



UNIVERSIDAD DE OVIEDO

ESCUELA POLITÉCNICA DE MIERES

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y
PUERTOS**

**DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN E INGENIERÍA DE FABRICACIÓN
AREA DE INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**

TRABAJO FIN DE MÁSTER

ESTUDIO DE IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE EN EL PARQUE FLUVIAL DE VIESQUES, GIJÓN

AUTOR: Andrea Fernández Fernández

TUTOR: Luis Ángel Sañudo Fontaneda

COTUTOR: Felipe Pedro Álvarez Rabanal

SEPTIEMBRE, 2020

Todo camino empieza con un sueño...

RESUMEN

Este Trabajo Fin de Máster (TFM) tiene por objetivo la búsqueda de una solución a los problemas de inundaciones acaecidos en el Parque Fluvial de Viesques mediante la implantación de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS).

El primer paso se corresponde con el análisis de las guías técnicas, manuales y normativas relativas a la gestión de la escorrentía, así como las diferentes tipologías existentes en la actualidad.

Posteriormente, se proponen 3 alternativas, conformadas todas ellas por diferentes SUDS, para gestionar de dicha forma las escorrentías superficiales del entorno. La primera estará formada por una serie de drenes en forma de espina de pez que llegan a un estanque de retención. La segunda se corresponde con la implantación de una serie de cunetas verdes en conjunto con tres estanques de detención. La alternativa 3 por su parte se corresponde con la sustitución de los caminos del parque por zanjas de infiltración.

En tercer lugar, se evalúan las citadas alternativas apoyándose en un DAFO y un análisis multicriterio, que consideran los siguientes parámetros (valor ambiental e impacto paisajístico, viabilidad técnica, superficie potencial de captación de aguas, capacidad de almacenamiento de los sistemas empleados, nivel de tratamiento alcanzado, economía y nuevos servicios para el parque), obteniéndose como la más adecuada la alternativa que se corresponde con la implantación de cunetas verdes y estanques de detención.

Por último, se realizan tanto una planificación, como una valoración económica para la implantación de la alternativa seleccionada.

ABSTRACT

This Master's Final Dissertation (MFD) aims to find a solution for the flooding problems occurring in the Viesques River Park through the implementation of Sustainable Drainage Systems (SuDS).

The first step concerns to the analysis of technical guides, manuals, and regulations relating to the management of water runoff, as well as the various SuDS techniques currently available.

Subsequently, three alternatives are proposed, which are comprised of different SuDS, in order to manage the surface runoff from the surrounding environment. The first one will be formed by a series of filter drains following a herringbone desing that drain off to a retention pond. The second corresponds to the implementation of a series of green swales in conjunction with three retention ponds; whilst the third alternative concerns to the substitution of park's roads by infiltration trenches.

Thirdly, the different alternatives proposed are evaluated using SWOT and multi-criteria analyses as support tools, which consider the following parameters: environmental value and landscape impact, technical viability, potential surface in water catchment areas, storage capacity of the systems used, level of treatment achieved, economy and new services for the park. The most suitable alternative according to the analyses undertaken resulted the one including the series of swales and retention ponds.

Finally, both the planning for the activities carried out in the project and the economic valuation for the resulting alternative are presented.

ÍNDICE GENERAL

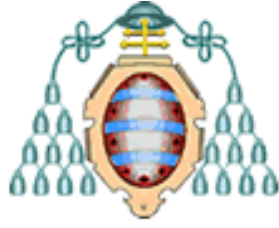
Documento I. Memoria

 Anejo I. Cálculos

 Anejo II. Fichas técnicas

Documento II. Planos

Documento III. Presupuesto



UNIVERSIDAD DE OVIEDO

ESCUELA POLITÉCNICA DE MIERES

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y
PUERTOS**

**DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN E INGENIERIA DE FABRICACIÓN
ÁREA DE INGENIERIA DE LA CONSTRUCCIÓN**

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**ESTUDIO DE IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS
URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE EN EL
PARQUE FLUVIAL DE VIESQUES, GIJÓN**

MEMORIA

AUTOR: Andrea Fernández Fernández

ÍNDICE

1	Introducción	1
1.1	Descripción del entorno	1
1.2	Descripción del problema	3
1.2.1	Evolución histórica	3
1.2.2	Análisis de la problemática	5
1.3	Objeto y alcance	8
1.4	Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible	9
1.4.1	Definición y objetivos	9
1.4.2	Ventajas e inconvenientes de los SUDS	10
1.4.3	Principios de gobernanza	10
1.4.4	Clasificación de los SUDS.....	11
1.5	Trenes o cadenas de tratamiento	25
1.6	Condicionantes para el diseño y la implantación de SUDS	26
1.6.1	Tipo de actuación	26
1.6.2	Características del lugar	26
1.7	Experiencias previas	33
1.7.1	Nacionales	33
1.7.2	Internacionales.....	39
1.8	Legislación y normativa	42
1.8.1	Legislación general	42
1.8.2	Legislación particular.....	42
1.8.3	Pluviometría y drenaje	42
1.8.4	Edificación	42
1.8.5	Instalaciones eléctricas	42
1.8.6	Alumbrado.....	42
1.8.7	Medio ambiente.....	42
1.8.8	Red Natura 2000	43
1.8.9	Seguridad y salud	44
1.8.10	Residuos de demolición y construcción	44

1.8.11	Legislación específica en materia de SUDS	44
2	Materiales y métodos	46
2.1	Análisis DAFO	46
2.1.1	Debilidades.....	46
2.1.2	Amenazas	46
2.1.3	Fortalezas	46
2.1.4	Oportunidades	47
2.2	Interpretación del DAFO	48
2.3	Análisis multicriterio.....	49
2.3.1	Estudio de zonas dentro del Parque Fluvial	49
2.3.2	Parámetros.....	50
3	Estudio de alternativas.....	52
3.1	Alternativas propuestas	52
3.1.1	Alternativa 1	53
3.1.2	Alternativa 2	58
3.1.3	Alternativa 3	62
3.2	Valoración de alternativas.....	66
3.2.1	Valor ambiental y paisajístico.....	66
3.2.2	Viabilidad técnica	66
3.2.3	Superficie potencial de captación de aguas	67
3.2.4	Capacidad de almacenamiento de los sistemas empleados.....	67
3.2.5	Nivel de tratamiento alcanzado	68
3.2.6	Economía.....	68
3.2.7	Nuevos servicios para el parque	69
3.2.8	Tablas de valoración.....	70
3.2.9	Alternativa elegida	71
4	Valoración económica y planificación del estudio técnico	74
4.1	Informática	74
4.2	Personal.....	75
4.3	Gastos generales	75
4.4	Valoración económica del proyecto.....	75



4.5	Planificación	76
5	Conclusiones.....	77
	Bibliografía	78

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Imágenes de las frecuentes inundaciones en el Parque Fluvial de Viesques.....	1
Ilustración 2. Mapa de situación.	2
Ilustración 3. Zona Parque Fluvial.	2
Ilustración 4. Ortofoto del entorno año 2001.....	3
Ilustración 5. Ortofoto del entorno año 2003.....	4
Ilustración 6. Ortofoto del entorno año 2006.....	4
Ilustración 7. Ortofoto del entorno año 2011.....	5
Ilustración 8. Ortofoto del entorno actualidad.....	5
Ilustración 9. Arroyo de la Braña.....	6
Ilustración 10. Mapa de Peligrosidad y Riesgo de Inundaciones del Parque.....	7
Ilustración 11. Clasificación de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible.....	11
Ilustración 12. Ejemplo de aplicación de pavimento permeable en zona de aparcamiento.....	13
Ilustración 13. Ejemplo de aplicación de pozos y zanjas de infiltración.	15
Ilustración 14. Ejemplo de aplicación de depósito de infiltración en el entorno del Wanda Metropolitano de Madrid.	16
Ilustración 15. Ejemplo de aplicación de dren filtrante en el entorno de Madrid Río.....	18
Ilustración 16. Ejemplo de aplicación de cunetas verdes vegetadas (izquierda) y no vegetadas (derecha).	19
Ilustración 17. Ejemplo de aplicación de franja filtrante.	20
Ilustración 18. Ejemplo de aplicación de depósito de detención.	22
Ilustración 19. Ejemplo de aplicación de estanques de retención.....	23
Ilustración 20. Ejemplo de aplicación de humedal artificial.	24
Ilustración 21. Ejemplo trenes o cadenas de tratamiento.....	25
Ilustración 22. Situación I del Parque Fluvial, Viesques.....	26
Ilustración 23. Situación II del Parque Fluvial, Viesques.	27
Ilustración 24. Curvas de nivel del parque.	27
Ilustración 25. Orografía del entorno del Parque Fluvial.....	28
Ilustración 26. Mapa de clasificación de Köppen-Geiger para la Península Ibérica e Islas Baleares.	29
Ilustración 27. Serie de precipitaciones históricas del municipio de Gijón.....	29
Ilustración 28. Mapa geológico de España a escala 1:50.000 (Gijón).	31

Ilustración 29. Factores clave en el diseño de SUDS.....	32
Ilustración 30. Conjunto de actuaciones llevadas a cabo en el entorno de Benaguasil, Valencia.	34
Ilustración 31. Conjunto de actuaciones llevadas a cabo en Vitoria-Gasteiz.....	35
Ilustración 32. Conjunto de actuaciones llevadas a cabo en el entorno del Wanda Metropolitano.	36
Ilustración 33. Conjunto de actuaciones llevadas a cabo en Sant Boi.	37
Ilustración 34. Conjunto de actuaciones llevadas a cabo en el Parque de las Llamas, Santander.	38
Ilustración 35. Conjunto de actuaciones II llevadas a cabo en el Parque de las Llamas, Santander.	38
Ilustración 36. Conjunto de actuaciones llevadas a cabo en el entorno del parque.	39
Ilustración 37. Conjunto de actuaciones II llevadas a cabo en el entorno del parque.	39
Ilustración 38. Conjunto de actuaciones llevadas a cabo en Portland.....	40
Ilustración 39. Conjunto de actuaciones II llevadas a cabo en Portland.....	40
Ilustración 40. Humedal artificial en la ciudad de Arcata.	41
Ilustración 41. Humedal artificial en la ciudad de Arcata II.	41
Ilustración 42. Zonas Red Natura 2000.	43
Ilustración 43. Análisis DAFO.....	47
Ilustración 44. Diferenciación de zonas dentro del Parque Fluvial.....	49
Ilustración 45. Distribución de usos del parque.....	50
Ilustración 46. Zona propuesta para actuación.....	52
Ilustración 47. Disposición alternativa 1.	53
Ilustración 48. Diseño hidráulico alternativa 1.	54
Ilustración 49. Superficie de contribución alternativa 1.	55
Ilustración 50. Disposición alternativa 2.	58
Ilustración 51. Diseño hidráulico alternativa 2.	59
Ilustración 52. Superficie de contribución alternativa 2.	60
Ilustración 53. Disposición alternativa 3.	62
Ilustración 54. Diseño hidráulico alternativa 3.	63
Ilustración 55. Superficie de contribución alternativa 2.	64
Ilustración 56. Sección tipo cunetas verdes.....	71



Ilustración 57. Sección tipo estanques de detención.....	72
Ilustración 58. Diagrama de Gantt correspondiente a la alternativa seleccionada.....	73
Ilustración 59. Diagrama de Gantt correspondiente a la redacción del estudio técnico.....	76



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Mantenimiento del estanque de retención.	56
Tabla 2. Mantenimiento de los drenes filtrantes.....	57
Tabla 3. Mantenimiento de las cunetas vegetadas.....	61
Tabla 4. Mantenimiento estanques de detención.	61
Tabla 5. Mantenimiento de zanjas de infiltración.....	65
Tabla 6. Análisis multicriterio.....	70
Tabla 7. Análisis multicriterio ponderado.....	70
Tabla 8. Valores de permeabilidad de los estanques de detención propuestos.	72
Tabla 9. Resumen del presupuesto de implantación de la alternativa.....	73
Tabla 10. Estimación económica hardware.	74
Tabla 11. Estimación económica software.....	74
Tabla 12. Estimación económica personal.....	75
Tabla 13. Valoración económica proyecto.....	75

1 Introducción

La redacción del siguiente documento surge como necesidad de solventar la problemática existente en el Parque Fluvial de Viesques, en Gijón, donde las lluvias habituales en su entorno provocan grandes inundaciones, las cuales generan malestar dentro de la población.



Ilustración 1. Imágenes de las frecuentes inundaciones en el Parque Fluvial de Viesques.

Fuente: [El Comercio, 2019](#).

1.1 Descripción del entorno

El Parque Fluvial está ubicado en Viesques, zona Este del municipio de Gijón, Asturias. Se trata del barrio con mayor crecimiento de población en el año 2019, con 2850 nuevos empadronamientos, contando en la actualidad con 5958 vecinos (Ayuntamiento de Gijón. n.d.).

Este parque, inaugurado en el año 2007 cuenta con alrededor de 28 Ha, convirtiéndolo en el más grande dentro de la propia Comunidad Autónoma.

A su vez, cuenta con 10 áreas de juego, con pistas mixtas para la práctica de diferentes deportes y otras actividades como ping-pong y fútbolín, además de una senda fluvial de 19,3 km, que posibilita el tránsito peatonal desde la Playa de San Lorenzo hasta la vía verde de Rocés-La Camocha.



Ilustración 2. Mapa de situación.

Fuente: Elaboración propia a partir de QGIS.



Ilustración 3. Zona Parque Fluvial.

Fuente: [La Nueva España, 2019.](#)

1.2 Descripción del problema

En este punto, se analizarán las posibles causas del problema que afecta al entorno del parque fluvial.

En primer lugar, nos encontramos ante un aumento, tanto de la población como de la superficie edificada en los últimos años, lo cual ha provocado un cambio en los usos del suelo. En las siguientes imágenes se puede comprobar la evolución histórica que ha sufrido el entorno, apoyándose en ortofotos.

1.2.1 Evolución histórica

En las siguientes imágenes extraídas de *Google Earth*, se muestra la evolución que ha sufrido la zona desde el año 2001 hasta la actualidad, pudiendo observarse grandes cambios en algunos de los suelos que conforman el entorno.

En el año 2001 se puede apreciar un gran efecto urbanizador en el entorno, donde muchos de los solares estaban en proceso de construcción.



Ilustración 4. Ortofoto del entorno año 2001.

Fuente: Google Earth

En el año 2003, se puede ver como el proceso urbanizador evoluciona. Sin embargo, la zona que posteriormente conformará el parque estaba constituida por terrenos de carácter rural.



Ilustración 5. Ortofoto del entorno año 2003.

Fuente: Google Earth

En la ilustración correspondiente al año 2006 puede comprobarse como se estaban llevando a cabo los distintos trabajos de creación del parque.



Ilustración 6. Ortofoto del entorno año 2006.

Fuente: Google Earth

En el año 2011 Ilustración 7, se pueden ver unas actuaciones más detalladas sobre el propio parque, manteniéndose las mismas hasta la actualidad Ilustración 8.



Ilustración 7. Ortofoto del entorno año 2011.

Fuente: Google Earth



Ilustración 8. Ortofoto del entorno actualidad.

Fuente: Google Earth

Se puede comprobar por tanto como el entorno del parque fluvial ha sufrido grandes modificaciones a lo largo de los últimos 20 años.

1.2.2 Análisis de la problemática

Si bien una de las causas tradicionales de este tipo de problemas acostumbra a ser el aumento de las superficies impermeables del entorno, que genera un aumento de las escorrentías, se

considera que en este caso no es una de las causas principales, ya que las inundaciones están motivadas por la baja permeabilidad de los terrenos donde se ubica el Parque Fluvial y la situación del nivel freático con respecto a la superficie, encontrándose el mismo muy cercano a ésta. Los motivos citados anteriormente, unidos a un cambio en el uso del suelo debido al desarrollo urbanístico del entorno del parque, conllevan a que las inundaciones que siempre tuvieron lugar en los terrenos que conforman el parque ahora adquieran relevante importancia. Cabe destacar que el desarrollo urbanístico que se produce en la zona convierte al Parque Fluvial en el mayor parque dentro del Principado de Asturias.

La aplicación de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible, si bien está fomentada en un primer momento por la necesidad de tratar los problemas de las inundaciones, que no se solventaron mediante sistemas convencionales (Presedo 2012, 2014), también buscará la mejora de la funcionalidad del parque, así como la mitigación de los efectos del cambio climático, y un aumento significativo de la biodiversidad.

Por otro lado, la presencia del Arroyo de la Braña sirve como un elemento de protección del Parque Fluvial frente a la escorrentía superficial generada en la zona urbanizada, interceptando la misma y evitando que llegue a las zonas con riesgo potencial de inundación.



Ilustración 9. Arroyo de la Braña.

Fuente: Elaboración propia.

Las citadas inundaciones son frecuentes en los periodos de lluvias, tal y como recoge la Confederación Hidrográfica del Cantábrico en los mapas sobre Peligrosidad y riesgo de inundaciones elaborados por la misma en febrero de 2014 (Confederación Hidrográfica del Cantábrico 2014).

En ellos se clasifica el entorno del parque de la siguiente manera:

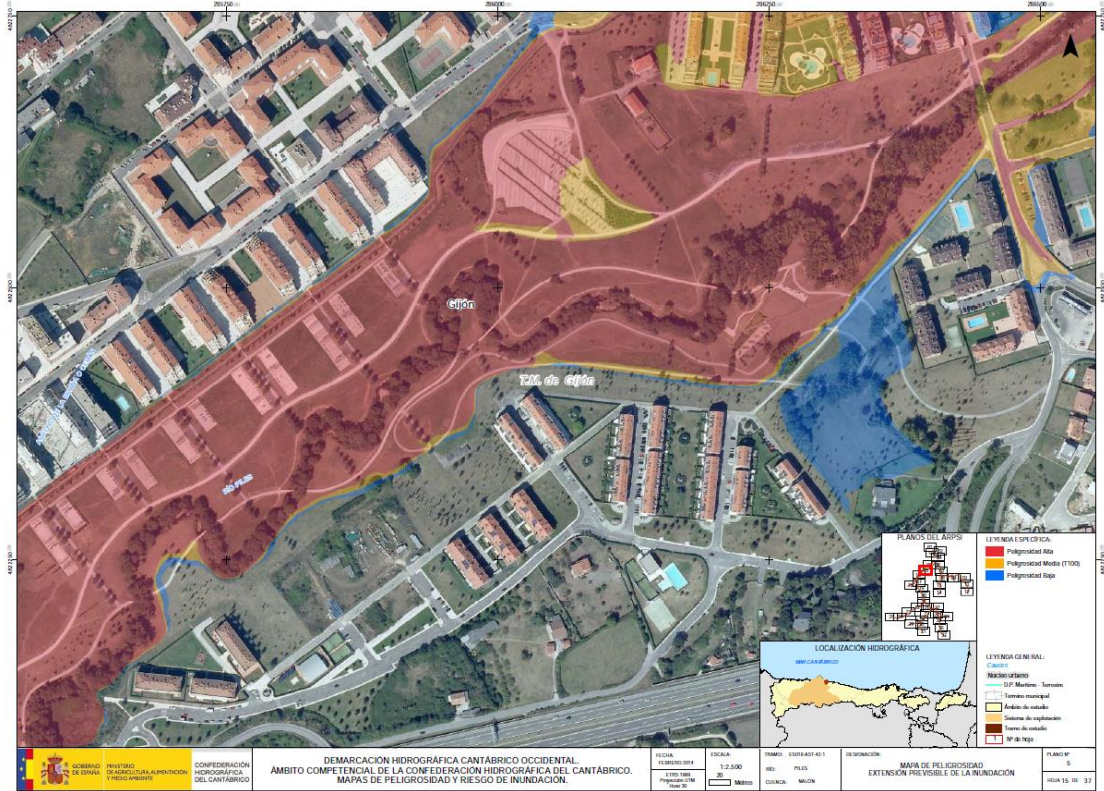


Ilustración 10. Mapa de Peligrosidad y Riesgo de Inundaciones del Parque.

Fuente: [Confederación Hidrográfica del Cantábrico](#)

Como se refleja en la ilustración 10, la práctica totalidad del parque está clasificada con riesgo de inundación alto.

Para más detalle del mapa de peligrosidad se podrá consultar el Plano N°4 del Documento de Planos.



1.3 Objeto y alcance

El objetivo fundamental que se busca con la redacción de este estudio técnico es solventar la problemática anteriormente descrita mediante el empleo de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), siendo necesario para ello la búsqueda de alternativas, así como la realización de un análisis multicriterio para la valoración de estas y elección de la más adecuada en cuanto a criterios técnicos y económicos se refiere. Dentro de este estudio técnico se realizará un predimensionamiento de las alternativas, ya que para realizar un dimensionamiento más detallado sería necesario disponer de datos más precisos, adquiriendo entonces la categoría de proyecto constructivo.

Por otro lado, la implantación de técnicas de drenaje sostenible podrá contribuir a una mejora significativa en diversos ámbitos, destacando la reducción del agua pluvial que se trata en las EDAR (Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales), ya que la misma se somete a un tratamiento previo por parte de los SUDS, generalmente dispuestos en cadena (trenes de tratamiento).

También tienen impacto sobre la gestión en origen de la escorrentía, conllevando a minimizar las inundaciones y las descargas de los sistemas unitarios cuando se reflejan dichos escenarios. Por último, con la implantación de SUDS sería posible la retención y tratamiento de los contaminantes arrastrados en la escorrentía superficial, además de preservar las condiciones naturales de los lugares donde se utilicen, permitiendo revalorizar y/o recuperar áreas urbanas, mejorando su desarrollo estético.

En conclusión, las técnicas de drenaje sostenible, si bien son aplicadas desde hace más de 20 años, hoy en día destacan con más fuerza, contribuyendo al aumento de resiliencia frente al cambio climático, reducción del consumo energético y reducción del efecto isla de calor en las ciudades, siendo detallados dichos aspectos en puntos siguientes.



1.4 Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible

1.4.1 Definición y objetivos

Los SUDS son un conjunto de técnicas enmarcadas en una filosofía de desarrollo urbano sostenible, que tratan de laminar la avenida del agua de lluvia y retener los contaminantes arrastrados en ella, además de preservar las condiciones naturales de los lugares donde se implantan, permitiendo revalorizar y/o recuperar áreas urbanas mejorando su desarrollo estético (Sañudo-Fontaneda 2014).

Dichas técnicas sostenibles se conocen con distintos nombres en función del país de aplicación, empleándose el término LID (Low Impact Development) en EE. UU., MPC (Mejores Prácticas de Control) en Latinoamérica, WSUD (Water Sensitive Urban Drainage System) en Australia o LIUDD (Low Impact Urban Design and Development) en Nueva Zelanda, empleándose en Reino Unido la misma terminología que en España (Fletcher et al. 2015).

Este tipo de técnicas se basan en la aplicación de un gran abanico de soluciones basadas en la naturaleza, pudiendo utilizarse de forma independiente a los sistemas de drenaje convencional, o bien funcionando de manera conjunta con los anteriores.

Los principales objetivos derivados de la aplicación de este tipo de técnicas son los siguientes (Victorian Stormwater Committee 1999):

- Mejorar el paisaje de las ciudades conformando cursos y/o láminas de agua en el entorno y creando espacios verdes.
- Gestionar la calidad de la escorrentía superficial que se origina en ámbitos urbanos.
- Controlar los volúmenes de escorrentía, con la consiguiente reducción de los caudales punta procedentes de áreas impermeables.
- Reducción del coste de las infraestructuras de drenaje, al mismo tiempo que originan una revalorización del entorno donde vayan a ser empleados.
- Protección y/o recuperación de áreas naturales.
- Mejora del ciclo del agua en ámbitos urbanos.



1.4.2 Ventajas e inconvenientes de los SUDS

En este punto se citarán tanto las ventajas como los inconvenientes que surgen con la implantación de SUDS (Sañudo-Fontaneda 2014).

De manera general, las principales ventajas de los SUDS son las que siguen:

- Protección y mejora de la calidad del agua y la biodiversidad.
- Mantener y restaurar el flujo natural del agua.
- Protección frente a vertidos de carácter accidental.
- Protección frente a pérdidas económicas o ambientales.
- Enriquecimiento del valor de la ciudad por criterios estéticos o ambientales.
- Permiten la recarga de acuíferos.

