análisis de la mejor solución, proponiendo varias alternativas. Estas alternativas están basadas en un entorno urbano, aprovechando la zona verde disponible, se han propuesto las soluciones para que mediante un vaso de retención se laminen las avenidas de un hidrograma correspondiente a un periodo de retorno de 15 años. Este condicionante es impuesto por la legislación autonómica del PATRICOVA.

De entre todas las soluciones propuestas se ha decidido por hacer una composición de varias, en la que el análisis multicriterio jerárquico ha ayudado a tomar la mejor decisión. La solución adoptada trata de un parque de inundación con un gran vaso de retención para laminar las tormentas correspondientes a un periodo de retorno de 15 años, evacuando el agua mediante bombeo a un colector ya ejecutado. También se proponen dos escenarios diferentes a este, para evitar el uso del bombeo. Estos tratan de laminar las avenidas de menor tamaño con el mismo vaso de retención, pero evacuando el agua mediante infiltración y por colectores que funcionan por gravedad conectados al colector principal de la vía del tren.

Finalmente se ha realizado una medición y una pequeña valoración de la solución adoptada para tener un orden de magnitud, ascendiendo ésta a una cantidad total de presupuesto de ejecución material de 4.751.863,00 €.

Tras la ejecución de todo trabajo y con la solución adoptada se llegan a las siguientes conclusiones:

- Evita riesgos de inundación en zona urbana, causantes de numerosos daños personales y materiales.
- Minimiza el impacto medioambiental que tendría un nuevo punto de vertido directo a la playa, con lo que no se afecta negativamente la imagen de ésta para resolver los problemas de inundación.
- Emplea el agua regenerada en el parque para su riego, así como para el riego de otras zonas verdes próximas.
- Crea una nueva zona verde, primando la vegetación autóctona en toda la superficie del parque, de manera que cumpla una función divulgativa de las diferentes comunidades vegetales existentes en el entorno mediterráneo.
- Optimiza la rentabilidad social de la inversión al destinar una parte importante del presupuesto a crear un nuevo espacio público, que pueda ser utilizado y disfrutado por la ciudadanía de forma inmediata, y que sólo en ocasiones esporádicas de fuertes lluvias y por periodos cortos, puede permanecer cerrado por motivos de seguridad.
- Conserva la biodiversidad, generando un entorno que atrae y fomenta su colonización por algunas especies en peligro de extinción y el establecimiento de colonias estables.

Finalmente, el Trabajo Final de Grado cumple perfectamente con las metas marcadas, es decir conseguir la mejora del entorno urbano evitando las inundaciones que tantos daños provocan, estando integrada en el entorno, siendo viable económicamente y que cumple perfectamente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030.

6 REFERENCIAS

- [1]. Norma 5.2-IC Drenaje Superficial de la Instrucción de Carreteras, Ministerio de Fomento, 2016.
- [2]. RODRÍGUEZ-ROJAS, M. I. (2017). Guía para la integración de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en el Proyecto Urbano. Universidad de Granada.
- [3]. terrasit.gva.es
- [4]. NAVARRO, I.J.; MARTÍ, J.V.; YEPES, V. (2021). Neutrosophic completion technique for incomplete higher-order AHP comparison matrices. Mathematics, 9(5):496.
- [5]. Ayuntamiento de Madrid (2018). Guía Básica de Diseño de sistemas de Gestión Sostenible de Aguas Pluviales en Zonas Verdes y Otros Espacios Libres. Área de Gobierno de Medio Ambiente y Movilidad.
- [6]. Ayuntamiento de Valencia (2021). Guía Básica para el Diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en la Ciudad de Valencia. Ciclo Integral del Agua.
- [7]. Ayuntamiento de Denia. Departamento de urbanismo.
- [8]. Orden de 9 de junio de 2004, de la Conselleria de Territorio y Vivienda en materia de accesibilidad en el medio urbano. Orden VIV/561/2010.
- [9]. www.aemet.es
- [10]. www.cnig.es
- [11]. Chow, V.;D.R. MAIDMENT y L.W. MAYS.(1994) – Hidrología Aplicada. Mc GrawHill, 580.
- [12]. FERRER, F.J. (1993).- Recomendaciones para el Cálculo Hidrometeorológico de Avenidas. CEDEX, Ministerio de Obras Públicas, Madrid,75pp.
- [13]. Salas, L. y J. A. Fernández (2006).- Nueva metodología para el análisis de la variable Intensidad Máxima Anual de Precipitación. Ecología, nº 20 : 435-444
- [14]. Salas, L.; L. Carrero, y J. A. Fernández (2007).- MAXIN: aplicación GIS para la estimación de leyes IDF en la España Peninsular. Ingeniería Civil Nº 146 Abril-Mayo
- [15]. Salas, L. y L. Carrero (2011).- Estimación de leyes IDF en la España peninsular mediante la aplicación MAXIN. Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 32: 145-151