Existiendo también una serie de inconvenientes que han de ser citados:

- Falta de conocimiento o experiencia tanto a la hora de diseñar, como a la hora de ejecutar.
- Pensamiento dirigido hacia técnicas convencionales.
- Necesidad de un mantenimiento concreto.
- Existencia de malas experiencias debido a los puntos anteriores.

1.4.3 Principios de gobernanza

Por otra parte, con la aplicación de SUDS es posible alcanzar los siguientes principios de gobernanza que se recogen en las legislaciones española y europea:

- Mejora del estado de las masas de agua.
- Protección frente a inundaciones y sequías.
- Adaptación y mitigación al impacto de cambio climático.
- Reducción del consumo energético en el ciclo urbano del agua, a partir del aprovechamiento del agua de lluvia en usos de agua no potable, reducción del volumen de escorrentía a plantas de tratamiento, o menores bombeos.
- Provisión de servicios ecosistémicos, la conectividad y la restauración ecológicas para la conservación de la biodiversidad.
- Refuerzo de los valores del agua y de los espacios verdes dedicados a la ciudadanía, mejorando el espacio urbano, y creando ciudades más resilientes (Perales Momparler et al. 2019).

En uno de los puntos anteriores se refleja el término de ciudad resiliente, ya que debido a las consecuencias del cambio climático y apoyándose en estudios realizados, en los últimos años se ha incrementado hasta en 4 veces, tanto la ocurrencia, como la severidad de las inundaciones, siendo por tanto necesario que las ciudades comiencen a adaptarse de manera gradual a los fenómenos que aparecen, consecuencia del cambio climático.

1.4.4 Clasificación de los SUDS

En este punto se pasará a describir los tipos de SUDS existentes, así como las recomendaciones de utilización de cada tipo. Cabe destacar que se podrá acudir al Anejo II Fichas Técnicas en el que se recogerá de forma detallada la información correspondiente a los tipos de SUDS.



Ilustración 11. Clasificación de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible.

Fuente: Elaboración propia a partir de “CIRIA SUDS Manual 2015”.

Apoyándose en el esquema anterior, se desarrolla la siguiente clasificación:

1.4.4.1 Sistemas de gestión

Los sistemas de gestión se basan en una serie de actividades de carácter preventivo, que incluyen la formación, concienciación y publicidad, orientadas todas ellas a la ciudadanía, para evitar los posibles problemas derivados de la escorrentía superficial.

Para una adecuada formación, concienciación y publicidad entre la ciudadanía, será necesario el empleo de una serie de herramientas o medidas, definidas como “no estructurales” (actuaciones que no contemplan ningún elemento constructivo), entre las que destacan ordenanzas sobre medio ambiente, licencias e instrumentos de control, acceso libre a la información y difusión de ésta, instrumentos de protección del medio ambiente, así como multas y sanciones por incumplir alguna de las anteriores.



1.4.4.2 Sistemas constructivos

Los sistemas constructivos son aquellos que emplean una serie de medidas “estructurales” (actuaciones que contemplan algún elemento constructivo) para una eficiente gestión de la escorrentía superficial. Dentro de éstos se encuentran los sistemas de infiltración y control en origen (superficies permeables, pozos y zanjas de infiltración y depósitos de infiltración), los sistemas de captación y transporte (drenes filtrantes, cunetas verdes y franjas filtrantes), y los sistemas de tratamiento pasivo y almacenamiento (depósitos de detención, estanques de retención y humedales artificiales).

En este punto se pasará a describir cada uno de los tipos de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible de carácter constructivo.

1.4.4.2.1 *Sistemas de infiltración y control en origen*

Estos sistemas consisten en elementos constructivos cuya misión principal es la captación e infiltración del agua de lluvia en el terreno. Mediante el empleo de estos sistemas se evita una escorrentía superficial excesiva, fruto en general del aumento de las superficies impermeables en las ciudades. Para una correcta implementación de estos sistemas, es de vital importancia la elaboración de estudios geotécnicos e hidrológicos exhaustivos del suelo, que permitan una caracterización de este (tipo de suelo, permeabilidad, cota del nivel freático o afección del agua infiltrada).

Superficies permeables

Se entiende por superficie permeable, aquella que permite la filtración del agua a través de ella. En caso de que las mismas sean resistentes al tráfico rodado, pueden denominarse pavimentos permeables y, si además todas las capas de la sección permiten el paso del agua, se denominan firmes permeables, empleándose generalmente en aparcamientos.

Por otro lado, las superficies permeables que no tienen una misión resistente suelen utilizarse en paseos, parques, aceras o cubiertas verdes.

Un firme o pavimento permeable estará formado de arriba-abajo por una superficie permeable, una base y geotextil y una sub-base.

La superficie permeable puede ser césped o grava con refuerzos, adoquines con ranuras o porosos, mezcla bituminosa porosa u hormigón poroso.

La base estará conformada por una capa granular con partículas con un diámetro de 4-6 mm sobre la que se situará un geotextil que actuará de separación y filtración.

En cuando a la sub-base, se compondrá de una capa granular con partículas de diámetro 20-40 mm y estructuras de plástico en las que se almacenará el agua infiltrada para su posterior utilización.



Ilustración 12. Ejemplo de aplicación de pavimento permeable en zona de aparcamiento.

Fuente: [Pinterest](#)



Con el empleo de superficies permeables se obtienen diversas ventajas, entre las que destacan las siguientes:

- Reducción de los volúmenes de escorrentía superficial.
- Reducción del porcentaje de superficie impermeable.
- Aumento del tiempo de concentración gracias a la laminación que proporciona el paso del agua por las distintas capas.
- Mejora de la calidad del agua que se produce cuando el agua atraviesa la superficie permeable, que actúa comúnmente como un filtro.
- Utilización complementaria con otros SUDS, lo que posibilita un aumento en la eficacia del proceso.

También es necesario definir una serie de desventajas:

- Limitación de aplicación en zonas con tráfico elevado o con velocidades de circulación elevadas, ya que no existen guías o normativa específica para la implementación de este tipo de sistemas.
- Riesgo de colmatación de la superficie debido a sedimentos arrastrados por el viento o la escorrentía, haciendo que la misma se comience a funcionar como una superficie impermeable, perdiendo así su función primordial.
- Riesgo de fallo estructural por someter la superficie a un peso demasiado elevado.

Para evitar cualquiera de los problemas anteriores, será necesario un diseño, construcción y mantenimiento adecuados.

Pozos y zanjas de infiltración

Este tipo de sistemas se basan en perforaciones y trincheras de profundidad media que se rellenan con material drenante con un alto porcentaje de huecos, de tal forma que facilite el paso de agua a través de ellos. Este material drenante se suele envolver y cubrir por elementos permeables, comúnmente conocidos como geotextiles. Este tipo de sistemas se asemejan a depósitos enterrados que recogen y almacenan el agua de lluvia, bien para su posterior infiltración al terreno que los rodea, o bien para su utilización en sistemas de riego.

Las zanjas de infiltración son más estrechas y menos profundas que los pozos y son más eficaces desde el punto de vista constructivo.

En cuanto a las ventajas de este tipo de sistemas destacan:

- Reducción de volúmenes de escorrentía superficial.
- Aumento de volúmenes de agua subterránea.
- Mejora de la calidad del agua que se produce cuando el agua atraviesa el material drenante, que actúa comúnmente como un filtro.
- Adaptación a cualquier ubicación, ya que además de necesitar poco espacio para su implementación, son fáciles de construir.
- La implementación de este tipo de sistemas no supone gran impacto paisajístico, ya que se adaptan fácilmente al entorno donde se ubican.

Por otro lado, también destacan ciertos inconvenientes:

- Pueden producirse problemas de colmatación y bloqueo, debido al arrastre de sedimentos del propio suelo en el que se realiza la actuación.
- En cuanto a la colmatación del geotextil, ésta se suele producir debido al arrastre de sedimentos del terreno, que taponan los poros que conforman el mismo, convirtiendo su superficie en impermeable e imposibilitando el paso de agua.
- Puede ser que se requieran excavaciones importantes, debidas a la existencia de un gran volumen de agua que es necesario filtrar y almacenar para su posterior utilización.



Ilustración 13. Ejemplo de aplicación de pozos y zanjas de infiltración.

Fuente: [Pinterest](#)

Depósitos de infiltración

Este tipo de sistemas cuentan con dos tipos de almacenamiento, superficial y subterráneo respectivamente. El primer tipo se basa en superficies permeables deprimidas que funcionan como embalses superficiales en los que se va acumulando el agua de lluvia para su posterior infiltración al terreno. Por su parte, el almacenamiento subterráneo se produce por medio de estructuras reticulares que recogen la escorrentía y la infiltran, o la liberan lentamente al subsuelo.

Cabe destacar que el volumen de agua almacenado por estos sistemas es mayor que en el caso de las zanjas y los pozos de infiltración, dado que permiten la situación de la lámina de agua por encima del terreno.

En cuanto a las ventajas de este tipo de sistemas destacan:

- Posibilidad de utilización tanto en origen, como en final de tren o cadena de tratamiento.
- Posibilidad de localizar inundaciones.
- Favorece la presencia de ciertos hábitats y especies, es decir, un aumento de la biodiversidad.
- Por su capacidad de almacenar agua de carácter subterráneas, es un sistema muy adecuado para la alimentación de acuíferos y el mantenimiento de los caudales base.
- Reducción del flujo punta, así como limitación de la erosión.

Por otra parte, de estos sistemas también pueden extraerse una serie de desventajas:

- Se trata de sistemas que no se adaptan a cualquier ubicación, ya que requieren de elevado espacio para su implantación. Es por ello, que no son adecuados para la gestión de grandes cuencas.
- Pueden llegar a producirse colmatación del geotextil, por un arrastre elevado de sedimentos.
- Pueden desencadenar problemas tanto por diseños y ejecuciones inadecuadas, como por una falta de mantenimiento.

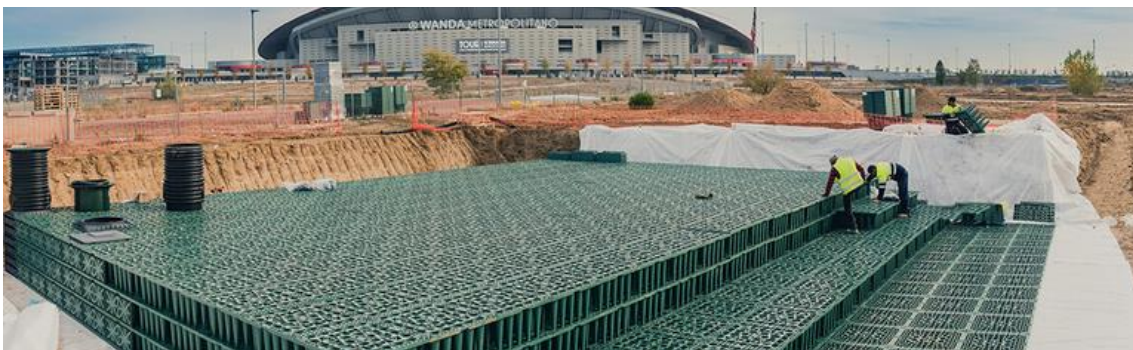


Ilustración 14. Ejemplo de aplicación de depósito de infiltración en el entorno del Wanda Metropolitano de Madrid.

Fuente: [Graf aqua](#)



1.4.4.2.2 Sistemas de captación y transporte

Estos sistemas tienen como objetivo fundamental la captación y el transporte controlado del agua de lluvia hacia otros SUDS, o bien hacia los puntos de vertido correspondientes. Estos sistemas se caracterizan por permitir la aparición de procesos naturales a lo largo del trayecto, tales como la oxigenación, almacenamiento, infiltración y evaporación, los cuales facilitan la laminación de las aguas pluviales, además de mejorar la calidad de éstas.

Drenes filtrantes

Estos sistemas son conocidos comúnmente como “drenes franceses” y se tratan de zanjas lineales, continuas y revestidas con un geotextil para evitar la entrada de finos al interior del dren. El agua de lluvia cae en una superficie impermeable, que por su propia pendiente la conduce al material drenante y, por ende, al interior del dren. Los contaminantes arrastrados se eliminan mediante ciertos procesos (adsorción, filtrado o degradación biológica), debidos principalmente al material de relleno de los drenes.

Este tipo de sistemas destaca por una serie de ventajas como son:

- Reducción del flujo punta y limitación de la erosión.
- Sistema barato tanto a nivel constructivo y de mantenimiento.
- Adaptación a cualquier ubicación, ya que además de necesitar poco espacio para su implementación, son fáciles de construir.
- La implementación de este tipo de sistemas no supone gran impacto paisajístico, ya que se adaptan fácilmente al entorno donde se ubican.
- Los riesgos que implica para la salud humana son mínimos.

También es necesario hablar de los inconvenientes derivados de este tipo de sistemas:

- Al tratarse de un sistema de transporte, el tratamiento biológico se encuentra un poco limitado.
- Los problemas que pudiesen aparecer por debajo de la superficie del terreno no son fácilmente detectables, pudiendo derivar en problemas acusados de contaminación si los mismos no se detectan a tiempo.
- Sistemas no recomendables en lugares con niveles freáticos altos, siendo recomendable que la distancia mínima entre el dren y el nivel freático sea de 1,5 metros.
- Mantenimiento periódico atendiendo a limpiezas e inspecciones que eviten posibles obstrucciones.

Cabe destacar que este tipo de sistemas se asemeja mucho a las zanjas de infiltración, pero la misión de éstos no es la de infiltrar agua, como en el caso de las zanjas, sino la de captar y transportar el agua hacia otro sistema.



Ilustración 15. Ejemplo de aplicación de dren filtrante en el entorno de Madrid Río.

Fuente: (Perales Momparler and Calcerrada Romero 2018).

Cunetas verdes

Las cunetas verdes se pueden definir como canales de poca profundidad que funcionan como cauces naturalizados que se encargan de captar y conducir el agua de lluvia de forma lenta y controlada, posibilitando así la oxigenación y retención de esta. La implementación de este tipo de sistemas consigue sustituir a las cunetas de hormigón o a los cauces naturales degradados por las actuaciones humanas, recuperando así áreas urbanas y mejorando su desarrollo estético.

A su vez, las cunetas verdes se clasifican en cunetas verdes con césped (*grass swales*) y cunetas verdes vegetadas (*vegetative swales or bioswales*).

Este tipo de sistemas destacan por una serie de ventajas:

- Son sistemas económicos, tanto a la hora de construirlos como a la hora de realizar los mantenimientos periódicos.
- Favorecen la revalorización y/o recuperación de áreas urbanas, ya que funcionan como elementos integradores de la naturaleza en el entorno urbano.
- Requieren un mantenimiento periódico, pero nunca la sustitución, como ocurre con los sistemas de drenaje de carácter convencional, que cuando dejan de cumplir su función han de ser reemplazados.

Los inconvenientes de este tipo de sistemas son los siguientes:

- Al tratarse de un sistema que conduce el flujo de agua de manera lenta y controlada, es necesario que el diseño sea eficiente, para evitar así posibles riesgos de inundación.
- Las cunetas verdes vegetadas son menos eficientes que las cunetas verdes con césped en cuanto a la eliminación de contaminantes.
- El área que tratan estos sistemas es limitada.
- Las pendientes de diseño han de ser adecuadas para funcionar de forma eficiente.
- Requieren de una planificación y aceptación por parte de todos los participantes.



Ilustración 16. Ejemplo de aplicación de cunetas verdes vegetadas (izquierda) y no vegetadas (derecha).

Fuente: [Pinterest](#)

Franjas filtrantes

Estos sistemas se tratan de superficies vegetadas que, dotadas de una inclinación adecuada, permiten un flujo controlado de la escorrentía superficial. Por otra parte, estos sistemas tienen la capacidad de tratar el agua mediante procesos físicos, químicos y biológicos, además de que la cobertura vegetal actúa como filtro.

A su vez, estos sistemas mejoran su eficiencia con la anchura y densidad de vegetación, es decir, una franja filtrante más ancha y con mayor porcentaje de vegetación será capaz de obtener un grado de filtración y de depuración mayores.

Como ventajas en la utilización de este tipo de sistemas podrían incluirse:

- Gestión controlada de la escorrentía superficial, evitando los posibles riesgos de inundación.
- Mejora de la calidad de agua, ya que la cobertura vegetal actúa como filtro, reteniendo los contaminantes arrastrados en la propia escorrentía superficial.
- Posibilidad de utilización por independiente, o combinadas con otros SUDS.
- Facilidad de diseño y construcción.
- Sistemas capaces de mantener la temperatura del agua recibida, lo que posibilita preservar la vegetación característica de los alrededores, así como el hábitat animal.

También existen una serie de inconvenientes que es necesario citar:

- Por ser sistemas que requieren de cierto espacio, no son adecuados a cualquier ubicación.
- En cuanto al mantenimiento, será necesario realizar inspecciones y revisiones periódicas para evitar perder eficacia de funcionamiento.



Ilustración 17. Ejemplo de aplicación de franja filtrante.

Fuente: [SuD Sostenible](#).



1.4.4.2.3 Sistemas de tratamiento pasivo y almacenamiento

Estos sistemas se ubican al final de la red, posibilitando el almacenamiento y la gestión de grandes volúmenes de agua antes de su vertido al medio receptor, permitiendo un tratamiento eficaz en cuanto a la cantidad y calidad de las aguas se refiere. Por otro lado, también aportar un valor paisajístico importante al entorno donde se ubican.

Depósitos de detención

Estos sistemas son depresiones en superficie naturalizadas que permiten almacenar el agua de lluvia, laminando el flujo de escorrentía y minimizando los posibles riesgos de inundación.

Este tipo de sistemas deben contar con desagües de fondo para facilitar el vaciado del depósito tras un tiempo almacenado en superficie, posibilitando almacenar nuevamente las aguas del siguiente aguacero.

Los depósitos de detención pueden clasificarse en dos tipos, depósitos de detención secos (*dry detention basins*) y depósitos de detención húmedos (*wet detention basins*), siendo adecuados los primeros para el tratamiento cuantitativo y los segundos para el tratamiento cualitativo.

Cuando los depósitos de detención se diseñan para un tratamiento cuantitativo, éstos almacenan el agua durante un cierto periodo de tiempo, y posteriormente la van liberando de forma lenta, una vez no haya riesgo de inundación. Por otro lado, si los depósitos de detención se diseñan para un tratamiento cualitativo, éstos tienen varias misiones, si bien destacan la de sedimentar los sólidos en superficie cuando la lámina de agua alcanza cierto nivel, o bien, y a partir de la vegetación acuática o del terreno, alcanzar procesos de adsorción.

Como ventajas derivadas de la utilización de estos sistemas se encuentran las siguientes:

- Laminación del pico del hidrograma y la energía en el transporte del flujo, minimizando así los problemas de erosión.
- Capacidad elevada de eliminación de sedimentos.
- Posibilidad de ser utilizados como zona de recreo en periodos secos.
- Sirven de espacio verde, como soporte de vegetación y hábitat de cierta fauna.

Por otro lado, como desventajas destacan:

- No adecuados para áreas de drenaje inferiores a 4 Ha.
- Posibilidad de colmatación de los sumideros de salida, debida generalmente a un mantenimiento poco eficaz.
- Molestias entre los vecinos y problemas de salubridad, fruto de la acumulación de basura y la consiguiente aparición de olores, debidos tanto a un diseño o ejecución inadecuados, como por falta de mantenimiento.
- Tienen baja capacidad a la hora de eliminar contaminantes.



Ilustración 18. Ejemplo de aplicación de depósito de detención.

Fuente: [SuD Sostenible](#).

Estanques de retención

Este tipo de sistemas se asemejan a embalses de carácter superficial, poco profundos y con una lámina de agua permanente. Son similares a los depósitos de detención de agua, pero con mayor presencia de vegetación, proporcionando la retención y tratamiento de la escorrentía superficial.

Las misiones fundamentales de la implementación de este tipo de sistemas es el control de las inundaciones, la eliminación de contaminantes, así como la recarga de acuíferos. Además, este tipo de sistemas suelen ubicarse en las zonas con cotas más bajas dentro del entorno urbano, posibilitando así la captación directa de las aguas provenientes de superficies impermeables, o bien la captación indirecta, mediante el empleo de sistemas de alcantarillado convencional.

Como ventajas de este tipo de sistemas destacan:

- Control de las inundaciones y minimización de los procesos de erosión.
- Mejora de la calidad de las aguas, debido fundamentalmente a su función de eliminar contaminantes.

También es necesario definir una serie de inconvenientes:

- No se adaptan a cualquier ubicación, sino que han de colocarse en zonas bajas para la captación de las aguas provenientes de superficies impermeables.
- No son adecuados para su utilización en suelos permeables, siendo necesario en algunos casos impermeabilizar o compactar dicho suelo.
- Pueden implicar riesgos para la salud humana, debido principalmente a problemas de contaminación por debajo de la superficie del terreno, los cuales son difíciles de detectar.
- Requieren cierto espacio, no siendo recomendables en zonas altamente pobladas.
- Requieren de un cierto mantenimiento, destacando tareas de retirada de sedimentos y basuras en superficie, corte de vegetación cuando la misma alcance cierta altura, así como el dragado del fondo del estanque cuando se alcance cierto porcentaje de sedimentos, ya que los mismos podrían obstruir la salida.



Ilustración 19. Ejemplo de aplicación de estanques de retención.

Fuente: [Pinterest](#)

Humedales artificiales

Este tipo de sistemas son áreas de tierra cubiertas de vegetación que pueden estar cubiertas de masa de agua de distintas profundidades, bien de forma temporal, bien de forma permanente. Por otra parte, los humedales pueden ser de carácter natural o artificial, siendo en ambos casos característica la vegetación de zonas pantanosas o húmedas.

Cabe destacar, que únicamente los humedales artificiales están preparados para recibir de forma directa el flujo de escorrentía superficial urbana.

Como ventajas de utilizar este tipo de sistemas destacan:

- Control de las inundaciones y minimización de los procesos de erosión.
- Mejora de la calidad de las aguas debido a los procesos de depuración característicos en estos sistemas.
- Elevada capacidad a la hora de eliminar contaminantes como fósforo, nitrógeno, etc.
- Costes de mantenimiento relativamente bajos.
- Favorecen la revalorización y/o recuperación de áreas urbanas, ya que funcionan como elementos integradores de la naturaleza en el entorno urbano.

También se definirán una serie de inconvenientes:

- Los costes de construcción son elevados, y si el diseño de éstos no es adecuado, puede ocasionar problemas entre la población del lugar.
- Requieren gran espacio en comparación con otros SUDS.
- Mantenimiento específico de la vegetación ante condiciones de flujo muy variables.



Ilustración 20. Ejemplo de aplicación de humedal artificial.

Fuente: [SuD Sostenible](#).

1.5 Trenes o cadenas de tratamiento

Una vez se definen todos los tipos de SUDS, así como sus características y las posibilidades de implementación, es necesario el estudio de estos de manera combinada, ya que de dicha forma aumenta su eficiencia a la hora de tratar y gestionar las aguas pluviales.

La planificación y selección de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible requieren voluntad para cambiar las cosas e interés en la integración medioambiental de los sistemas de drenaje empleados. El criterio de diseño debe equilibrar los componentes relacionados con la cantidad de agua, su calidad y el servicio ofrecido. Así, deben tenerse claras desde el inicio un conjunto de características exigibles (Woods Ballard et al. 2015).

Para la obtención de una solución final óptima, generalmente se requiere la combinación de SUDS, permitiendo así aprovechar el objetivo fundamental de cada uno de ellos, empleando sistemas de infiltración y control en origen, sistemas de captación y transporte, o sistemas de tratamiento pasivo, todos ellos de manera simultánea.

En la siguiente imagen se puede ver un ejemplo de tren o cadena de tratamiento, donde las aguas van recorriendo diferentes tipologías de SUDS, con la consiguiente mejora de su calidad, así como un aumento significativo en la biodiversidad.

Por otro lado, también se pueden apreciar zonas recreativas y de aparcamiento, que desempeñan no sólo las funciones tradicionales para las que se diseñan, sino que se encuentran dentro del citado tren de tratamiento, llevando a cabo las funciones de drenaje sostenible que lo caracterizan.

Por último, se puede ver el recorrido del agua, teniendo como puntos de desagüe los humedales que se ven reflejados, siendo el punto final de la cadena o tren de tratamiento.

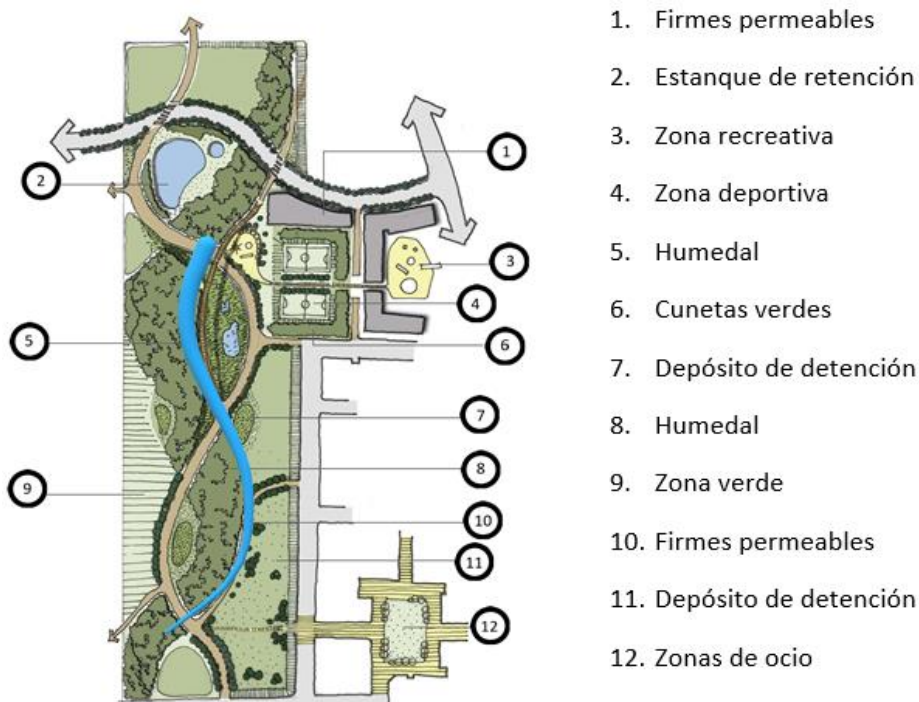


Ilustración 21. Ejemplo trenes o cadenas de tratamiento.

Fuente: [Huntsdc](#).

1.6 Condicionantes para el diseño y la implantación de SUDS

En este caso, y tanto a la hora del diseño y posterior implantación en SUDS es necesario tener en cuenta una serie de factores:

1.6.1 Tipo de actuación

En este caso habrá que detallar si la implantación de SUDS se va a llevar a cabo en nuevos desarrollos urbanos, o si por el contrario se van a emplear como complemento a los sistemas convencionales, en entornos urbanos desarrollados previamente.

Cabe destacar que la introducción de SUDS será más sencilla en nuevos desarrollos urbanos, no existiendo tantas limitaciones como en zonas previamente desarrolladas.

1.6.2 Características del lugar

En este punto se definirán las características existentes en la zona de estudio, para a partir de todas ellas sacar conclusiones referentes a la viabilidad o no del citado proyecto.

1.6.2.1 Localización

El Parque Fluvial de Viesques, en Gijón, se encuentra rodeado por los barrios de Viesques, Ceares, Somió, Bernueces y Cabueñes.

Como se mencionó en puntos anteriores de este proyecto, se trata del parque más grande dentro de la propia Comunidad Autónoma, contando con alrededor de 28 Ha de extensión.



Ilustración 22. Situación I del Parque Fluvial, Viesques.

Fuente: Elaboración propia a partir de QGIS.



Ilustración 23. Situación II del Parque Fluvial, Viesques.

Fuente: Elaboración propia a partir de QGIS.

1.6.2.2 Topografía

En este punto será necesario realizar un estudio detallado de la topografía del lugar, siendo relevantes tanto los puntos bajos del terreno, como la pendiente de este, ya que la información de ambos parámetros servirá de apoyo a la hora de utilizar diferentes tipos de SUDS.

En base a la siguiente imagen, se puede comprobar como el parque carece de grandes desniveles, puesto que las curvas de nivel se encuentran distanciadas, habiendo una diferencia de en torno a 5 m entre los puntos más altos (zona izquierda del parque), y los más bajos (zona derecha del parque). Para más detalle de las curvas de nivel se podrá consultar el Plano N°5 incluido en el Documento de Planos.



Ilustración 24. Curvas de nivel del parque.

Fuente: Elaboración propia a partir de QGIS Y AutoCAD.

1.6.2.3 Hidrología

Además de la importancia que ha de darse a la topografía de la zona, también será de especial interés hacia donde se dirige el flujo de agua. Para ello habrán de realizarse estudios que permitan conocer y definir las cuencas drenantes.

En la siguiente imagen se muestra mediante un mapa de colores la orografía del entorno, reflejándose los puntos más bajos en color azul, que coinciden con las zonas de inundación donde habrá de actuarse.

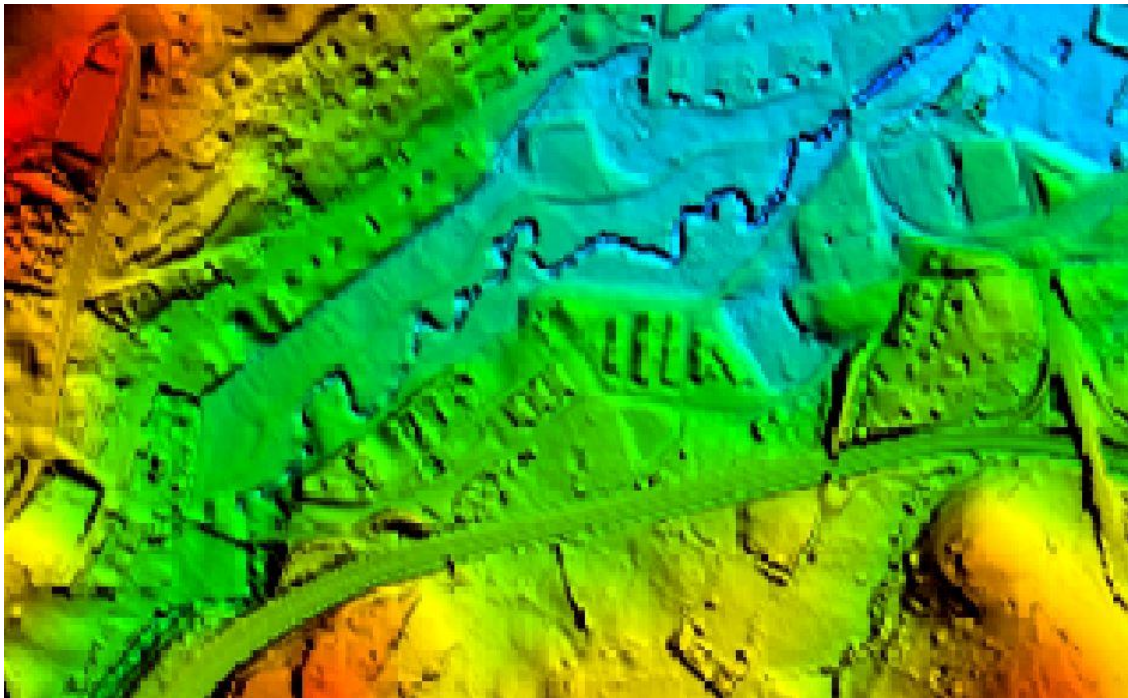


Ilustración 25. Orografía del entorno del Parque Fluvial.

Fuente: Elaboración propia a partir de Global Mapper.

1.6.2.4 Climatología

En este punto, atendiendo a la clasificación de Köppen para la Península Ibérica (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 2011), se pasará a establecer los tipos de climas existentes, basándose en todo momento en los regímenes tanto de precipitaciones mensuales como de temperaturas.

A partir de la famosa clasificación empleada hace más de 100 años en estudios climatológicos de todo el mundo, Gijón cuenta con un clima oceánico o Cfb, que se caracteriza por una elevada humedad relativa, frecuentes precipitaciones a lo largo de todo el año y la suavidad de sus temperaturas.

La temperatura media anual se sitúa en torno a los 14°, con fluctuaciones desde los 9,6 ° en el más frío, hasta los 18,6° de media en el mes más cálido. Por otro lado, y en cuanto a las precipitaciones se refiere, éstas alcanzan valores entorno a los 960 mm, correspondiéndose este valor con los meses de octubre, noviembre y diciembre (Ministerio para la Transición Ecológica. 2018)

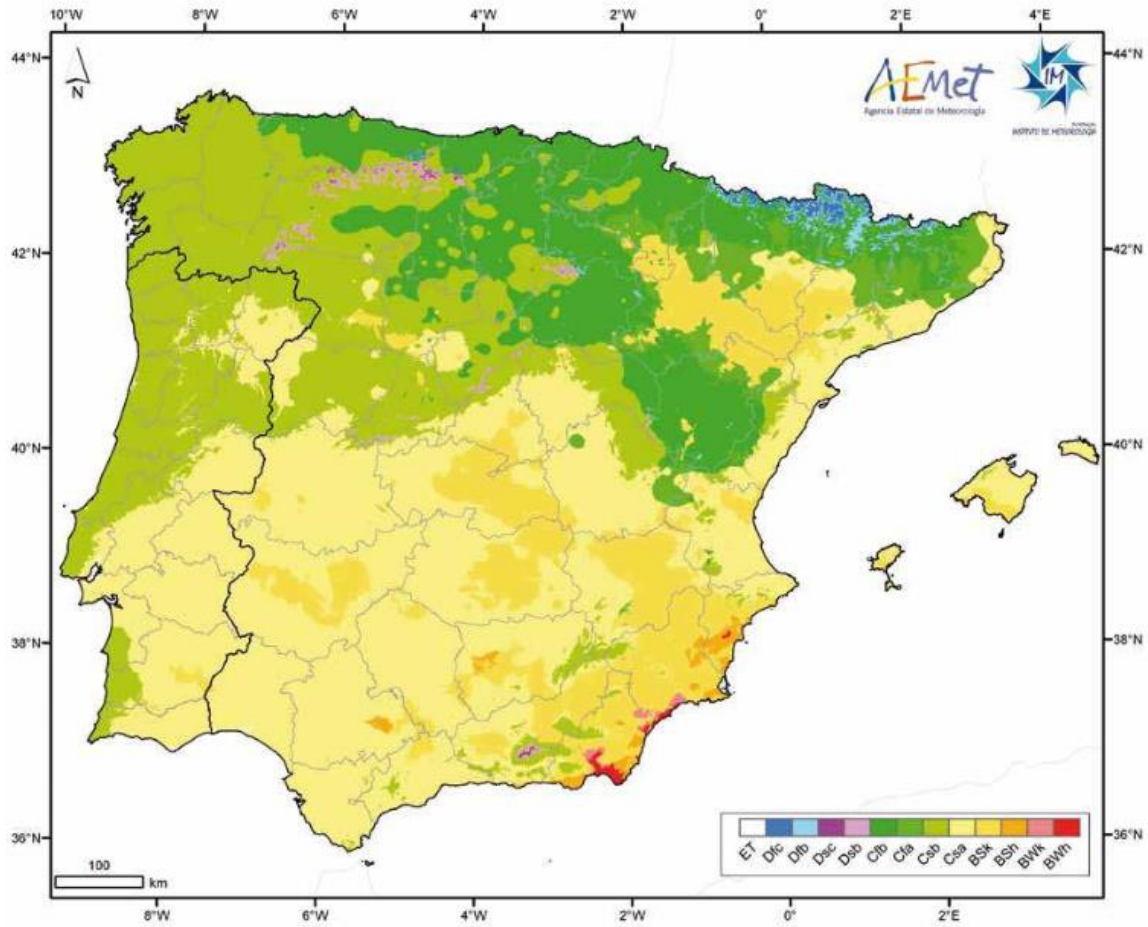


Ilustración 26. Mapa de clasificación de Köppen-Geiger para la Península Ibérica e Islas Baleares.

Fuente: (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 2011)

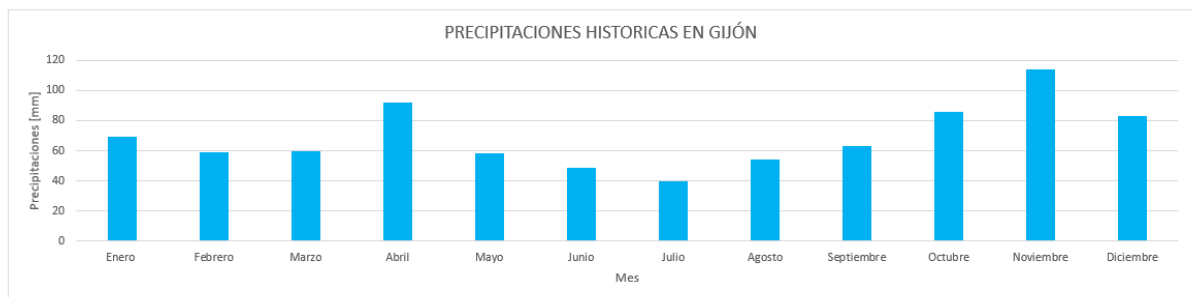


Ilustración 27. Serie de precipitaciones históricas del municipio de Gijón.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos de AEMET.



1.6.2.5 Vegetación y hábitats

La implantación de SUDS conlleva a un aumento de la biodiversidad en el entorno, dado que la creación de nuevos entornos naturales puede fomentar la aparición de nuevas especies (fauna y flora).

Por este motivo, la implantación de SUDS ha de encontrarse siempre en armonía con lo anterior, prestando especial interés a la realización de un buen mantenimiento, que no ponga el riesgo la desaparición de las citadas especies.

1.6.2.6 Hidrogeología y geotecnia

Este punto también es relevante, ya que la implementación de SUDS depende en gran medida de la permeabilidad del suelo donde se vaya a ubicar. En caso de tratarse de un suelo poco permeable, existirían limitaciones a la hora de producirse la infiltración de las aguas, una de las principales funciones de los SUDS basados en la gestión en origen.

El municipio de Gijón se encuentra sobre un terreno que se formó durante la escala temporal geológica del Cuaternario, tal y como se muestra en el mapa geológico de España a escala 1:50.000 de Gijón (Beroiz (C.G.S.) et al. 1972).

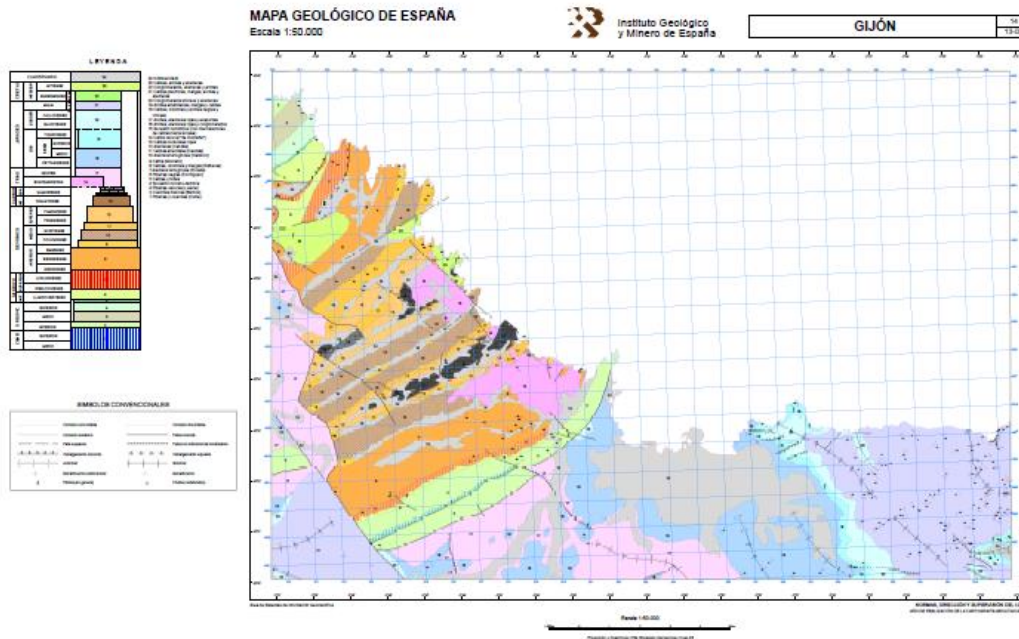


Ilustración 28. Mapa geológico de España a escala 1:50.000 (Gijón).

Fuente: [IGME, 1972-2003](#).

A partir del mapa anterior, extraído del Instituto Geográfico Minero Español, se puede apreciar como el entorno del Parque Fluvial se corresponde con un glacis amplio y de escasa pendiente, que aprovecha en buena parte la disposición estructural de los materiales que constituyen el sustrato rocoso, formado por calizas, dolomías y margas del Lías (Valenzuela Fernández 1989). Existe un recubrimiento relativamente heterogéneo de limos y arcillas, en muchos casos conteniendo cantos y gravas angulosas como parte de un conjunto coluvionar generado en condiciones continentales: alteraciones limoso-arcillosas y coladas de soliflución (Gutierrez Claverol et al. 2002).

Por otra parte, sobre alguno de estos materiales se distribuyen unos depósitos costeros de litología variada.

1.6.2.7 Nivel freático

Como se citó en puntos anteriores, la situación del nivel freático es uno de los principales motivos de la aparición de inundaciones en el entorno del Parque Fluvial, al encontrarse el mismo entre los 3 y 5 metros por debajo de la superficie.

1.6.2.8 Infraestructuras existentes

En este punto será de vital importancia el análisis de los servicios existentes en la zona para evitar que los mismos se vean afectados una vez se lleve a cabo la actuación.

En espacios desarrollados previamente serán objeto de estudio las instalaciones de drenaje convencional, tanto su localización, año de puesta en funcionamiento, así como su capacidad. También se someterán a estudio el resto de las instalaciones que se corresponden con servicios de electricidad, internet o gas, evitando que la implantación de SUDS pueda provocar afección sobre los anteriores.

Por otro lado, en espacios de nuevo desarrollo será necesario señalar las zonas donde se van a ubicar los servicios de abastecimiento, saneamiento, electricidad, gas o internet, para que la implantación de SUDS, así como su posterior mantenimiento, no entorpezca las funciones de los servicios anteriores.

1.6.2.9 Objetivos de la actuación

Los objetivos perseguidos con la implantación de SUDS en el Parque Fluvial se corresponden con el control y gestión de la escorrentía superficial, así como la consiguiente creación de mejores espacios para vivir, contribuyendo a un desarrollo de la biodiversidad del entorno. Por otro lado, existen 4 factores clave, que se recogen en la imagen adjunta:



Ilustración 29. Factores clave en el diseño de SUDS.

Fuente: Elaboración propia a partir de “CIRIA SUDS Manual 2015”.



1.7 Experiencias previas

A continuación, se citarán diversas experiencias previas en la aplicación de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible, tanto a nivel nacional, como a nivel internacional.

1.7.1 Nacionales

1.7.1.1 Benaguasil, Valencia

Benaguasil es un municipio que cuenta con alrededor de 11500 habitantes, y que en 2008 decide apostar por la realización de un estudio para la posterior implantación de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible.

En este proyecto participaron de manera conjunta administraciones, técnicos y científicos, con el objetivo común de una gestión más sostenible, solucionando así la problemática derivada del aumento de superficies impermeables en el entorno urbano.

Uno de los objetivos perseguidos con este proyecto fue poder demostrar la eficacia de los SUDS en la zona mediterránea, ya que su uso en aquel momento estaba extendido más bien al norte y centro de Europa. Cabe destacar, que para la implantación de SUDS es importante adecuarlos tanto a la climatología del lugar, como al espacio disponible para su construcción y puesta en funcionamiento.

En este proyecto se emplearon diferentes tipos de SUDS, adecuados a cada una de las zonas objeto de actuación:

- Una zona con jardines de lluvia.
- Dos zonas de detención-infiltración.
- Una zona con aljibe de aprovechamiento de agua de lluvia.
- Una zona de aparcamiento permeable.
- Una zona con cubierta vegetada.

Una vez se implantaron, se realizó la monitorización de estos a lo largo de un año, obteniendo resultados satisfactorios, tanto en cantidad como en calidad de cara a la gestión del agua de lluvia, demostrando su eficacia frente a los problemas de drenaje existentes en la ciudad.

Con la novedosa incorporación de SUDS a la ciudad en el año 2008, se consiguió obtener una visión positiva hacía los mismos, hasta el punto de que cualquier actuación posterior en la ciudad planteaba nuevamente su incorporación.

La dinámica que siguió Benaguasil le hizo obtener 7 años más tarde el Premio Ciudad Sostenible en la Categoría de Gestión de Agua.



Ilustración 30. Conjunto de actuaciones llevadas a cabo en el entorno de Benaguasil, Valencia.

Fuente: [Revista de Obras Públicas, marzo 2019](#)

1.7.1.2 Vitoria-Gasteiz

En este municipio el problema principal se corresponde con las inundaciones de carácter periódico que se producen en la zona norte y sur de la ciudad. Esto es debido respectivamente al desbordamiento del Río Zadorra a su paso por la ciudad, así como al encauzamiento de los ríos que nacen en Montes de Vitoria, que una vez se incorporan al centro de la ciudad, se canalizan y soterran para su posterior funcionamiento como colectores.

Una de las causas del desbordamiento del Río Zadorra se produce por la construcción en los años 50 de una serie de sistemas de abastecimiento, así como la ocupación de las vegas de inundación, conllevando a una modificación significativa del régimen natural del río.

Por otro lado, el estrechamiento de los ríos que nacen en Montes de Vitoria, que en su día conectaban el citado monte con el Río Zadorra, conllevaron a una fuerte pérdida de funcionalidad tanto ecológica como social, inundaciones y sobrecarga tanto de la red de saneamiento como de la depuradora, suponiendo graves problemas de contaminación en el entorno.

Para erradicar el problema de las inundaciones, la ciudad de Vitoria decidió apostar por los SUDS, concretamente se emplearon:

- Pavimentos permeables.
- Cajones de propileno.
- Soluciones naturales en rotondas, medianas y otros espacios.

Tras la implantación de los distintos SUDS que se citan en el punto anterior, la ciudad solventó el problema de inundaciones y contaminación, además de una mejora de la biodiversidad, con los consiguientes beneficios ambientales y estéticos.



Ilustración 31. Conjunto de actuaciones llevadas a cabo en Vitoria-Gasteiz.

[Fuente: Ciudad Sostenible, 2018.](#)

1.7.1.3 Estadio Wanda Metropolitano

Las actuaciones que se llevaron a cabo en el entorno del Wanda Metropolitano surgen como necesidad de solventar tanto los problemas del alcantarillado, como de los accesos. En su día, el sistema de alcantarillado se ejecutó como unitario, pero en la actualidad comienza a dar problemas, tanto por las aportaciones, como por las descargas del sistema unitario al medio receptor.

Por ello, se decide apostar por la gestión del agua de lluvia en origen, convirtiendo tanto los accesos como los aparcamientos en firmes permeables para la laminación previa de la avenida, y posterior incorporación a la red general de colectores.

Para las zonas objeto de actuación fue necesario emplear diferentes tipos de firme:

- Pavimento de hormigón drenante in situ en los aparcamientos de superficie.
- Pavimento prefabricado permeable por junta en aceras y aparcamiento de viario.

Como conclusión, la implantación de SUDS en el entorno del Wanda Metropolitano ha supuesto la mejora no sólo de las condiciones de drenaje, sino también la mejora de los accesos al Estadio.



Ilustración 32. Conjunto de actuaciones llevadas a cabo en el entorno del Wanda Metropolitano.

Fuente: [Revista de Obras Públicas, marzo 2019](#)

1.7.1.4 Sant Boi de Llobregat, Barcelona

Por el año 1998 Sant Boi de Llobregat comenzó a destacar por su potencial para la implantación de empresas de carácter logístico. La problemática existente en la zona tiene que ver con las inundaciones, ya que los terrenos sobre los que se asienta son propensos a las mismas. Debido a lo anterior, fue un inversor francés el primero en plantear una serie de alternativas relacionadas con los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible, pero por aquellos tiempos, y por la poca experiencia en dicho campo, fue necesaria la colaboración de un experto en la materia, el Doctor Ingeniero Manuel Gómez Valentín, perteneciente a la Universidad Politécnica de Cataluña, y con diversas publicaciones y estudios relacionados.

Tras el estudio de diferentes alternativas, se optó por la implantación de cunetas verdes rodeando las naves, para así recoger las aguas provenientes de todas las cubiertas impermeables. Posteriormente, se conducían las aguas retenidas en la cuneta a tanques separadores de grasas antes de su vertido a pequeñas balsas, que finalmente se conectaban al medio receptor mediante aliviaderos. Con esta solución, no sólo se solventó el problema de las inundaciones, sino que se redujo de forma importante la inversión que tendría lugar en caso de emplearse sistemas convencionales.

Cabe destacar, que una vez finalizaron las obras, tuvo lugar un fenómeno de lluvias intensas, donde se pudo comprobar tanto la eficacia de las cunetas verdes, como de las balsas de laminación.



Ilustración 33. Conjunto de actuaciones llevadas a cabo en Sant Boi.

Fuente: [Revista de Obras Públicas, marzo 2019](#)

1.7.1.5 Santander, Cantabria

En el año 2008 Santander decidió apostar por técnicas de drenaje sostenible, rehabilitando el parque urbano de Las Llamas. El citado parque cuenta con una extensa superficie sobre la que se han incorporado diferentes tipologías de SUDS:

- Humedal artificial.
- Estanque.
- Aparcamiento permeable experimental.

En el caso del aparcamiento, se fue monitorizando el comportamiento de este con la utilización de diferentes materiales (asfalto y hormigón poroso, césped reforzado con celdas de hormigón y de polipropileno y adoquines permeables, así como varios geotextiles) (Andrés-Valeri et al. 2016).



Ilustración 34. Conjunto de actuaciones llevadas a cabo en el Parque de las Llamas, Santander.

Fuente: [SUDSlab](#).



Ilustración 35. Conjunto de actuaciones II llevadas a cabo en el Parque de las Llamas, Santander.

Fuente: [BirdLife](#).

1.7.2 Internacionales

1.7.2.1 Victoria Park, Sidney

El parque Victoria Health Centre cuenta con una extensión de 0,7 Ha y destaca por la incorporación de SUDS en gran parte de su superficie, facilitando la gestión y el control de las aguas de escorrentía, así como la revalorización del entorno y la consiguiente aparición de nuevos hábitats.

Algunos de los SUDS empleados se corresponden con estanques de retención, superficies permeables, así como humedales artificiales.



Ilustración 36. Conjunto de actuaciones llevadas a cabo en el entorno del parque.

Fuente: [Pinterest](#)



Ilustración 37. Conjunto de actuaciones II llevadas a cabo en el entorno del parque.

Fuente: [City of Sidney](#).

1.7.2.2 Portland, Estados Unidos

En 2017, esta ciudad comienza a ser un referente en cuanto a Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible se refiere, creando un Manual de referencia “Stormwater Management Manual”.

Algunas de las actuaciones llevadas a cabo en la ciudad, se corresponden con pavimentos permeables, depósitos de infiltración o cunetas verdes.



Ilustración 38. Conjunto de actuaciones llevadas a cabo en Portland.

Fuente: [Pinterest](#)

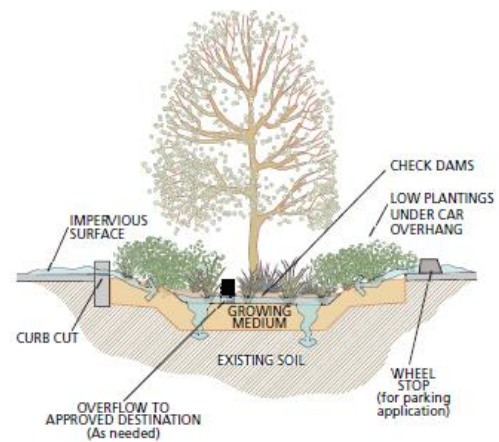


Ilustración 39. Conjunto de actuaciones II llevadas a cabo en Portland.

Fuente: (Doodlitttle et al. 2016)

1.7.2.3 Arcata, California, Estados Unidos

En el año 1996, la ciudad de Arcata apuesta por las técnicas de drenaje sostenible mediante el empleo de un humedal artificial, que se situaría en un antiguo vertedero o zona industrial. Las funciones principales del mismo serían la de detener el flujo para su posterior liberación, eliminar los contaminantes presentes en las aguas, mejorando de manera significativa la calidad de éstas, un aumento de la presencia de especies animales y vegetales, así como la regeneración del entorno, encontrándose el mismo muy deteriorado.



Ilustración 40. Humedal artificial en la ciudad de Arcata.

Fuente: [Pinterest.](#)



Ilustración 41. Humedal artificial en la ciudad de Arcata II.

Fuente: [Orion Magazine.](#)



1.8 Legislación y normativa

1.8.1 Legislación general

- Ley de Contratos del Sector Público. Texto refundido. R.D.L. 3/2011 de 14 de noviembre.
- Contratos del Estado. Pliego de Cláusulas Administrativas generales para la Contratación de Obras. Decreto 3854/1970 del Ministerio de Obras Públicas de 31 de diciembre de 1970.

1.8.2 Legislación particular

- Reglamento de Ordenación del Territorio y Urbanismo del Principado de Asturias (TROTU).
- Texto Refundido de las disposiciones regionales sobre Ordenación del Territorio y Urbanismo (ROTU).
- PORNA (Plan de Ordenación de los recursos naturales del Principado de Asturias).
- Plan General de Ordenación Urbana de Gijón (PGOU).

1.8.3 Pluviometría y drenaje

- Norma 5.2- IC de drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras (2016)
- Máximas llluvias diarias en la España Peninsular del Ministerio de Fomento (1999)

1.8.4 Edificación

- RD 314/2006 por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (CTE)
- Ley de medidas para la Calidad de la Edificación. Ley 2/1999 de 17/03/99 (B.O.C.M 17/03/99).

1.8.5 Instalaciones eléctricas

- Reglamento electrotécnico para Baja Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) BTO1 a BT51 del R.D 842/2002 del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

1.8.6 Alumbrado

- Orden del Ministerio de Industria y Energía de 18 de julio de 1.978, NTEIEE/ 78. "Instalaciones de Electricidad: Alumbrado Exterior". (BOE del 12/08/1.978).

1.8.7 Medio ambiente

- Orden de 12 de noviembre de 1.987, sobre normas de emisión, objetivos de calidad y métodos de medición de referencia relativos a determinadas sustancias nocivas o peligrosas contenidas en los vertidos de aguas residuales (BOE 23/11/87).
- Orden de 13 de marzo de 1.989 por la que se incluyen en la del 12/11/87, la normativa aplicable a nuevas sustancias nocivas y peligrosas que pueden formar parte de determinados vertidos (BOE 20/3/89).
- Evaluación de Impacto Ambiental. R.D 1302/86 del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.
- Ley 6/2001 de 8 de mayo, de modificación del R.D 1302/1986 de 28 de junio, de evaluación de impacto ambiental.

1.8.8 Red Natura 2000

La Red Natura 2000 se trata de una gran red europea cuyo fin está ligado a garantizar la conservación de la biodiversidad del entorno. Concretamente, en la CCAA de Navarra se cuenta con un 27% del territorio correspondiente a dicha red (más de 280.000 ha), con aproximadamente 40 espacios naturales de gran valor ecológico. La protección de estos espacios trata de asegurar la supervivencia de especies y hábitats valiosos que se encuentran amenazados por distintos factores.

La Red Natura 2000 se fundamenta en la aprobación de dos Directivas Comunitarias:

- La Directiva Aves de 2009, relativa a la conservación de las aves silvestres.
- La Directiva Hábitats, relativa a la conservación de hábitats naturales, fauna y flora silvestres.

Las zonas diferenciadas dentro de esta red son las siguientes:

- Zonas de Especial Proyección para Aves (ZEPA). Categoría de área protegida catalogada como zonas naturales de singular relevancia para la conservación de la avifauna que se encuentra en peligro de extinción (Directiva Comunitaria 79/409/CEE y modificaciones pertinentes).
- Lugares de Importancia Comunitaria (LIC). Al igual que las ZEPA, también designados por los estados miembros de la UE mediante un acto reglamentario, administrativo y/o contractual. Se aplican medidas de conservación necesarias para el mantener o reestablecer de hábitats naturales y/o poblaciones de especies que allí vivan.
- Las Zonas Especiales de Conservación (ZEC). Áreas de gran interés medioambiental para la conservación de la diversidad, también designadas por los estados miembros de la UE, con el objetivo de integrarse en la Red Natura 2000. Estos territorios han pasado en etapas previas como LIC o ZEPA.

Como se puede comprobar en la siguiente imagen (Ilustración 42), las actuaciones a realizar para cualquiera de las alternativas no influyen sobre espacios protegidos por la Red Natura 2000.



Ilustración 42. Zonas Red Natura 2000.

Fuente: Elaboración propia a partir de QGIS.

Para más detalle del plano anterior, se podrá acudir al Plano N°6 del Documento de Planos.



1.8.9 Seguridad y salud

- Ley 31/1.995, de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales y las modificaciones introducidas por la Ley 54/2003 de 12 de diciembre.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 125/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Orden del Ministerio de Trabajo de 9 de enero de 1.971 por la que se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Ley 22/1994, de 6 de Julio de 1994. Responsabilidad Civil por los daños causados por productos defectuosos.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo de 1997 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. B.O.E. de 12 de junio de 1997 y corrección de errores de 18 de Julio.

1.8.10 Residuos de demolición y construcción

- Ley 22/2011, de 28 de julio, de Residuos y Suelos Contaminados.
- Real Decreto 105/2008 por el que se regula la producción de gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Orden MAM/304/2002 por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.

1.8.11 Legislación específica en materia de SUDS

En este punto, y para la implantación de SUDS, es importante tener en cuenta, no sólo las experiencias previas y la legislación de carácter general, sino también una serie de normativas y guías que han ido desarrollándose y mejorando con el paso de los años. A continuación, se describen las más relevantes:

- Directiva Marco del Agua (DMA) (Parlamento Unión Europea, 2000) por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
- Código Técnico de la Edificación (CTE-DB-HS) (2006) que incluye recomendaciones para la reutilización del agua de lluvia para diferentes usos, cumpliendo así las exigencias básicas de salubridad.
- Directrices sobre mejores prácticas para limitar, mitigar o compensar el sellado del suelo (2012) a partir de la utilización de materiales y superficies permeables, el desarrollo urbanístico basado en la Infraestructura Verde, así como la implementación de sistemas naturales para la captación de agua.
- Construir una infraestructura verde para Europa (2014), que establece la misma como una solución inteligente en cuanto a las necesidades actuales se refiere.
- CIRIA (2015).
- NCDEQ Stormwater Design Manual (2009-2016).
- R.D. 907/2007 (Real Decreto por el que se aprueba el Reglamento sobre Planificación Hidrológica).

“Estudio de implementación de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en el Parque Fluvial de Viesques, Gijón”

- R.D. 903/2010 (Real Decreto de evaluación y gestión de riesgos de inundación).
- R.D. 1290/2012 (Real Decreto sobre las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales).
- R.D. 233/2013 (Real Decreto sobre regulación del Plan Estatal de fomento del alquiler de viviendas, la rehabilitación edificatoria, y la regeneración y renovación urbanas).
- R.D. 400/2013 (Real Decreto por el que se aprueba el Plan Hidrológico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Oriental).
- R.D. 638/2016 (Real Decreto por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico).

Además de las anteriores, también es importante apoyarse en normativas y guías de carácter autonómico o municipal:

- Ordenanza de la Gestión y Uso Eficiente del Agua en la Ciudad de Madrid (2006).
- Instrucciones Técnicas para Obras Hidráulicas en Galicia (2009).
- Real Guía Técnica de Aprovechamiento de Agua en Cataluña (2011).
- Diseño y Construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible, Santander.
- Guía para la Integración de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en el Proyecto Urbano, Granada.
- Guía Básica de Diseño de Sistemas de Gestión Sostenible de Aguas Pluviales en zonas verdes y otros espacios disponibles, Madrid (TYPSA).
- Guía Básica de Diseño de Sistemas Urbanos, Castellón de la Plana (TYPSA).
- Plan de Acción Territorial sobre Prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana (PATRICOVA).



2 Materiales y métodos

En este apartado se describirá tanto el análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas, Oportunidades) como el análisis multicriterio que se van a emplear para la selección de la alternativa más viable tanto a nivel técnico como económico se refiere. Además, también se definirán los parámetros que se tendrán en cuenta de cara a realizar ambos análisis.

2.1 Análisis DAFO

Un análisis DAFO es una herramienta de apoyo empleada en las fases iniciales de diseño de un proyecto, siendo capaz de evaluar las características internas y externas de la actuación que se pretende a llevar a cabo, y facilitando la toma de decisiones futuras.

Con el objetivo de valorar la implantación de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en el entorno del Parque Fluvial de Viesques, se ha realizado un análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades):

2.1.1 Debilidades

Las diferentes debilidades que podría presentar el proyecto son las siguientes:

- Financiación.
- Mayor coste de ejecución (corto plazo).
- Falta de sensibilidad social.
- Desconocimiento en materia de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible.

2.1.2 Amenazas

En cuanto a las amenazas destacan:

- Necesidad de mantenimiento específico.
- Mala ejecución por falta de conocimientos o experiencias previas.
- Ausencia de guías o normativas municipales específicas en materia de SUDS.

2.1.3 Fortalezas

Las fortalezas:

- Situación geográfica.
- Imagen de ciudad.
- Concienciación medioambiental.
- Buena accesibilidad.

2.1.4 Oportunidades

Por último, como oportunidades destacan:

- Potenciación del uso de espacios verdes.
- Reducción de la contaminación.
- Adaptación y mitigación frente a efectos del cambio climático.
- Alto valor paisajístico para el entorno.



Ilustración 43. Análisis DAFO.

Fuente: Elaboración propia.



2.2 Interpretación del DAFO

En este punto se interpretarán las diferentes características que conforman el citado DAFO.

En cuanto a las **debilidades**:

La financiación se encontraría dentro de este grupo, ya que, a la hora de llevar a cabo una actuación de esta índole, y debido a la falta de conocimiento por parte de las entidades, las mismas pueden no estar dispuestas a asumir el gasto.

En cuanto al coste, si bien en las primeras fases de implantación este puede ser más elevado que en el caso de los sistemas convencionales, está comprobado que a largo plazo estas técnicas de drenaje sostenible resultan más económicas (Duffy et al. 2008), encontrándose por tanto el coste dentro de las debilidades y fortalezas.

En cuanto a la falta de sensibilidad social y desconocimiento en materia de SUDS, esto se debe principalmente a una falta de información, además del arraigo hacia las técnicas convencionales existente entre la sociedad.

En cuanto a las **amenazas**:

A la hora de implantar técnicas de drenaje sostenible, es necesario que existan técnicos expertos para realizar el mantenimiento, ya que el mismo difiere un poco del que se lleva a cabo en técnicas convencionales. Es por ello que, debido a la falta de expertos en este ámbito, así como malas experiencias previas destacables, esta característica se vuelve una amenaza a la hora de optar por este tipo de técnicas.

De igual forma, y no olvidando el punto anterior, debido a la ausencia de guías o normativas en las que apoyarse, suelen aparecer problemas a la hora de diseñar estos sistemas, con la consiguiente aparición de malas experiencias en el ámbito del drenaje sostenible. De igual forma, no existe concordancia a la hora de identificar los tipos de SUDS dentro de las normativas actuales.

En cuanto a las **fortalezas**:

La situación geográfica del parque fluvial es idónea para llevar a cabo una actuación de este tipo, ya que además de encontrarse a las afueras de la ciudad, evitando en gran medida el núcleo urbano, también cuenta con una gran extensión, que facilita la realización de las obras a la vez que genera una gran imagen de ciudad, marcada por la aparición de zonas verdes y el aumento de la biodiversidad en el entorno.

En cuanto a las **oportunidades**:

Ya que la implantación de SUDS se encuentra en muchos casos limitada por la extensión, con su aplicación en un entorno abierto como es el Parque Fluvial, se fomenta directamente el aprovechamiento de espacios verdes, añadiendo un alto valor paisajístico sobre el entorno, derivado del aumento significativo de especies vegetales.

Por otra parte, la implantación de estos sistemas permitirá reducir la contaminación difusa, así como otros contaminantes presentes en las escorrentías del parque.

Por último, y gracias a su empleo, se mitigarán los efectos del cambio climático, como por ejemplo el efecto isla de calor.

2.3 Análisis multicriterio

Un análisis multicriterio es una metodología que se emplea para, a partir de la ponderación de una serie de parámetros, obtener como resultado final la alternativa más viable.

Antes de definir los parámetros y obtener la alternativa más viable, se definirán las zonas existentes dentro del parque, así como la extensión de cada una de ellas.

2.3.1 Estudio de zonas dentro del Parque Fluvial



Ilustración 44. Diferenciación de zonas dentro del Parque Fluvial.

Fuente: Elaboración propia a partir de QGIS.

- Zonas verdes: espacios conformados por vegetación (plantas, árboles) que mejoran la imagen de las ciudades, haciéndolas atractivas para la población, además de contribuir a la concienciación en materia de medio ambiente. La superficie total es de 223.467,72 m².
- Zonas de ocio y parques infantiles: espacios destinados al desarrollo de actividades de ocio por parte de la población. La superficie total es de 6.625,50 m².
- Área multifuncional: espacios destinados al desarrollo de actividades lúdico-deportivas. La superficie total es de 6.276,05 m².
- Caminos: comprende toda la red de viales del interior del parque, así como aquellos que dan acceso al mismo. La superficie total es de 22.214,84 m².
- Área de perros: recintos destinados al disfrute por parte de los animales, sin entorpecer el desarrollo de otras actividades dentro del propio parque. La superficie total es de 10.917,12 m².
- Zonas edificadas: atiende a dos edificaciones privadas dentro del entorno del parque. La superficie total es de 1.413,32 m².

DISTRIBUCIÓN DE USOS DEL PARQUE

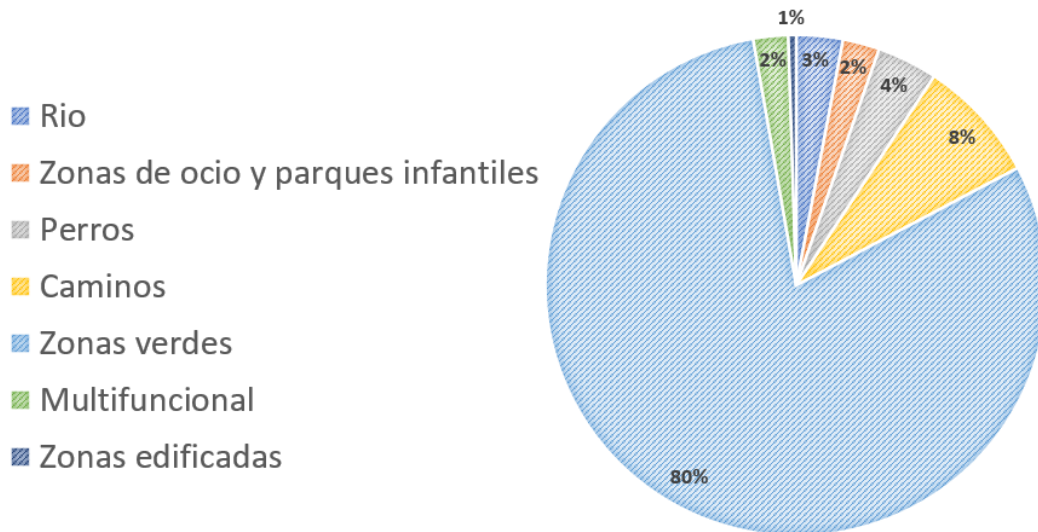


Ilustración 45. Distribución de usos del parque.

Fuente: Elaboración propia.

2.3.2 Parámetros

En cuanto a la definición y ponderación de los parámetros, ésta se hará desde el punto de vista del proyectista, siendo el 0 el valor más desfavorable, y el 5 el valor más favorable.

2.3.2.1 Valor ambiental e impacto paisajístico (biodiversidad, sostenibilidad)

Este parámetro tendrá una ponderación dentro del análisis multicriterio del 10%.

Dentro del valor ambiental e impacto paisajístico, y sobre cada una de las alternativas desarrolladas, se valorarán dos características fundamentales:

- Biodiversidad: término referido al hábitat animal y vegetal que se desarrolla en un entorno. Se valorará de manera positiva su aumento, siendo negativo en caso de la pérdida del mismo tras la actuación que se vaya a llevar a cabo sobre el parque.
- Sostenibilidad: término referido a la conservación de los espacios, o en su defecto al desarrollo de espacios agradables para vivir, que conllevan a una mejora significativa del entorno.



2.3.2.2 Viabilidad técnica (durabilidad, mantenimiento, dificultad constructiva)

Este parámetro supondrá una ponderación del 20% en el análisis multicriterio.

Por otro lado, dentro de la viabilidad técnica, se valorarán cuatro aspectos:

- Durabilidad: término referido a los años de servicio tras la puesta en funcionamiento del sistema escogido, siendo positivo en caso de que la duración sea elevada, y negativo en caso de que tras la puesta en funcionamiento el equipo necesitare de sustitución o reparación.
- Mantenimiento: término referido al tipo de mantenimiento al que habrá de someterse el sistema de drenaje que vaya a ser empleado, clasificándose a su vez en diario, semanal, mensual o anual.
- Dificultad constructiva: término referido a la dificultad o facilidad a la hora de implantar los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en el entorno para el que fueron diseñados y proyectados.

2.3.2.3 Superficie potencial de captación de aguas

Este parámetro tendrá una ponderación del 10% dentro del análisis multicriterio. Cada una de las alternativas contará con una superficie potencial de captación, reflejada en puntos siguientes de este trabajo.

2.3.2.4 Capacidad de almacenamiento de los sistemas empleados

Este parámetro tendrá una ponderación del 15% dentro del análisis multicriterio.

En este caso, se valorará la capacidad de almacenamiento de los sistemas que se vayan a emplear en el entorno del parque fluvial, ya que la misma difiere de unos sistemas a otros.

2.3.2.5 Nivel de tratamiento alcanzado

Este parámetro supondrá un 15% dentro del análisis multicriterio.

En este caso, se valorará el nivel de tratamiento alcanzado para distintos tipos de contaminantes en función de los trenes de tratamiento implementados en cada alternativa.

2.3.2.6 Economía

Este parámetro supondrá un 20% dentro del análisis multicriterio.

En este caso, se valorará el coste de cada alternativa, englobando no sólo el gasto que supondrá la implantación, sino el mantenimiento del sistema una vez este se ponga en funcionamiento.

2.3.2.7 Nuevos servicios para el parque

Este parámetro supondrá un 10% dentro del análisis multicriterio.

En este caso se tendrá en cuenta la consiguiente mejora de los servicios prestados por el parque una vez se incorporen técnicas de drenaje sostenible sobre el mismo. Se valorará de manera positiva la eficacia de estos, y de forma negativa en caso de que el servicio prestado por los mismos no sea eficiente, o no sea el esperado.

3 Estudio de alternativas

A continuación, se plantearán una serie de alternativas cuyo objetivo fundamental es solucionar la problemática existente en el Parque Fluvial mediante la implantación de distintas técnicas de drenaje sostenible.

A su vez, se realizará un análisis multicriterio de las mismas de cara a determinar la solución más viable en base a los parámetros definidos en puntos anteriores.

Los cálculos detallados para cada una de las alternativas propuestas se pueden consultar en el Anejo I Cálculos, incluido en el Documento de la Memoria.

De igual forma, todas las ilustraciones referidas a las alternativas propuestas se pueden consultar para más detalle en el Documento de Planos.

3.1 Alternativas propuestas

El presente documento plantea la actuación sobre la zona norte del parque (sombreada en rojo en la Ilustración 46), al ser la más afectada por las inundaciones.



Ilustración 46. Zona propuesta para actuación.

Fuente: elaboración propia a partir de QGIS

3.1.1 Alternativa 1

3.1.1.1 Descripción

La alternativa 1 comprende la aplicación de diversas técnicas de drenaje sostenible, entre los que destacan las siguientes:

- Drenes filtrantes: la disposición de los mismos será en forma de espina de pez, con la finalidad de captar las aguas precipitadas en toda la zona de actuación, conduciendo las mismas hacia un estanque de retención, encargado del tratamiento de las mismas.
- Estanque de retención: este estanque será el encargado de captar las aguas provenientes de los drenes filtrantes y tratarlas por sus funciones de retención y autodepuración.

La disposición adoptada por los mismos se recogerá en la siguiente ilustración:

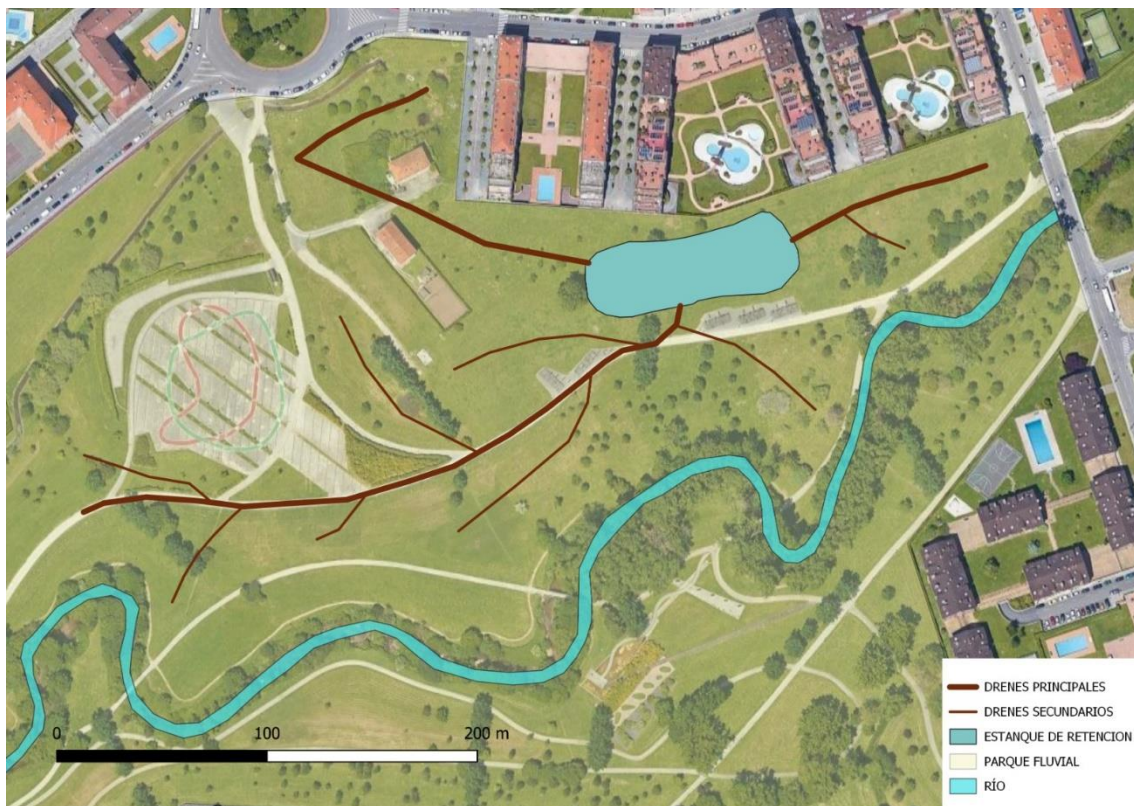


Ilustración 47. Disposición alternativa 1.

Fuente: elaboración propia a partir de QGIS

3.1.1.2 Diseño hidráulico

La finalidad de esta propuesta es la captación mediante drenes filtrantes de las escorrentías generadas en la zona de aplicación. Posteriormente, las aguas recogidas son trasladadas al estanque de retención, donde se realiza un tratamiento de estas.

En la siguiente imagen pueden verse los flujos de las aguas en cada una de las subcuencas, apareciendo reflejo mediante flechas rojas el flujo superficial, y mediante flechas negras el flujo a través de los drenes.

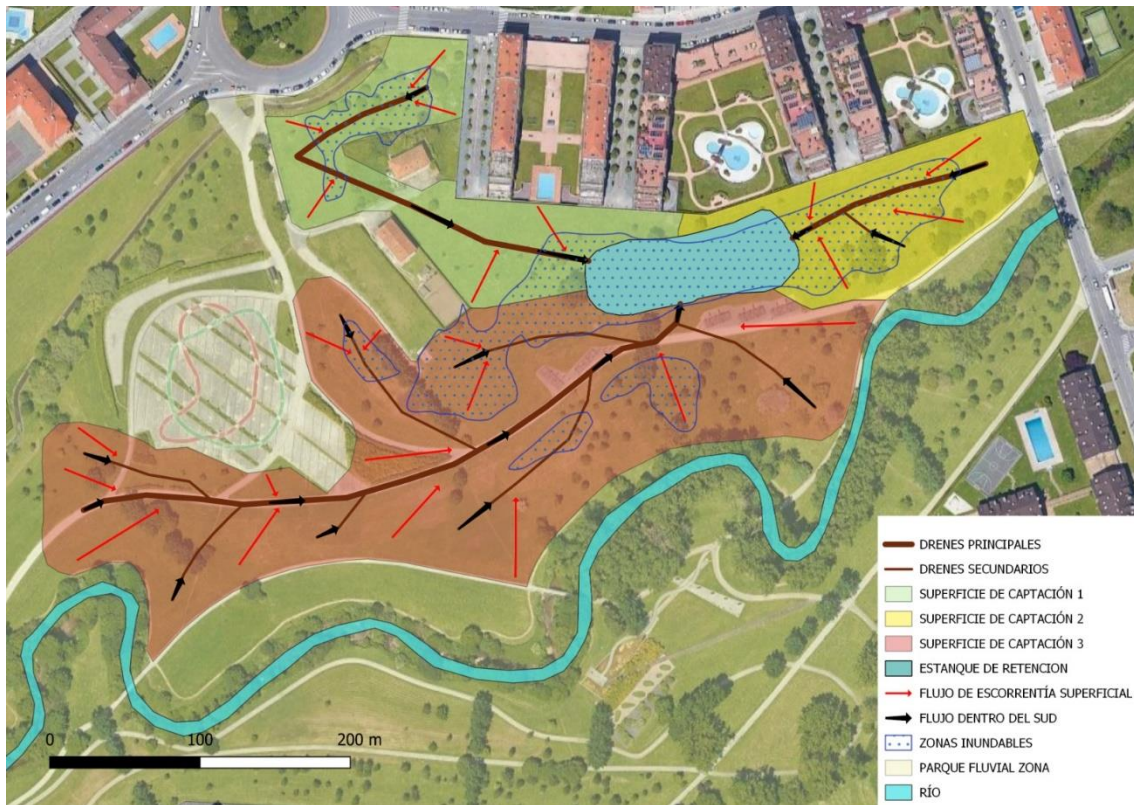


Ilustración 48. Diseño hidráulico alternativa 1.

Fuente: Elaboración propia a partir de QGIS.

3.1.1.3 Análisis de la alternativa

En cuanto al valor ambiental, la implantación de un estanque de retención conllevará a un aumento significativo de la biodiversidad en el entorno, al generarse un potencial hábitat tanto de especies animales como vegetales.

Por otra parte, la implantación de esta alternativa conllevará a una mejora de la imagen del parque, gracias a la desaparición de las zonas inundadas frecuentes en épocas de lluvia, así como la creación de una nueva zona con alto valor estético.

Con esta serie de medidas se asegurará la captación de las aguas caídas en una superficie de 51.734,45 m² (Ilustración 49). Por otro lado, la capacidad de almacenamiento y tratamiento de esta alternativa será de 3.800 m³.

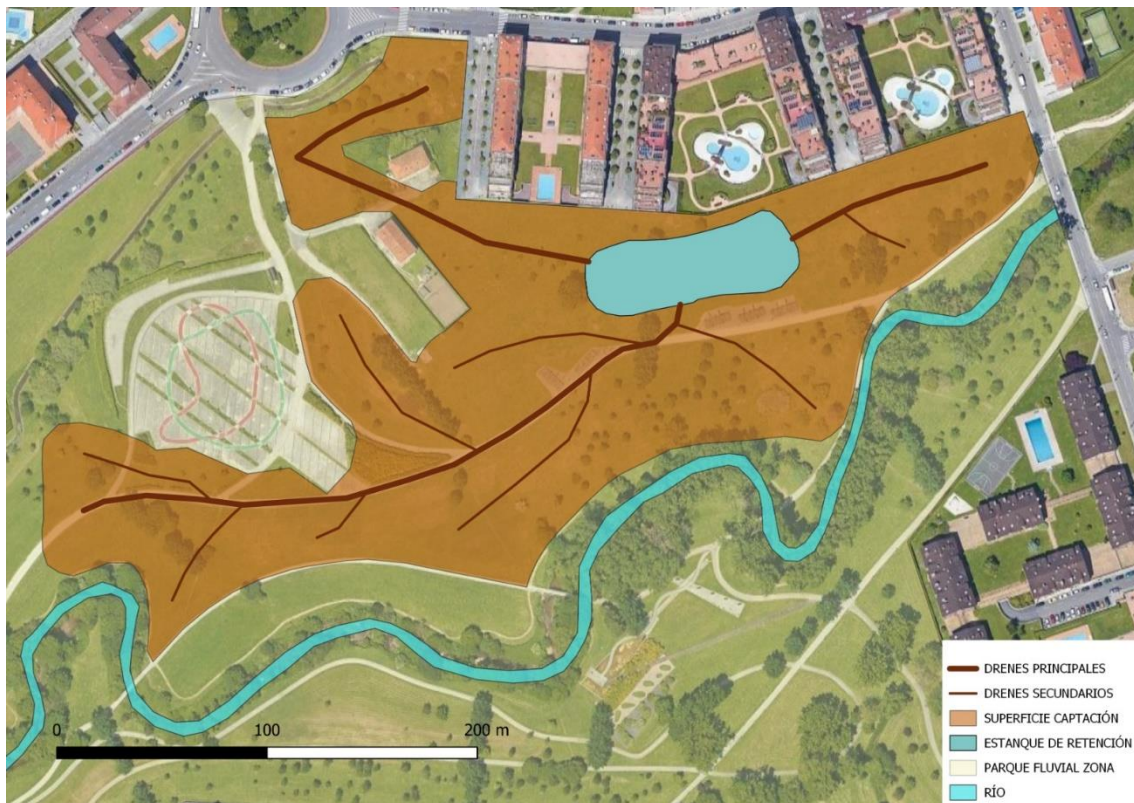


Ilustración 49. Superficie de contribución alternativa 1.

Fuente: Elaboración propia a partir de QGIS.

El tren de tratamiento planteado en esta alternativa será capaz de tratar los contaminantes característicos del parque (sólidos en suspensión y contaminación difusa).

Las tareas de mantenimiento se dividirán en dos. Por un lado, las requeridas en el estanque, y por otro las necesarias sobre los drenes filtrantes.

Tabla 1. Mantenimiento del estanque de retención.

TAREAS	FRECUENCIA
Retirada de hojas, basura, así como materiales flotantes.	Mensualmente
Recortar la vegetación y eliminar las hierbas no deseadas.	Mensualmente
Inspecciones de los elementos de entrada y salida de agua, así como ciertos elementos complementarios potenciales de sufrir daños.	Mensualmente
Inspección para evitar obstrucciones por sedimentos.	Mensualmente
Inspecciones en ciertos parámetros de cara a detectar la contaminación del agua	Mensualmente
Recorte de plantas acuáticas sumergidas y emergentes	Anualmente
Aireación de la lámina de agua en caso de riesgo de eutrofización	Cada 3 años
Eliminación de sedimentos de la cámara de retención de éstos (en caso de que exista)	Cada 3 años
Eliminación de sedimentos y vegetación en un 25-30% de la superficie del estanque en caso de no existir cámara de retención	Cada 5 años
Eliminar sedimentos cuando el volumen permanente se reduzca en un 20%	Cada 25-50 años

Fuente: Guía Básica de Diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible para el término municipal de Castellón.

Tabla 2. Mantenimiento de los drenes filtrantes.

TAREAS	FRECUENCIA
Retirada de hojas y basuras	Mensualmente
Retirada de sedimentos (al menos cuando alcance el 50% de la zona de entrada/pretratamiento)	Cada 6 meses
Revisión ordinaria en busca de daños estructurales, áreas erosionadas y encharcamientos	Cada 6 meses
Inspección técnica de las superficies de filtración	Cada 6 meses
Inspección de los elementos de entrada, salida y rebose en busca de posibles obstrucciones	Cada 6 meses
Retirada y reemplazo de los primeros 20 cm de material drenante, así como el reemplazo del geotextil superficial	Cada 10 años
Limpieza del conducto drenante si el mismo se quedase bloqueado	Si fuese necesario

Fuente: Guía Básica de Diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible para el término municipal de Castellón.

El coste de instalación y mantenimiento será bajo en el caso del estanque de retención, mientras que, en el caso de los drenes, la instalación tendrá un coste medio, y un mantenimiento bajo.

3.1.2 Alternativa 2

3.1.2.1 Descripción

La alternativa 2 comprende la aplicación de diversas técnicas de drenaje sostenible, entre los que destacan los siguientes SUDS:

- Cunetas verdes: se emplearán 4 cunetas verdes como viene reflejado en la Ilustración 50. Las mismas serán capaces de recoger las aguas de lluvia trasladando estas a los estanques de detención.
- Estanques de detención: se emplearán 3 estanques de detención, con el objetivo de laminar las avenidas. La disposición de los mismos se refleja en la siguiente ilustración.



Ilustración 50. Disposición alternativa 2.

Fuente: Elaboración propia a partir de QGIS.

3.1.2.2 Diseño hidráulico

La finalidad de esta propuesta es la captación mediante cunetas verdes de las escorrentías generadas en la zona de aplicación. Las aguas recogidas por las cunetas se conducirán hacia los estanques de detención, para someterse a un tratamiento por parte de los mismos.

En la siguiente imagen pueden verse los flujos de las aguas en cada una de las subcuencas, apareciendo reflejo mediante flechas rojas el flujo superficial, y mediante flechas negras el flujo a través de las cunetas verdes.

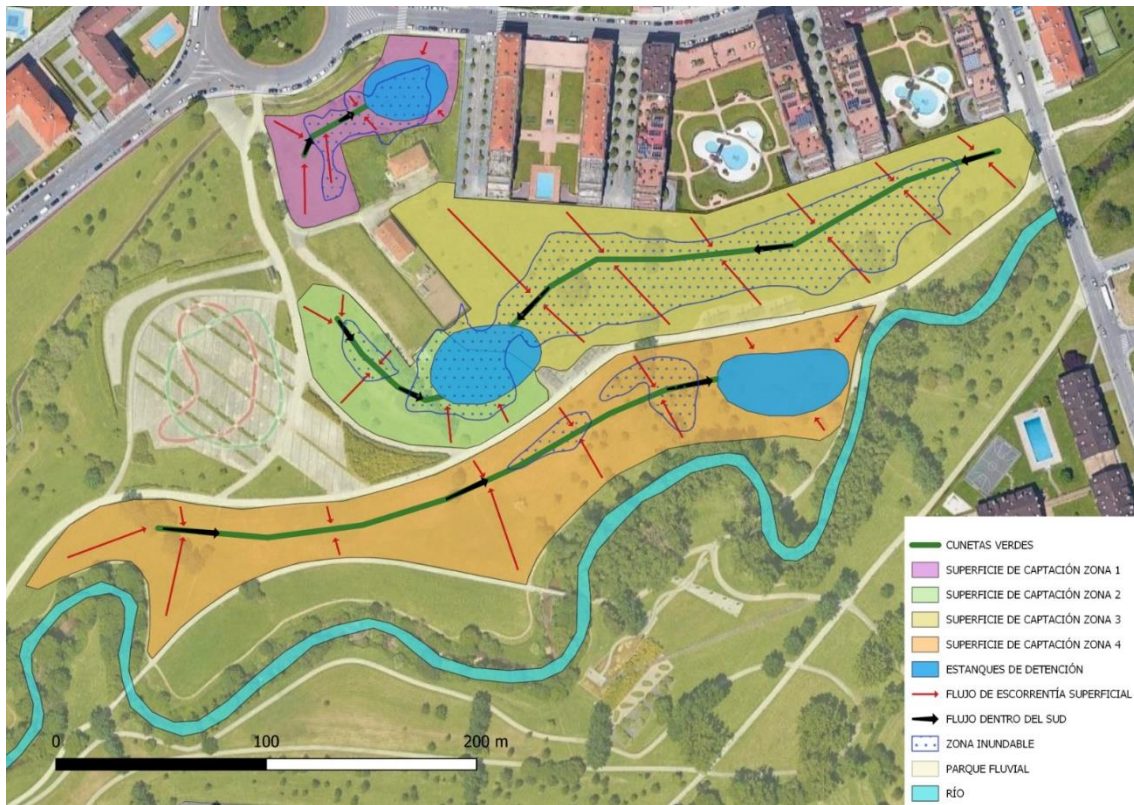


Ilustración 51. Diseño hidráulico alternativa 2.

Fuente: Elaboración propia a partir de QGIS

3.1.2.3 Análisis de la alternativa

En cuanto al valor ambiental, la implantación de cunetas verdes conlleva a un aumento significativo de la biodiversidad en el entorno, al generarse un potencial hábitat tanto de especies animales como vegetales, mientras que los estanques de detención pueden utilizarse como zonas verdes durante la mayor parte del tiempo, a la vez que desempeñan su función principal.

Por otro lado, la inclusión de elementos lineales con rica vegetación conllevará a una mejora significativa en la estética del parque.

Con esta serie de medidas se asegurará la captación de las aguas caídas en una superficie de 44.210,76 m² (Ilustración 52). Por otro lado, la capacidad de almacenamiento y tratamiento de esta alternativa será de 3.300 m³.



Ilustración 52. Superficie de contribución alternativa 2.

Fuente: Elaboración propia a partir de QGIS.

El tren de tratamiento planteado en esta alternativa será capaz de realizar un tratamiento a nivel básico, más que suficiente para los contaminantes que aparecen en el parque.

Las tareas de mantenimiento se dividirán en dos. Por un lado, las requeridas por parte de las cunetas verdes, y por otro lado las requeridas por el estanque de detención.

Tabla 3. Mantenimiento de las cunetas vegetadas.

TAREAS	FRECUENCIA
Eliminar sedimentos, basura y hierbas no deseadas de la superficie de la cuneta	Mensual
Regar y recortar la vegetación para mantener la altura de la misma dentro del rango de diseño	Mensual
Inspección de los elementos de entrada, salida y rebose	Mensual
Inspección de la superficie de infiltración	Mensual
Repoblar las áreas con poca vegetación	Cuando sea necesario
Reparar o rehabilitar los elementos de entrada, salida y pretratamiento	Cuando sea necesario
Nivelar las superficies irregulares y restaurar la topografía de diseño	Cada 10 años

Fuente: Guía Básica de Diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible para el término municipal de Castellón.

Tabla 4. Mantenimiento estanques de detención.

TAREAS	FRECUENCIA
Retirada de basuras y sedimentos	Mensual
Cortar la vegetación y retirar las malas hierbas	Mensual
Inspección de los elementos de entrada, salida, así como el aliviadero en búsqueda de obstrucciones	Mensual
Inspección de taludes	Anual
Revegetar los taludes, reparar elementos adicionales (mobiliario urbano, vallas)	Cuando sea necesario
Nivelar la base de la balsa y reinstalar los niveles establecidos en el diseño	Cuando sea necesario

Fuente: Guía Básica de Diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible para el término municipal de Castellón.

El coste de instalación y mantenimiento será bajo tanto en las cunetas verdes, como en los estanques de detención.

3.1.3 Alternativa 3

3.1.3.1 Descripción

La alternativa 3 consistirá en la instalación de zanjas de infiltración sustituyendo los caminos existentes, además de crear otros nuevos que responden a actuales líneas de deseo existentes en el parque.

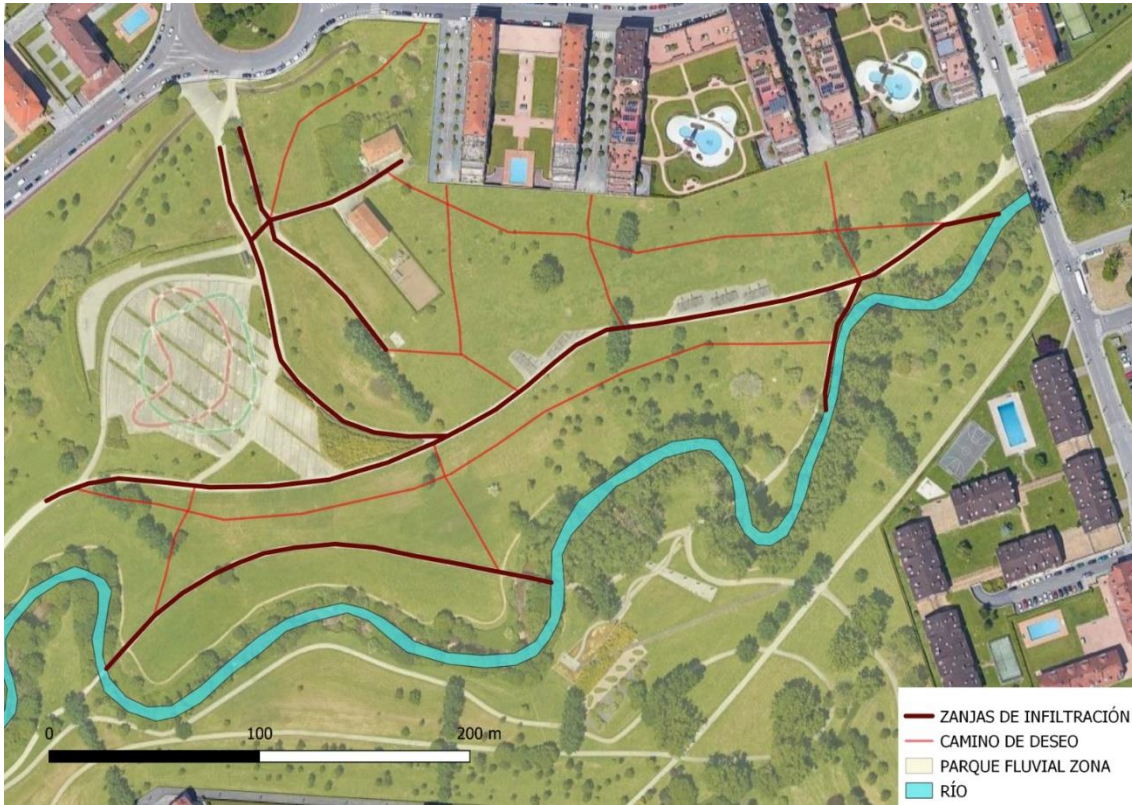


Ilustración 53. Disposición alternativa 3.

Fuente: Elaboración propia a partir de QGIS.

3.1.3.2 Diseño hidráulico

El diseño seguido en esta alternativa viene recogido en la siguiente ilustración apareciendo reflejados en la misma los flujos superficiales (flechas rojas), los flujos a través de las zanjas de infiltración (flechas negras), así como los puntos de vertido al cauce natural.

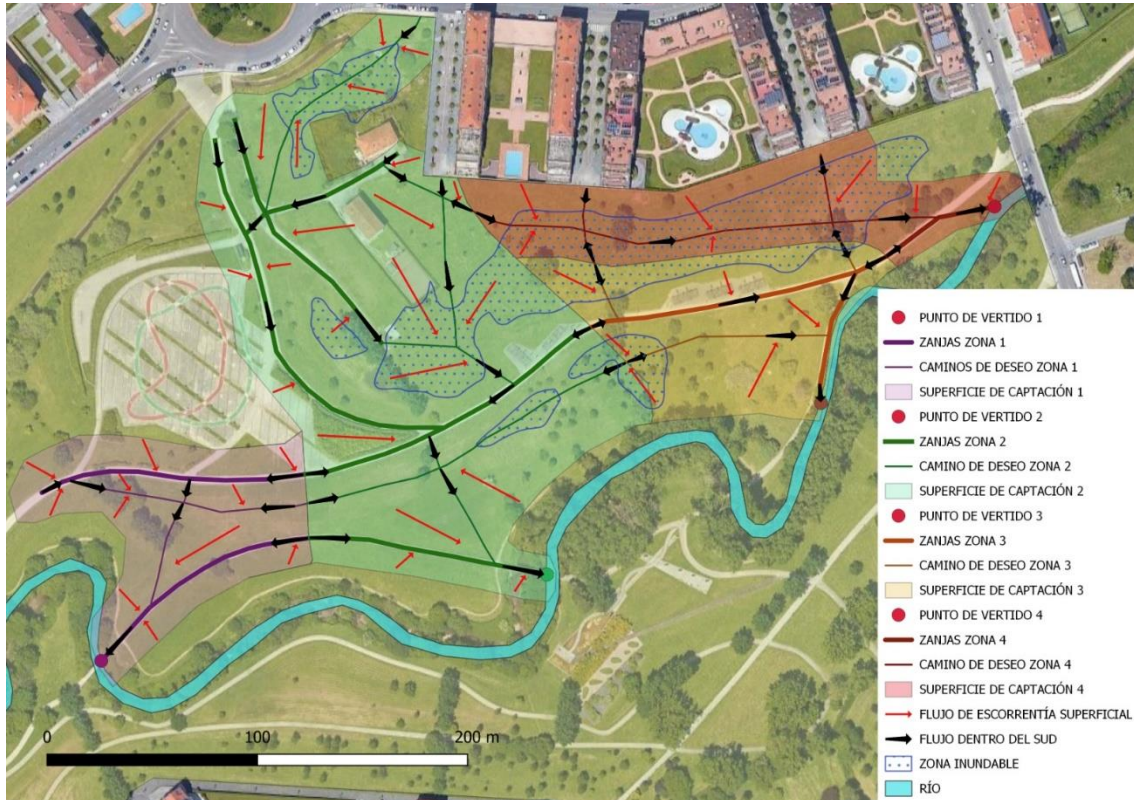


Ilustración 54. Diseño hidráulico alternativa 3.

Fuente: Elaboración propia a partir de QGIS.

3.1.3.3 Análisis de la alternativa

En cuanto al valor ambiental, esta alternativa tendrá un impacto nulo sobre el parque, tanto en aspectos positivos como negativos, no afectando de ninguna manera a la biodiversidad ni a la vegetación existente, y teniendo un carácter plenamente funcional.

Por otra parte, la implantación de zanjas filtrantes disipará los problemas de inundaciones, respondiendo a la necesidad por parte de los usuarios de nuevos caminos.

Con esta serie de medidas se asegurará la captación de las aguas caídas en una superficie de 59.143,92 m² (Ilustración 55) teniendo un volumen para el almacenamiento e infiltración de 7642,00 m³.



Ilustración 55. Superficie de contribución alternativa 2.

Fuente: Elaboración propia a partir de QGIS.

Este sistema de drenaje proporcionará un alto tratamiento a las aguas, previo a su posterior infiltración al terreno.

Las tareas de mantenimiento atenderán a las siguientes recomendaciones:

Tabla 5. Mantenimiento de zanjas de infiltración.

TAREAS	FRECUENCIA
Inspección de los elementos de pretratamiento y la superficie de infiltración. En su caso, retirada de las hojas y basuras	Mensual
Inspección de la reja del pozo, cerciorándose que la misma se encuentra en su lugar.	Mensual
Recorte de las raíces que puedan causar obstrucciones en el sistema	Anual
Inspección técnica de la superficie de infiltración en búsqueda de posibles zonas colmatadas	Anual
Comprobación de vaciado de zanja tras evento de lluvia (48 horas después)	Anual o tras evento de lluvia
Retirada y reemplazo de los primeros 20 cm del medio drenante, así como reemplazo del geotextil superficial	Cada 10 años

Fuente: Guía Básica de Diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible para el término municipal de Castellón.



3.2 Valoración de alternativas

En este punto, y a partir de un análisis multicriterio (descrito en puntos anteriores), se obtendrá la alternativa más viable en base a los criterios establecidos con anterioridad.

Para realizar esta valoración de las alternativas mediante un análisis multicriterio será necesario ponderar los parámetros para cada una de las alternativas objeto de estudio.

En primer lugar, se asignará una valoración entre 0 y 5 a cada parámetro para las 3 alternativas:

3.2.1 Valor ambiental y paisajístico

Sobre este parámetro, y como se mencionó en puntos anteriores, se evaluarán dos aspectos fundamentales, la biodiversidad y la sostenibilidad.

3.2.1.1 Alternativa 1

Con la implantación de esta alternativa se obtendrá una puntuación de 5 en este parámetro, dado que se considera que la creación de un estanque de retención supondrá la generación de un nuevo ecosistema dentro del parque, con la consiguiente aparición de especies animales y vegetales.

3.2.1.2 Alternativa 2

Con la implantación de esta alternativa se obtendrá una puntuación de 3 en este parámetro, al generar las cunetas verdes nuevos espacios vegetados en el parque. Por otra parte, la creación de varios estanques de detención no tendrá efectos directos sobre este parámetro.

3.2.1.3 Alternativa 3

La implantación de esta alternativa no supondrá efectos significativos sobre el parque. Por ello, la valoración asignada será de 0.

3.2.2 Viabilidad técnica

Sobre este parámetro se valorarán cuatro aspectos, siendo los mismos la durabilidad, mantenimiento, tiempo de ejecución, así como la dificultad constructiva.

En cuanto a la durabilidad, se considera que todos los sistemas tienen una alta durabilidad.

3.2.2.1 Alternativa 1

La implantación de esta alternativa tendrá una ponderación de 3 sobre 5, al tener todos los aspectos de valoración una calificación media.

3.2.2.2 Alternativa 2

En este caso, la implantación de esta alternativa supondrá una ponderación de 5, ya que el análisis de todos los aspectos da como resultado un mantenimiento medio, una sencilla construcción, así como un tiempo de ejecución bajo.

3.2.2.3 Alternativa 3

Con la implantación de esta alternativa, se obtendrá una puntuación de 3, dado que a pesar de que el mantenimiento de estos sistemas será bajo, tanto el tiempo de ejecución como el proceso constructivo serán más complicados, pudiendo requerir cerrar el parque temporalmente.



3.2.3 Superficie potencial de captación de aguas

Este parámetro tendrá en cuenta la superficie en metros cuadrados sobre los que tendrán efecto las distintas alternativas.

3.2.3.1 Alternativa 1

Esta alternativa actuará sobre 51.734,45 m², lo que supone un 18,54 % de la superficie total del parque. La puntuación de esta alternativa será de 3 sobre 5.

3.2.3.2 Alternativa 2

Esta alternativa actuará sobre 44.210,76 m², lo que supone un 15,84 % de la superficie total del parque. La puntuación de esta alternativa será de 2 sobre 5.

3.2.3.3 Alternativa 3

Esta alternativa actuará sobre 59.143,92 m², lo que supone un 21,19 % de la superficie total del parque. La puntuación de esta alternativa será de 4 sobre 5.

Como se puede apreciar de los datos mostrados anteriormente la superficie potencial de captación de aguas no difiere mucho entre las alternativas propuestas.

3.2.4 Capacidad de almacenamiento de los sistemas empleados

Este parámetro se corresponde con la capacidad de almacenamiento de cada una de las alternativas, bien sea para su posterior tratamiento, laminación de la avenida o la infiltración al terreno.

3.2.4.1 Alternativa 1

La capacidad de almacenamiento de esta alternativa viene dada por el estanque de retención, contando el mismo con un volumen potencial de almacenamiento de aguas de 3.800 m³. La puntuación de esta alternativa será de 4 sobre 5.

3.2.4.2 Alternativa 2

La capacidad de almacenamiento de esta alternativa se corresponde con la capacidad de los estanques de detención, contando el conjunto con un volumen potencial de almacenamiento de aguas de 3.300 m³. La puntuación de esta alternativa será entonces de 3 sobre 5.

3.2.4.3 Alternativa 3

La capacidad de almacenamiento de esta alternativa viene dada por el volumen de las zanjas, considerando un índice de huecos del 50%. Por tanto, la misma atenderá a la mitad del volumen del conjunto, contando con un valor de 7.641,66 m³. La puntuación de esta alternativa será por tanto de 5 sobre 5.



3.2.5 Nivel de tratamiento alcanzado

Este parámetro analizará el tratamiento alcanzado en las aguas de escorrentía para los contaminantes presentes en el parque.

3.2.5.1 Alternativa 1

Con la implantación de esta alternativa, el tratamiento alcanzado en las aguas de escorrentía contará con una puntuación de 4. Esto es debido a la alta capacidad de tratamiento por parte del estanque de retención.

3.2.5.2 Alternativa 2

Esta alternativa también contará con un nivel de tratamiento alto, por la acción conjunta de las cunetas verdes y los estanques de detención, obteniendo una puntuación de 5.

3.2.5.3 Alternativa 3

Esta alternativa será la más limitada en cuanto al tratamiento del agua se refiere, puesto que en periodos de lluvias intensas realizará labores de transporte, filtrando el agua previamente a su vertido al cauce natural. La puntuación de la misma será de 2 sobre 5.

3.2.6 Economía

Este parámetro considerará los costes de implantación de los sistemas empleados en el parque.

3.2.6.1 Alternativa 1

En este caso, con esta alternativa se obtendrá una puntuación de 2, ya que los costes de implantación de los drenes filtrantes son medios, mientras que los de los estanques de retención son altos.

3.2.6.2 Alternativa 2

En este caso, con esta alternativa se obtendrá una puntuación de 4, ya que los costes de implantación de las cunetas verdes son bajos, mientras que los de los estanques de detención tienen un coste medio.

3.2.6.3 Alternativa 3

En este caso, y con esta alternativa, se obtendrá una puntuación de 3, ya que el coste de implantación de las zanjas de infiltración es medio.



3.2.7 Nuevos servicios para el parque

3.2.7.1 Alternativa 1

Esta alternativa supondrá una valoración de 5, al generar un nuevo atractivo para el entorno del Parque Fluvial, destacando la implantación de un estanque.

3.2.7.2 Alternativa 2

En este caso, las cunetas verdes tendrán un impacto visual positivo por su alto valor estético, no teniendo impacto significativo alguno la implantación de depósitos de detención. La valoración será por tanto de 3 sobre 5.

3.2.7.3 Alternativa 3

En este caso, y con la implantación de esta alternativa, se crearán nuevos caminos que sustituirán las actuales líneas de deseo. Por tanto, la puntuación de esta alternativa será de 2 sobre 5.



3.2.8 Tablas de valoración

Una vez asignados los valores anteriores se obtiene la siguiente tabla.

Tabla 6. Análisis multicriterio.

	Valor ambiental e impacto paisajístico	Viabilidad técnica	Superficie potencial de captación de aguas	Capacidad de almacenamiento de los sistemas empleados	Nivel de tratamiento alcanzado	Economía	Nuevos servicios para el parque	Suma
Alternativa 1	5	3	3	4	4	2	5	26
Alternativa 2	3	5	2	3	5	4	3	25
Alternativa 3	0	3	4	5	2	3	2	19

Posteriormente, y tras obtener unas primeras valoraciones, se procede a ponderar cada uno de los parámetros anteriores en base a los porcentajes definidos anteriormente, obteniéndose una nueva tabla:

Tabla 7. Análisis multicriterio ponderado.

	Valor ambiental e impacto paisajístico	Viabilidad técnica	Superficie potencial de captación de aguas	Capacidad de almacenamiento de los sistemas empleados	Nivel de tratamiento alcanzado	Economía	Nuevos servicios para el parque	Suma
Alternativa 1	0,5	0,6	0,3	0,6	0,6	0,4	0,5	3,5
Alternativa 2	0,3	1	0,2	0,45	0,75	0,8	0,3	3,8
Alternativa 3	0	0,6	0,4	0,75	0,3	0,6	0,2	2,85

Como se puede comprobar en esta tabla, la alternativa más favorable es la dos. A continuación, se realizará un estudio detallado de la misma.

3.2.9 Alternativa elegida

En base a los resultados obtenidos del análisis multicriterio realizado se concluye que la alternativa más adecuada es la que se corresponde con la implantación de cunetas verdes y estanques de detención, seguida de la alternativa que se corresponde con drenes filtrantes y un estanque de retención. En último lugar, aparecería la alternativa correspondiente a las zanjas de infiltración.

Por su parte, que la alternativa 2 resulte más viable es debido principalmente a su viabilidad técnica, el nivel de tratamiento alcanzado y los criterios económicos.

Las cunetas verdes tendrán las medidas que se reflejan en la Ilustración 56, captando y filtrando las escorrentías superficiales. A su vez, las mismas contarán con unas pendientes laterales ligeras, con el fin de no presentar riesgos para la seguridad de los usuarios del parque. Cabe destacar que se aplicarán las pendientes necesarias a lo largo de toda la zona de actuación, para facilitar así, que las aguas de escorrentía discurran de dicha forma hacia las cunetas verdes.

La vegetación presente en estas cunetas favorece la eliminación de contaminantes mediante procesos de sedimentación, filtración, evapotranspiración y filtración al terreno.

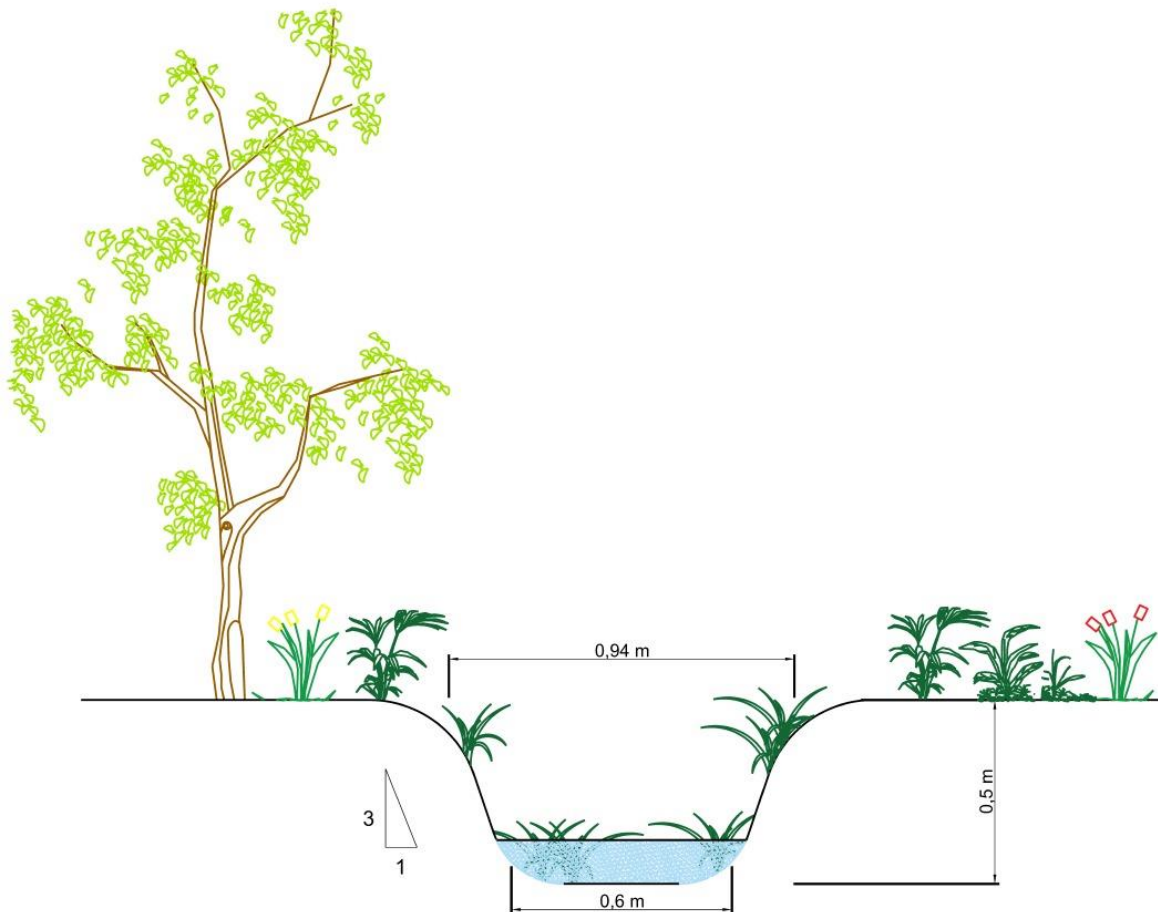


Ilustración 56. Sección tipo cunetas verdes.

Fuente: Elaboración propia.

En esta alternativa se situarán 3 estanques de detención, que seguirán la distribución prevista en la Ilustración 57. Estos serán depresiones vegetadas que permanecerán secas la mayor parte del tiempo, inundándose en eventos de lluvia con el objetivo de almacenar la escorrentía superficial.

Los citados estanques de detención se dimensionarán con la finalidad de que puedan vaciarse en menos de 48 horas tras la precipitación.

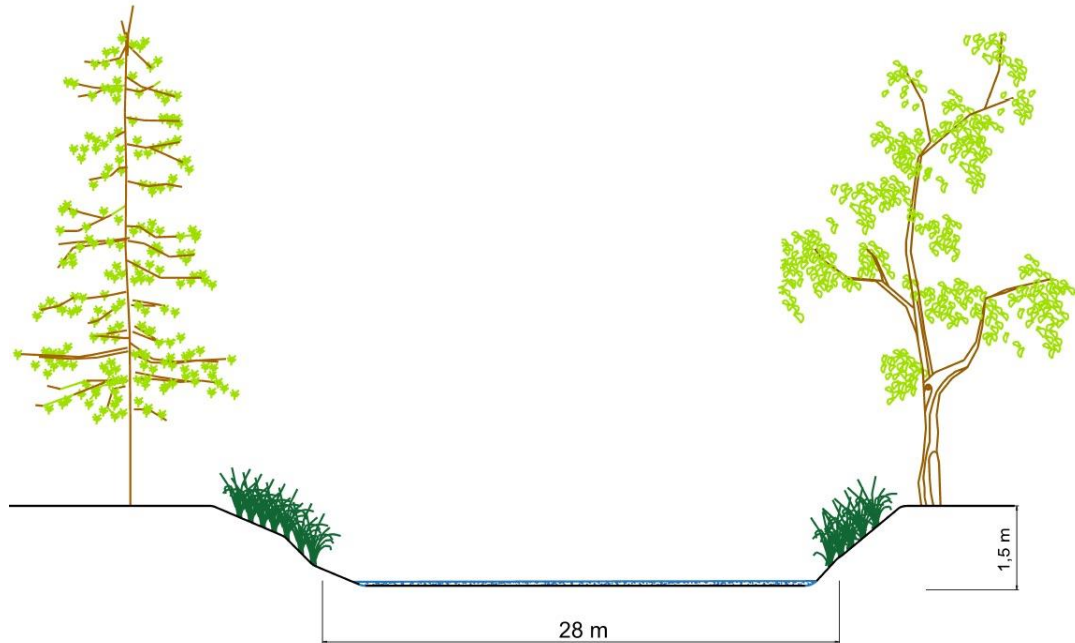


Ilustración 57. Sección tipo estanques de detención.

Fuente: Elaboración propia.

Se realizan los cálculos de capacidad de infiltración de los estanques de detención, determinándose los siguientes valores de permeabilidad del terreno para cumplir las condiciones de vaciado. En el Anejo de Cálculos, incluido en el documento de la memoria, se pueden consultar de forma más detallada los cálculos realizados de los valores de permeabilidad de los estanques de detención.

Tabla 8. Valores de permeabilidad de los estanques de detención propuestos.

Permeabilidad requerida	
Estanque de detención 1	$1,8 \cdot 10^{-6}$ m/s
Estanque de detención 2	$6,5 \cdot 10^{-6}$ m/s
Estanque de detención 3	$5 \cdot 10^{-6}$ m/s

En el caso de que los ensayos realizados aportarán valores de permeabilidad menores, sería necesaria la ampliación de las áreas de los estanques para mantener las capacidades de infiltración propuestas.

Un cálculo detallado del coste de implantación de esta alternativa se puede consultar en el Documento III. Presupuesto de este TFM. En la tabla siguiente se indica un resumen de este:

Tabla 9. Resumen del presupuesto de implantación de la alternativa.

CAPITULO	RESUMEN	EUROS
01	IMPLANTACIÓN DE SUDS	68.603,60 €
02	JARDINERÍA	28.891,50€
03	CONTROL DE CALIDAD	996,34 €
04	SEGURIDAD Y SALUD	4.102,10 €
	TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	102.593,54
	Gastos generales (13%)	13.337,16 €
	Beneficio industrial (6%)	6.155,61 €
	IVA (21%)	25.638,13 €
	TOTAL PRESUPUESTO GENERAL	147.724,44 €

3.2.9.1 Planificación de la alternativa

En este punto se refleja un diagrama de Gantt donde se recogen todas las tareas que serán necesarias para la ejecución de las obras de este estudio técnico:

- La primera tarea se corresponde con el control de calidad, es decir, los ensayos y las tomas de muestras necesarias para la ejecución del proyecto, comprendiendo estas tareas 2 semanas.
- La segunda tarea se corresponde con la implantación de SUDS, comenzando con una retirada de la capa vegetal (1 semana), actividades de desmonte a máquina (2 semanas), explanación/perfilado/nivelación (1 semana). Por último, se dispondrán los cercados entorno a los estanques de detención, realizándose dicha tarea de manera simultánea a la explanación/perfilado y nivelación.
- La tercera tarea se corresponde con la jardinería, incluyendo la preparación de la superficie para el césped, la nivelación y extendido de tierra fértil, así como la formación del mismo. Para estas tareas se destinará la semana 7.
- Por último, el apartado correspondiente a seguridad y salud estará presente a lo largo de las 7 semanas de duración de las obras.

FASES	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7
Control de calidad							
Implantación de SUDS							
Jardinería							
Seguridad y salud							

Ilustración 58. Diagrama de Gantt correspondiente a la alternativa seleccionada.

Fuente: Elaboración propia.

4 Valoración económica y planificación del estudio técnico

En este punto se valorará económicamente el trabajo realizado a lo largo de este Trabajo Fin de Máster en caso de ser el mismo redactado por un profesional en ejercicio libre de la profesión, cuyo trabajo consiste en una consultoría encargada por el Ayuntamiento de Gijón, con el objetivo de solventar la problemática del Parque Fluvial de Viesques.

A continuación, se reflejan las partidas a tener en cuenta de cara a esta valoración económica, siendo las siguientes:

4.1 Informática

En este punto se tendrá en cuenta el equipo empleado para la realización del estudio, tanto a nivel de Hardware, como de Software, obteniéndose el coste de la siguiente manera:

$$\text{Coste informático} = \frac{\text{Coste equipo empleado} \cdot \text{Tiempo de uso}}{\text{Tiempo de amortización}}$$

- Coste informático: Coste imputable al estudio (€)
- Coste equipo empleado: Coste del equipo en el momento de su compra (€)
- Tiempo de uso: tiempo de utilización del equipo para la realización del estudio (años)
- Tiempo de amortización: durabilidad del equipo, hasta el momento de sustitución de este (años)

En este punto también se incorporarán los costes de los programas empleados para llevar a cabo este estudio (Microsoft 365, AutoCAD, Windows 10 y MicroStation).

Tabla 10. Estimación económica hardware.

	Coste equipo empleado	Tiempo de uso	Tiempo amortización	Coste
HP Omen 15-DC1016NS Intel Core i7-9750H/16GB/1TB SSD/GTX 1650/15.6"	911,48 €	0,25	5	45,57 €

Tabla 11. Estimación económica software.

	Coste equipo empleado	Tiempo de uso	Tiempo amortización	Coste
Microsoft Windows 10	85,00 €	0,25	5	4,25 €
Microsoft 365	202,08 €	0,25	1	50,52 €
Autodesk AutoCAD	1.840,50 €	0,25	1	460,12 €
MicroStation	6.025,00 €	0,25	6	251,04 €
Total				765,94 €

4.2 Personal

El coste personal de la elaboración de este proyecto es calculado en base a las horas necesarias para la realización de este estudio técnico, considerando un precio por hora de trabajo de 50 euros.

Se estiman necesarias 388 horas para la realización del proyecto.

Tabla 12. Estimación económica personal.

	Coste horario	Horas dedicadas	Coste
Recopilación de información	50,00 €	60	3.000,00 €
Análisis de la situación	50,00 €	48	2.400,00 €
Realización de cálculos	50,00 €	100	5.000,00 €
Elaboración de planos	50,00 €	100	5.000,00 €
Redacción y maquetación	50,00 €	40	2.000,00 €
Correcciones y revisiones	50,00 €	40	2.000,00 €
TOTAL			19.400,00 €

4.3 Gastos generales

Los gastos generales se corresponden con el desplazamiento necesario para la elaboración del proyecto, así como los gastos referidos a luz y conexión a internet.

En cuanto a desplazamiento el gasto es de 80 euros, siendo de luz y conexión a internet 200 euros.

4.4 Valoración económica del proyecto

La valoración económica del proyecto es la que sigue:

Tabla 13. Valoración económica proyecto.

	Coste
Hardware	45,57 €
Software	765,94 €
Personal	19.400,00 €
Gastos generales	280 €
Coste bruto proyecto	20.491,51 €
Beneficio industrial (6%)	1.229,49 €
Total	21.721,00 €
IVA (21%)	4.561,41 €
Coste final proyecto	26.282,41 €

Firmado por: Andrea Fernández Fernández



4.5 Planificación

En este apartado se muestra la planificación de las tareas llevadas a cabo para la redacción de este estudio técnico, siendo la duración total de 388 horas, repartidas a lo largo de 12 semanas:

- La primera tarea llevada a cabo se corresponde con la recopilación de información, siendo la duración de 60 horas, repartidas a lo largo de 2 semanas.
- Posteriormente se refleja la duración del análisis de la situación, correspondiéndose con 40 horas de duración, repartidas de igual forma a lo largo de 2 semanas.
- La tercera tarea se corresponde con la realización de los cálculos necesarios, para lo que se emplearon 100 horas, repartidas a lo largo de 3 semanas.
- La cuarta tarea por su parte se corresponde con la elaboración de los planos necesarios, para lo que se emplearon 100 horas, repartidas a lo largo de 3 semanas.
- Las dos últimas semanas se corresponden con la redacción y maquetación, para lo que se emplearon un total de 40 horas.
- Por último, las revisiones y correcciones fueron realizadas a lo largo de las 12 semanas, para lo que se emplearon 40 horas.

A continuación, se refleja un diagrama de Gantt o cronograma, donde se recoge la planificación llevada a cabo:

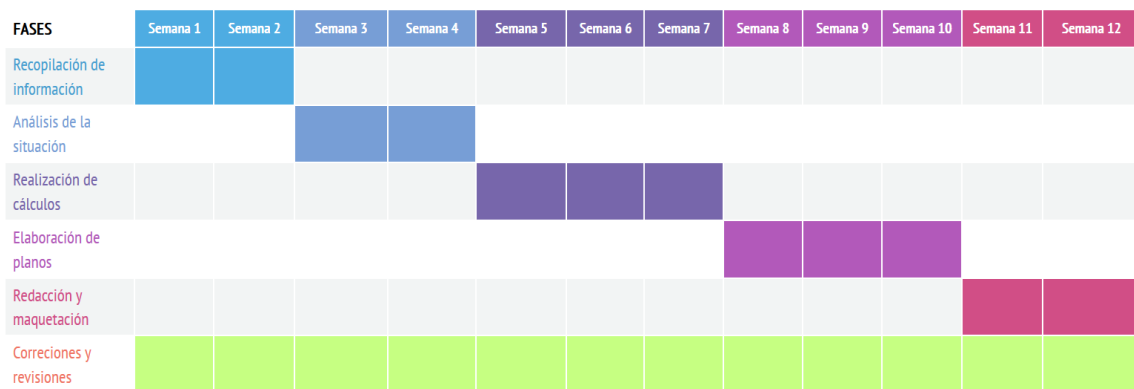


Ilustración 59. Diagrama de Gantt correspondiente a la redacción del estudio técnico.

Fuente: Elaboración propia.



5 Conclusiones

Como conclusión de este estudio técnico se puede extraer que la utilización de SUDS en el entorno puede suponer una mejora significativa en los servicios ofrecidos por el Parque Fluvial de Viesques. La utilización de estas técnicas a su vez puede solventar los problemas de inundaciones que sufre la zona desde hace más de una década, problemas que no fueron solventados mediante la utilización de sistemas convencionales de drenaje.

Por otra parte, la aplicación de este tipo de técnicas, además de resultar más económicas a largo plazo, enriquecerían notablemente la imagen del parque, pudiendo marcar un nuevo inicio en la aplicación de SUDS en la región.

Para la selección de la alternativa más recomendable se han empleado con éxito diversas herramientas, entre las que destacan un DAFO y un análisis multicriterio, ambas muy eficientes como metodologías de trabajo en la búsqueda de soluciones.

La alternativa seleccionada resulta ser la más ventajosa en cuanto a los parámetros establecidos, ya que además de que el coste de implantación es moderado, las operaciones de mantenimiento no difieren de las que se realizan actualmente en el parque, siguiendo procedimientos análogos.

Además, la misma contará con una gran capacidad de captación de aguas y un gran volumen de laminación, siendo capaz de tratar los contaminantes presentes en las aguas de escorrentía del entorno.

Finalmente, y a partir del empleo de SUDS se consigue reducir el impacto del cambio climático en el entorno, desarrollando sistemas de gestión de las aguas de lluvia capaces de hacer frente a las necesidades actuales y futuras.

Cabe destacar, que este estudio técnico puede considerarse predecesor de cara a la realización de un proyecto de tipo constructivo en el parque.

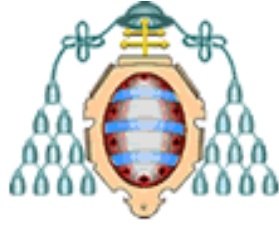
Bibliografía

- Andrés-Valeri, V. C., Perales-Momparler, S., Sañudo Fontaneda, L. A., Andrés-Doménech, I., Castro-Fresno, D., and Escuder-Bueno, I. (2016). *Sustainable Drainage Systems in Spain. Sustainable Surface Water Management: A Handbook for SUDS*.
- Ayuntamiento de Gijón. (n.d.). “Padrón De Habitantes Actual. Población Barrios Y Parroquias Por Sexo — Observa 2.0.” <<https://observa.gijon.es/explore/dataset/padron-de-habitantes-actual-poblacion-barrios-y-parroquias-por-sexo/table/?flg=es>> (Aug. 18, 2020).
- Beroiz (C.G.S.), C., Ramirez de Pozo (C.G.S.), J., Giannini (C.G.S.), G., Barón (C.G.S.), A., Julivert (Universidad de Oviedo), M., and Truyols (Universidad de Oviedo), J. (1972). *Mapa Geológico de España*.
- Confederación Hidrográfica del Cantábrico. (2014). *Mapas de peligrosidad y riesgo de zonas asociadas a avenidas de origen fluvial en la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental - WebCHC*.
- Doodlittle, L., Dobson, L., Garland, S., Hauth, E., Jerrick, N., Hinton, D., Uchiyama, D., Sharp, C., Hottenroth, D., Liptan, T., and Mann, L. (2016). *Stormwater Solution Handbook*. Portland.
- Duffy, A., Jefferies, C., Waddell, G., Shanks, G., Blackwood, D., and Watkins, A. (2008). *A cost comparison of traditional drainage and SUDS in Scotland. Water Science and Technology*.
- Fletcher, T. D., Shuster, W., Hunt, W. F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., Trowsdale, S., Barraud, S., Semadeni-Davies, A., Bertrand-Krajewski, J.-L., Dagenais, D., and Viklander, M. (2015). “SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage.” *Urban Water Journal*, 12(7), 525–542.
- Gutierrez Claverol, M., Torres Alonso, M., and Cabal Luque, C. (2002). *El subsuelo de Gijón. Aspectos geológicos*.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2011). *ATLAS CLIMÁTICO IBÉRICO IBERIAN CLIMATE ATLAS GOBIERNO DE ESPAÑA*.
- Ministerio para la Transición Ecológica. (2018). *Informe Anual de AEMET 2018*.
- Perales Momparler, S., and Calcerrada Romero, E. (2018). *Guía Básica de Diseño de Sistemas de Gestión Sostenible de Aguas Pluviales en Zonas Verdes y otros Espacios Libres*. Madrid.
- Perales Momparler, S., Calcerrada Romero, E., Badenes Catalán, C., and Beltrán Pitarch, I. (2019). *Guía Básica de diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible para el término municipal de Castellón de la Plana*.
- Presedo, A. (2012). “La obra del gran colector de Viesques se hará con tuneladora y durará dos años | El Comercio.” *El Comercio*, Gijón.
- Presedo, A. (2014). “Tubos de 40 toneladas en el colector de Viesques | El Comercio.” *El Comercio*, Gijón.
- Sañudo-Fontaneda, L. A. (2014). “Análisis De La Infiltración De Agua De Lluvia En Firmes Permeables Con Superficies De Adoquines Y Aglomerados Porosos Para El Control En Origen De Inundaciones.” 1–448.
- Valenzuela Fernández, M. F. C. (1989). “Estratigrafía, sedimentología y paleogeografía del jurásico de Asturias.” Universidad de Oviedo.



Victorian Stormwater Committee. (1999). *Urban Stormwater Best Practice Environmental Management Guidelines*. Melbourne, Australia.

Woods Ballard, B., Wilson, S., Udale-Clarke, H., Illman, S., Scott, T., Ashley, R., and Kellagher, R. (2015). “CIRIA SuDS Manual.” London.



UNIVERSIDAD DE OVIEDO

ESCUELA POLITÉCNICA DE MIERES

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y
PUERTOS**

**DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN E INGENIERIA DE FABRICACIÓN
ÁREA DE INGENIERIA DE LA CONSTRUCCIÓN**

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**ESTUDIO DE IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS
URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE EN EL
PARQUE FLUVIAL DE VIESQUES, GIJÓN**

ANEJO I. CÁLCULOS

AUTOR: Andrea Fernández Fernández



ÍNDICE

1	Cálculos hidrológicos.....	1
1.1	Cálculo de la precipitación diaria máxima para el periodo de retorno.....	1
1.2	Cálculo de los caudales de diseño.....	3
1.2.1	Cálculo de la intensidad de precipitación	4
1.2.2	Obtención del coeficiente de escorrentía.....	7
2	Alternativa 1.....	8
2.1	Cálculo de los drenes.....	8
2.1.1	Subcuenca 1	8
2.2	Cálculo estanque de retención.....	10
3	Alternativa 2.....	11
3.1	Cálculo de las cunetas verdes	11
3.2	Cálculo de los estanques de detención.....	14
3.3	Cálculo de las permeabilidades.....	15
4	Alternativa 3.....	16
	Bibliografía	18



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Coordenadas U.T.M. referidas al Huso 30.....	1
Ilustración 2. Valores del coeficiente de variación y de la máxima precipitación diaria anual. ...	2
Ilustración 3. Tabla para la obtención del factor de amplificación en función del coeficiente de variación y el periodo de retorno.....	2
Ilustración 4. Mapa de obtención del índice de torrencialidad.	5
Ilustración 5. Tipos de cunetas.....	11



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Caudales obtenidos para las distintas alternativas.	7
Tabla 2. Resultados de todas las cuencas de la alternativa 1.	9
Tabla 3. Coeficiente de rugosidad n.	12
Tabla 4. Velocidades máximas admisibles cunetas.	14
Tabla 5. Resultados alternativa 2 (cunetas).	14
Tabla 6. Resultados alternativa 2 (estanques).	15
Tabla 7. Permeabilidades requeridas estanques alternativa 2.	15
Tabla 8. Resultados alternativa 3.	17

1 Cálculos hidrológicos

Los cálculos descritos en el siguiente apartado han sido obtenidos a partir de dos guías de drenaje urbano, particularmente la normativa de la Instrucción de Carreteras 5.2 de drenaje superficial (Gobierno de España Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo 2016), así como el Manual referente a las Máximas Lluvias diarias en la España Peninsular (Fomento. 1999).

1.1 Cálculo de la precipitación diaria máxima para el periodo de retorno

En primer lugar, será necesario acudir al plano guía del Manual de Máximas Lluvias en la España Peninsular (página 28).

El presente estudio técnico se realizará en el municipio de Gijón, perteneciente a la provincia del Principado de Asturias, y encontrándose por tanto en la zona de Oviedo 2-1 (Ilustración 1) del citado manual.

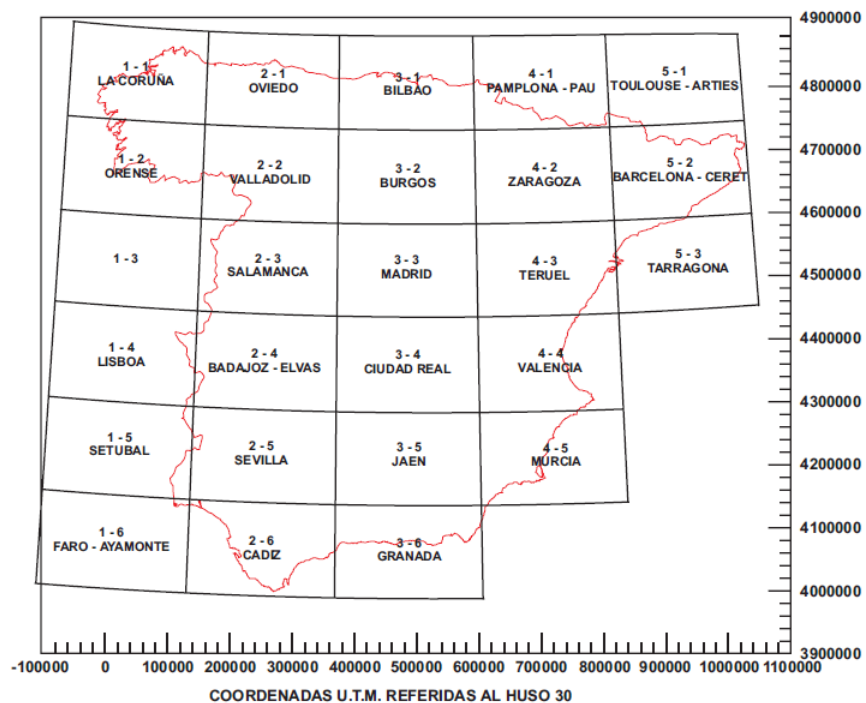


Ilustración 1. Coordenadas U.T.M. referidas al Huso 30.

Fuente: (Fomento. 1999)

Posteriormente, será necesario estimar, a partir de las isolíneas que se encuentran en la zona de Gijón, tanto el coeficiente de variación, como el valor de la máxima precipitación diaria anual (capítulo 7 correspondiente a drenaje superficial del citado manual).



En este caso, como se puede ver en la Ilustración 2 el coeficiente de variación tendrá un valor de 0,350 (líneas rojas) mientras que el valor medio de la máxima precipitación diaria anual se corresponderá con un valor aproximado de 60 mm/día (líneas moradas), manteniéndose de dicha forma del lado de la seguridad.

$$C_v = 0,350$$

$$\bar{P} = 60 \text{ mm/día}$$

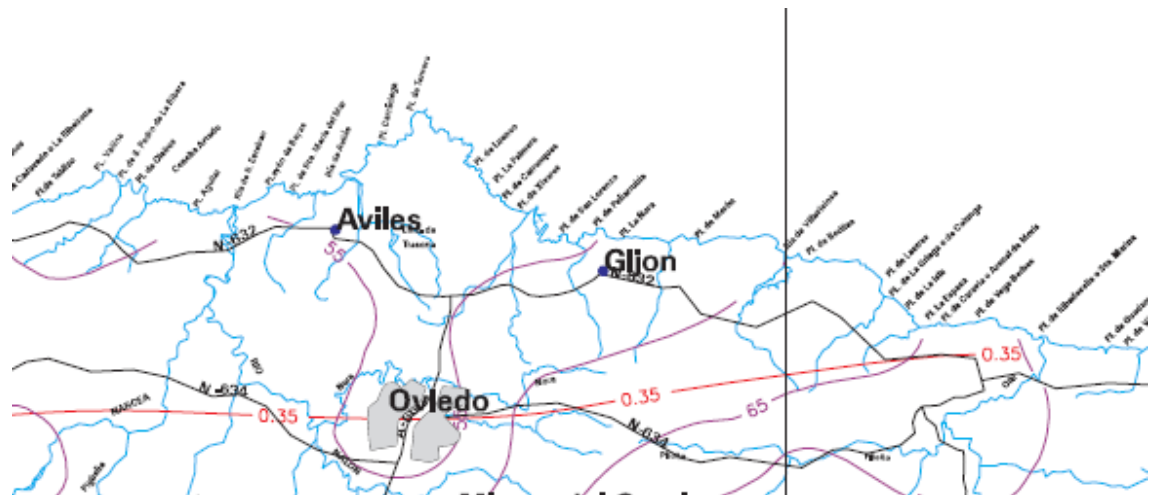


Ilustración 2. Valores del coeficiente de variación y de la máxima precipitación diaria anual.

Fuente: (Fomento. 1999)

Una vez han sido obtenidos dichos valores, es necesario, y a partir de un determinado periodo de retorno T , obtener el valor de amplificación K_T .

Para mantenerse del lado de la seguridad, y no sobredimensionar el sistema, se decide que el periodo de retorno empleado para la zona de estudio será de 5 años, sabiendo que de forma general y en ámbitos urbanos, se emplean periodos de retorno comprendidos entre 1 y 2 años. A partir de la tabla que figura en la página 13 del documento referente a las Máximas Lluvias Diarias en la España Peninsular, definida a partir del coeficiente de variación y del periodo de retorno en años, podrá obtenerse el factor de amplificación K_T :

C_v	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
0.30	0.935	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541
0.31	0.932	1.198	1.385	1.640	1.854	2.068	2.296	2.602
0.32	0.929	1.202	1.400	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663
0.33	0.927	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724
0.34	0.924	1.213	1.423	1.717	1.930	2.174	2.434	2.785
0.35	0.921	1.217	1.438	1.732	1.961	2.220	2.480	2.831

Ilustración 3. Tabla para la obtención del factor de amplificación en función del coeficiente de variación y el periodo de retorno.

Fuente: (Fomento. 1999)



En el caso concreto de Gijón, y para un coeficiente de variación C_V de 0,35 y con un periodo de retorno $T=5$ años, se obtiene un K_T de 1,217.

Con el valor de K_T y el valor de la máxima precipitación diaria anual, se obtiene la precipitación diaria máxima en función del periodo de retorno (P_T):

$$P_T = \bar{P} \cdot K_T = 60 \frac{\text{mm}}{\text{día}} \cdot 1,217 = 73,020 \text{ mm/día} \quad (1)$$

1.2 Cálculo de los caudales de diseño

En este punto, se realizará el cálculo para la obtención del caudal máximo que le va a llegar al sistema en función del periodo de retorno que tiene la zona objeto de estudio. Para ello, habrá de apoyarse en el método racional de la Norma 5.2-IC. de drenaje superficial.

A partir de este punto, el procedimiento de cálculo será análogo, siendo diferentes los valores de entrada para cada alternativa.

Por tanto, se desarrollará el procedimiento en detalle para la alternativa 1, mientras que el resto de los resultados se dispondrán en una tabla (alternativas 2 y 3).

A partir del método racional que se refleja en la Norma 5.2-IC, la fórmula para calcular el caudal máximo anual es la siguiente:

$$Q_T = \frac{I(T,t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_t}{3,6} \quad (2)$$

- Q_T (m^3/s): caudal máximo anual correspondiente al periodo de retorno T , en el punto de desagüe de la cuenca.
- $I(T,t_c)$ (mm/h): intensidad de precipitación correspondiente al periodo de retorno considerado T , para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración t_c de la cuenca.
- C (adimensional): coeficiente medio de escorrentía de la cuenca o superficie considerada.
- A (km^2): área de la cuenca o superficie considerada.
- K_t (adimensional): coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.



1.2.1 Cálculo de la intensidad de precipitación

Para poder aplicar la fórmula anterior, habrá que calcular todos los términos de la misma por independiente.

$$I(T, t) = I_d \cdot F_{int} \quad (3)$$

- $I(T, t)$ (mm/h): intensidad de precipitación correspondiente a un periodo de retorno T y a una duración del aguacero t .
- I_d (mm/h): intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al periodo de retorno T .
- F_{int} (adimensional): factor de intensidad.

La intensidad de precipitación a considerar para el cálculo del caudal máximo anual para un periodo de retorno T en el punto de desagüe de la cuenca Q_T es la que corresponde a una duración del aguacero igual al tiempo de concentración ($t=tc$) de dicha cuenca.

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

$$I_d = \frac{P_d \cdot K_A}{24} \quad (4)$$

- I_d (mm/h): intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al periodo de retorno T .
- P_d (mm): precipitación diaria correspondiente al periodo de retorno T .
- K_A (adimensional): factor reductor de la precipitación por área de la cuenca.

En este caso, el factor reductor de la precipitación por área de la cuenca se obtiene de dos formas diferentes, siempre teniendo en cuenta el área de la cuenca:

- Si $A < 1 \text{ km}^2$; $K_A = 1$
- Si $A \geq 1 \text{ km}^2$; $K_A = 1 - \frac{\log_{10} A}{15}$

El factor reductor tiene un valor de 1, por ser el área de la cuenca inferior a 1 km^2 .

Una vez se obtiene el valor del factor reductor de la precipitación y habiendo calculado la precipitación diaria correspondiente al periodo de retorno estipulado para la zona de estudio, se puede pasar a la obtención de la intensidad media diaria corregida:

$$I_d = \frac{P_d \cdot K_A}{24} = \frac{73,020 \text{ mm} \cdot 1}{24} = 3,043 \text{ mm/h}$$

El factor de intensidad introduce la torrencialidad de la lluvia en el área de estudio, dependiendo tanto de la duración del aguacero como del periodo de retorno. En tal caso, se utilizará el mayor valor de los obtenidos:

$$F_{int} = \text{máx} (F_a, F_b) \quad (5)$$

- F_{int} (adimensional): factor de intensidad
- F_a (adimensional): factor obtenido a partir del índice de torrencialidad (I_1/I_d)
- F_b (adimensional): factor obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviógrafo próximo

En este caso, y al no disponer de las curvas IDF correspondientes a la zona de estudio, no es posible calcular F_b .

Cálculo de F_a :

$$F_a = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{3,5287 - 2,5287 \cdot t^{0,1}} \quad (6)$$

Para la obtención de F_a se debe particularizar la expresión para un tiempo de duración del aguacero igual al tiempo de concentración ($t=t_c$). El tiempo de concentración es el mínimo necesario desde el comienzo del aguacero para que toda la superficie de la cuenca esté aportando escorrentía en el punto de desagüe. Se obtiene calculando el tiempo de recorrido más largo desde cualquier punto de la cuenca hasta el punto de desagüe.

1.2.1.1 Obtención del índice de torrencialidad



Ilustración 4. Mapa de obtención del índice de torrencialidad.

Fuente: (Gobierno de España Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo 2016)

En el mapa adjunto se puede ver como Gijón tiene un índice de torrencialidad de 9.



1.2.1.2 Obtención del tiempo de concentración

Para una longitud del cauce de 341m y una pendiente de 0,015, el tiempo de concentración resulta:

$$t_c = 0,3 \cdot L_c^{0,76} \cdot J_c^{-0,19} \quad (7)$$

- t_c (horas): tiempo de concentración.
- L_c (km): longitud del cauce.
- J_c (adimensional): pendiente media del cauce.

$$t_c = 0,3 \cdot 0,341^{0,76} \cdot 0,015^{-0,19} = 0,29 \text{ horas}$$

Dado que el tiempo de concentración depende de la longitud y pendiente del cauce escogido, deben tantearse diferentes cauces o recorridos del agua, incluyendo siempre en los tanteos los de mayor longitud y menor pendiente. El cauce o recorrido que debe escogerse es aquel que da lugar a un valor mayor del tiempo de concentración t_c .

Una vez se ha obtenido el tiempo de concentración, se pasará a calcular el valor de F_a :

$$F_a = 9^{3,5287-2,5287 \cdot 0,29^{0,1}} = 17,18$$

En ausencia de datos sobre las curvas IDF, y por tanto no pudiendo calcularse el valor de F_b , se utilizará F_{int} igual a F_a .

$$F_{int} = 17,18$$

Posteriormente, y a partir de todos los datos obtenidos en puntos anteriores, se pasará a obtener el valor de la intensidad de precipitación:

$$I = 3,04 \cdot 17,18 = 51,92 \text{ mm/h}$$



1.2.2 Obtención del coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía será:

$$C = \frac{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} - 1\right) \left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 23\right)}{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 11\right)^2} = \frac{\left(\frac{73,020 \cdot 1}{9,5} - 1\right) \left(\frac{73,020 \cdot 1}{9,5} + 23\right)}{\left(\frac{73,020 \cdot 1}{9,5} + 11\right)^2} = 0,587 \quad (8)$$

Por último, se calculará el caudal máximo anual Q_T para las subcuencas que conforman cada alternativa. En este caso, se pondrá de ejemplo el cálculo del caudal de la subcuenca 1 de la alternativa 1, ya que el proceso es análogo para todas las demás.

$$Q_T = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_t}{3,6} = \frac{51,92 \cdot 0,587 \cdot 0,034 \cdot 1,014}{3,6} = 0,282 \text{ m}^3/\text{s}$$

Los resultados del resto de alternativas se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 1. Caudales obtenidos para las distintas alternativas.

	Alternativa 1			Alternativa 2				Alternativa 3			
	Cuenca 1	Cuenca 2	Cuenca 3	Cuenca 1	Cuenca 2	Cuenca 3	Cuenca 4	Cuenca 1	Cuenca 2	Cuenca 3	Cuenca 4
Caudal	0,282	0,0995	0,0826	0,047	0,059	0,1655	0,155	0,07	0,28	0,087	0,09
Lc	341	123,8	248	73,36	87,875	270,307	351,923	273,2	353,8	162.250	263,029
Pendiente	0,015	0,01	0,015	0,002	0,002	0,016	0,02	0,002	0,01	0,002	0,02
Área	0,034	0,0084	0,0096	0,0038	0,0051	0,0176	0,0178	0,0091	0,032	0,0093	0,0093

Una vez se calculan los caudales de todas las alternativas, se procede a dimensionar los elementos que componen cada una de ellas.



2 Alternativa 1

Esta alternativa contará con drenes filtrantes y un estanque de retención.

2.1 Cálculo de los drenes

Para el cálculo de los drenes se utilizará la fórmula de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot Rh^{\frac{2}{3}} \cdot s^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

- Q (m³/s): caudal
- v (m/s): velocidad
- n (adimensional): coeficiente de rugosidad
- A (m²): área de la sección transversal
- Rh (m): radio hidráulico
- s (adimensional): pendiente

2.1.1 Subcuenca 1

Para la subcuenca 1, con un caudal de 0,282 m³/s, un coeficiente de rugosidad de 0,09 y una pendiente del 2 % se obtiene un diámetro de 0,813 m, es decir 813 mm.

Es necesario acudir a un catálogo con los diámetros de tubería disponibles, en este caso el inmediatamente superior es el de 900 mm.

Con el citado diámetro se calculará el Q_{lleno} como sigue:

$$\frac{Q_{lleno}}{\frac{\pi}{4} \cdot 0,9^2} = \frac{1}{0,09} \cdot (0,25 \cdot 0,9)^{\frac{2}{3}} \cdot (0,02)^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_{lleno} = 0,369 \text{ m}^3/\text{s}$$

A partir del Q_{lleno} y de la sección se calculará el volumen a sección llena:

$$V_{lleno} = \frac{0,369}{\frac{\pi}{4} \cdot 0,9^2} = 0,58 \text{ m/s}$$

$$\frac{Q_{m\acute{a}x}}{Q_{lleno}} = \frac{282}{369} = 0.764$$



Con el valor de 0,764 del cociente de $Q_{m\acute{a}x}$ entre Q_{lleno} se entrará en las tablas de Thormann y Franke, obteniendo:

$$\frac{V_{m\acute{a}x}}{V_{lleno}} = 1,07$$

$$\frac{Y}{D} = 0,675 \leq 0,75$$

$$V_{m\acute{a}x} = 0,58 \cdot 1,07 = 0,6206 \text{ m/s}$$

Tanto la condición del calado, como la de la velocidad cumplen para la subcuenca 1.

Los cálculos para las subcuencas 2 y 3 de la alternativa 1 se realizarán de manera análoga, estando los resultados de las tres subcuencas recogidos en la siguiente tabla:

Tabla 2. Resultados de todas las cuencas de la alternativa 1.

Identificador	Longitud	Pendiente	Caudal	Diámetro	Y/D	$V_{m\acute{a}x}$
Cuenca 1	341 m	0,02	0,282 m ³ /s	0,9 m	0,675	0,6206 m/s
Cuenca 2	123,8 m	0,03	0,0995 m ³ /s	0,55 m	0,713	0,55 m/s
Cuenca 3	248 m	0,015	0,0826 m ³ /s	0,55 m	0,725	0,45 m/s

Como se puede comprobar las velocidades son ligeramente inferiores a las recomendadas, si bien se consideran validas dado que los drenes realizan una función de filtrado previa a la entrada en las conducciones reduciéndose los riesgos de sedimentación.



2.2 Cálculo estanque de retención

Posteriormente, se calculará el volumen a tratar por el estanque de retención, siendo el área total de las subcuencas de 51734,47 m², así como el área del estanque de 3229,214 m².

$$73,020 \frac{mm}{día} = 73,020 \frac{l}{m^2 día}$$

$$73,020 \frac{l}{m^2 día} \cdot 51734,47 m^2 = 3777650,9 \frac{l}{día}$$

$$3777650,9 \frac{l}{día} \cdot \frac{1 m^3}{1000 l} = 3777,65 m^3$$

$$\frac{3777,65 m^3}{3229,214 m^2} = 1,169 m$$

Se obtiene entonces, que el volumen a tratar por el estanque de retención será de 3777,65 m³, siendo la cota de la lámina de agua en el mismo de 1,169 m.

3 Alternativa 2

Esta alternativa estará conformada por 4 cunetas verdes y 3 estanques de detención. Las cunetas pueden ser de varios tipos, siendo el más empleado el trapezoidal.

3.1 Cálculo de las cunetas verdes

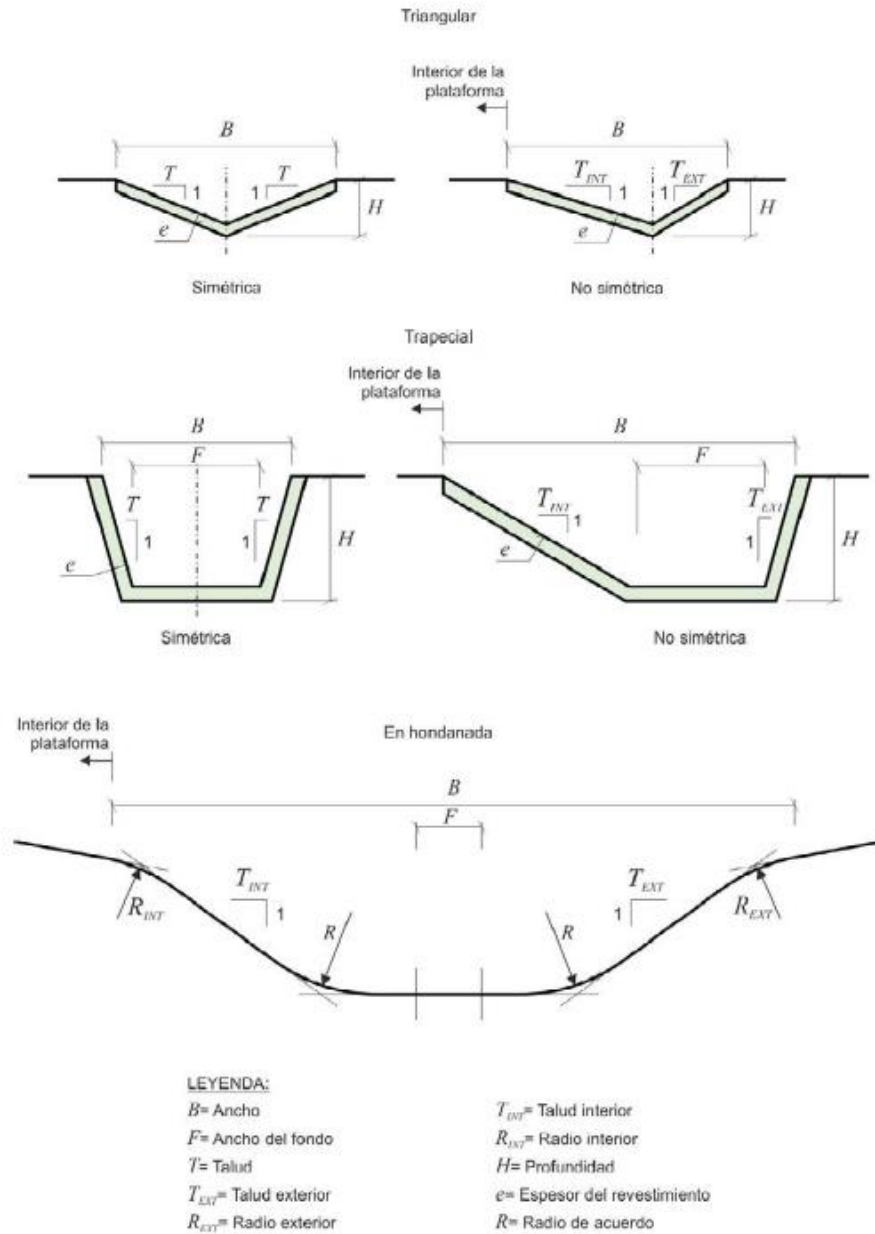


Ilustración 5. Tipos de cunetas.

Fuente: (Gobierno de España Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo 2016)



Para el cálculo de esta alternativa se utilizará nuevamente la fórmula de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot Rh^{\frac{2}{3}} \cdot s^{\frac{1}{2}}$$

Particularizando para este caso y, a partir tanto de la Instrucción 5.2 IC de Drenaje como del CIRIA, se definen las características de la cuneta verde.

El coeficiente de rugosidad n se podrá extraer de la tabla siguiente. En el caso del Parque Fluvial n adopta un valor de 0,04 (ya que la cuneta se ejecutará sobre una superficie con vegetación herbácea).

Tabla 3. Coeficiente de rugosidad n .

MATERIAL		n (sm ^{-1/3})
Cuneta	Sin vegetación. Superficie uniforme	0,020-0,025
	Sin vegetación. Superficie irregular	0,020-0,033
	Con vegetación herbácea segada	0,033-0,040
	Con vegetación herbácea espesa	0,040-0,050
	En roca. Superficie uniforme	0,029-0,033
	En roca. Superficie irregular	0,033-0,050
	Fondo de grava. Cajeros de hormigón	0,017-0,020
	Fondo de grava. Cajeros encachados	0,022-0,033
	Encachado	0,020-0,029
	Hormigón proyectado	0,017-0,022
	Revestida con hormigón in situ	0,013-0,017
	Pavimento con mezclas bituminosas	0,013-0,018
	Hormigón en marcos y otras estructuras in situ	0,014-0,017
	Gaviones	0,020-0,040
	Tubo de hormigón	0,012-0,017
	Tubo de fundición	0,010-0,015
	Tubo de acero	0,010-0,014
	Tubo de materiales poliméricos	0,008-0,013

Fuente: (Gobierno de España Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo 2016)

Base de la cuneta=0,6 m (siendo lo recomendado un valor entre 0,5 y 2 metros) (Woods Ballard et al. 2015)

Forma trapezoidal

El área por la que discurrirá el agua será:

$$A = (b + zy) \cdot y \tag{10}$$



El radio hidráulico tendrá la siguiente formulación:

$$R_h = \frac{(b+zy) \cdot y}{b+2y \cdot \sqrt{1+z^2}} \quad (11)$$

Taludes del 33% (siendo lo recomendado entre 25 y 33%) (Woods Ballard et al. 2015)

Pendiente del 1,5 % (siendo el rango estipulado entre 0,5-6%) (Woods Ballard et al. 2015)

Se pasará entonces a calcular la altura de la lámina de agua que discurrirá por la sección trapezoidal de la cuneta verde:

$$\frac{Q}{A} = \frac{1}{n} \cdot R_h^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{0,047}{(0,6+0,33y) \cdot y} = \frac{1}{0,04} \cdot \left(\frac{(0,6+0,33y) \cdot y}{0,6+2y \cdot \sqrt{1+0,33^2}} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot 0,015^{\frac{1}{2}}$$

$$y = 0,119 \text{ m}$$

El área de la cuneta será entonces:

$$A = (0,6 + 0,33 \cdot 0,119) \cdot 0,119 = 0,076 \text{ m}^2$$

La velocidad de circulación del agua será únicamente el cociente entre el caudal que discurre por la cuneta verde, y su sección:

$$\frac{0,047}{0,076} = 0,62 \text{ m/s}$$

La velocidad de circulación del agua será de 0,62 m/s, cumpliéndose las especificaciones que vienen recogidas en la siguiente tabla de la Instrucción 5.2 IC de Drenaje, ya que, en el caso del Fluvial, este se encuentra sobre un terreno con vegetación herbácea permanente, estando el límite en el rango de 1,20-1,80 m/s.



Tabla 4. Velocidades máximas admisibles cunetas.

Naturaleza de la superficie	Máxima velocidad admisible (m/s)
Terreno sin vegetación arenoso o limoso	0,20-0,60
Terreno sin vegetación arcilloso	0,60-0,90
Terreno sin vegetación en arcillas duras y margas blandas	0,90-1,40
Terreno sin vegetación en gravas y cantos	1,20-2,30
Terreno parcialmente cubierto de vegetación	0,60-1,20
Terreno con vegetación herbácea permanente	1,20-1,80
Rocas blandas	1,40-3,00
Mampostería, rocas duras	3,00-5,00
Hormigón	4,50-6,00

Fuente: (Gobierno de España Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo 2016)

Los cálculos realizados para el dimensionamiento de las cunetas son análogos, encontrándose los resultados recogidos en la siguiente tabla:

Tabla 5. Resultados alternativa 2 (cunetas).

	Longitud	Pendiente	Caudal	Sección	Velocidad	Cota lámina de agua
Cuneta 1	39,16 m	0,015	0,047 m ³ /s	0,079 m ²	0,62 m/s	0,119 m
Cuneta 2	67,87 m	0,015	0,059 m ³ /s	0,089 m ²	0,66 m/s	0,138 m
Cuneta 3	253,30 m	0,015	0,165 m ³ /s	0,184 m ²	0,9 m/s	0,268 m
Cuneta 4	281,52 m	0,015	0,155 m ³ /s	0,176 m ²	0,88 m/s	0,257 m

3.2 Cálculo de los estanques de detención

Posteriormente, y a partir del valor de la precipitación diaria, se calculará el volumen tratado por cada uno de los estanques de detención situados en la zona.

Subcuenca 1

El área de la subcuenca 1 es de 3815.478 m² y la del estanque de 916,286 m².

$$73,020 \frac{mm}{día} = 73,020 \frac{l}{m^2 día}$$

$$73,020 \frac{l}{m^2 día} \cdot 3815,478 m^2 = 271304,20 \frac{l}{día}$$

$$271304,20 \frac{l}{día} \cdot \frac{1 m^3}{1000 l} = 271,30 m^3$$

$$\frac{271,30 m^3}{916,286 m^2} = 0.296 m$$



Se obtiene entonces un volumen a tratar por el estanque de la subcuenca 1 de 271,30 m³. De igual forma, y a partir tanto del volumen, como de la superficie del estanque, se obtendrá la cota de la lámina de agua, siendo su valor de 0,296 m.

De igual manera los volúmenes del resto de depósitos de detención se encuentran recogidos en la siguiente tabla:

Tabla 6. Resultados alternativa 2 (estanques).

	Área cuenca	Área estanque	Volumen a tratar	Cota lámina de agua
Estanque 1	3815,478 m ²	916,286 m ²	271,30 m ³	0,296 m
Estanque 2	22658,984 m ²	1520,566 m ²	1654,56 m ³	1,08 m
Estanque 3	17736,306 m ²	1589,046 m ²	1295,105 m ³	0,815 m

3.3 Cálculo de las permeabilidades

Será necesario el cálculo de las permeabilidades necesarias para cumplir con la condición de diseño que especifica que el volumen de precipitación captado sea infiltrado de manera natural al terreno en un tiempo aproximado de dos días. Este cálculo se realizará mediante la siguiente formulación.

$$Q = k \cdot A \quad (12)$$

- Q (m³/s): Caudal
- K (m/s): permeabilidad del suelo
- A (m²): área de la sección transversal

De donde despejaremos la permeabilidad del terreno:

El caudal de infiltración para el estanque 1 será aquel que permita la infiltración del terreno en 48 horas:

$$Q = \frac{\text{Volumen a tratar}}{48 \text{ horas}} = 5,65 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 0,00157 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

El área se corresponde con la superficie del estanque, en este caso 916,286 m².

$$k = \frac{Q}{A} = \frac{0,00157 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{916,286 \text{ m}^2} = 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$$

Los cálculos se realizarán de manera análoga para los 3 estanques de detención estando las permeabilidades requeridas recogidas en la siguiente tabla:

Tabla 7. Permeabilidades requeridas estanques alternativa 2.

	Permeabilidad requerida
Estanque de detención 1	1,8·10 ⁻⁶ m/s
Estanque de detención 2	6,5·10 ⁻⁶ m/s
Estanque de detención 3	5·10 ⁻⁶ m/s



4 Alternativa 3

Esta alternativa, como se recoge en la memoria del proyecto, se basa en la instalación de zanjas de infiltración. Para dimensionarlas habrá que apoyarse en la Ley de Darcy:

$$Q = k \cdot i \cdot A \quad (13)$$

- Q (m³/s): Caudal
- k (m/s): permeabilidad del suelo
- i (adimensional): gradiente hidráulico
- A (m²): área de la sección transversal

Subcuenca 1

A partir de la Instrucción 5.2 IC se extrae un valor del caudal de 0,069 m³/s. Por otro lado, el gradiente hidráulico tendrá un valor de 0,02, y la permeabilidad de la grava será de 1 m/s. Aplicando la formulación de Darcy se obtiene entonces:

$$A = \frac{Q}{k \cdot i} = \frac{0,069 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{1\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,02} = 3,45 \text{ m}^2$$

Siendo el área de la zanja de 3,45 m², podría definirse una zanja cuadrada de 2x2, contando de abajo hacia arriba con una capa de arena de 0,2 metros, así como con una capa de grava de 1,8 metros.

Posteriormente, se calculará la capacidad de infiltración de la zanja:

$$Q_{\text{infiltración}} = \frac{0,001 \text{ m}}{100 \text{ s}} \cdot (426,452 \text{ m} \cdot 2 \text{ m}) = 0,0085 \text{ m}^3/\text{s}$$

A partir del caudal de infiltración será posible obtener el volumen de infiltración:

$$V_{\text{infiltración}} = Q_{\text{infiltración}} \cdot 60 \frac{\text{s}}{\text{m}} \cdot 60 \frac{\text{m}}{\text{h}} \cdot 24 \frac{\text{h}}{\text{d}} = 736,90 \text{ m}^3$$

De igual forma que en el resto de las alternativas, el volumen precipitado se calculará a partir de la precipitación diaria máxima y el área de la subcuenca:

$$V_{\text{volumen precipitado}} = \frac{73,02 \frac{\text{l}}{\text{m}^2 \text{ día}} \cdot 9063,502 \text{ m}^2}{1000} = 661,81 \text{ m}^3$$



Por último, se podrá obtener la capacidad de infiltración de la zanja:

$$\text{Capacidad de infiltración} = \frac{736,90 \text{ m}^3}{661,81 \text{ m}^3} = 1,135$$

Que en porcentaje supone un 111,35 %, es decir, se infiltra todo el agua.

En la siguiente tabla se recogen los resultados de los cálculos del resto de zanjas:

Tabla 8. Resultados alternativa 3.

	Base zanja	Altura zanja	Longitud zanja	Área mínima	Caudal infiltrado	Volumen infiltrado	Capacidad infiltración
Zanja 1	2 m	2 m	426,45 m	3,5 m ²	0,0085 m ³ /s	736,9 m ³	111,35 %
Zanja 2	5 m	3,2 m	1240,82 m	15,5 m ²	0,062 m ³ /s	5360,36 m ³	232,9 %
Zanja 3	2,5 m	2 m	353,6 m	4,35 m ²	0,0088 m ³ /s	763,79 m ³	112,52 %
Zanja 4	2,5 m	2 m	361,39 m	4,5 m ²	0,009 m ³ /s	780,61 m ³	115,4 %

Como se puede ver esta alternativa está claramente sobredimensionada, especialmente la zanja 2, dado que la misma abarca una gran área del parque y debería de dimensionarse dividiendo la cuenca en más subcuencas. Esto correspondería a un dimensionamiento en caso de resultar la alternativa 3 la elegida.

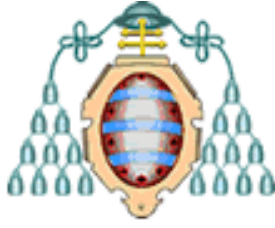


Bibliografía

Fomento., M. de. (1999). “Máximas lluvias diarias en la España Peninsular.”

Gobierno de España Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. (2016). “Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras.” *Boletín Oficial del Estado*, (60, de 10 de marzo), 18882–19023.

Woods Ballard, B., Wilson, S., Udale-Clarke, H., Illman, S., Scott, T., Ashley, R., and Kellagher, R. (2015). “CIRIA SuDS Manual.” London.



UNIVERSIDAD DE OVIEDO

ESCUELA POLITÉCNICA DE MIERES

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y
PUERTOS**

**DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN E INGENIERIA DE
FABRICACIÓN**

ÁREA DE INGENIERIA DE LA CONSTRUCCIÓN

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**ESTUDIO DE IMPLEMENTACIÓN DE
SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE
EN EL PARQUE FLUVIAL DE VIESQUES, GIJÓN**

ANEJO II. FICHAS TÉCNICAS

AUTOR: Andrea Fernández Fernández



ÍNDICE FICHAS TÉCNICAS

Ficha técnica I.	Firmes Permeables.
Ficha técnica II.	Pozos y zanjas de infiltración.
Ficha técnica III.	Depósitos de infiltración.
Ficha técnica IV.	Drenes filtrantes.
Ficha técnica V.	Cunetas verdes.
Ficha técnica VI.	Franjas filtrantes.
Ficha técnica VII.	Depósitos de detención.
Ficha técnica VIII.	Estanques de retención.
Ficha técnica IX.	Humadales artificiales.



En el presente Anejo se recogerán una serie de fichas técnicas que podrán ser consultadas como complemento a la información recogida en la Memoria.

Estas fichas técnicas contienen información relevante sobre las distintas tipologías de SUDS analizadas a lo largo del presente estudio técnico, aportando las mismas un resumen general recogido de manera gráfica compuesto por:

- Descripción.
- Función.
- Características.
- Zonas de aplicación.
- Esquema conceptual.
- Ventajas e inconvenientes.

Firmes Permeables

Descripción

Se entiende por superficie permeable, aquella que permite la filtración del agua a través de ella. En caso de que las mismas sean resistentes al tráfico rodado, pueden denominarse pavimentos permeables y, si además todas las capas de la sección permiten el paso del agua, se denominan firmes permeables, empleándose generalmente en aparcamientos.

Por otro lado, las superficies permeables que no tienen una misión resistente suelen utilizarse en paseos, parques, aceras o cubiertas verdes.

Un firme o pavimento permeable estará formado de arriba-abajo por una superficie permeable, una base y geotextil y una sub-base.

Función

Principal: Filtración
Secundaria: Infiltración

Características

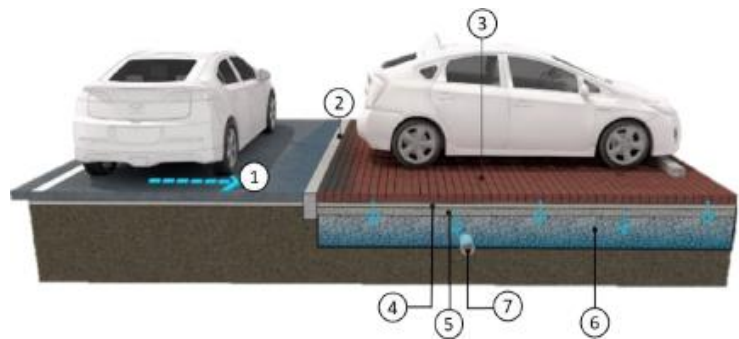
Control del caudal pico	★★★★
Control del volumen de escorrentía	★★★★
Control de la calidad del agua	★★★★
Beneficios para la biodiversidad	★★★☆☆
Multifuncionalidad de la actuación	★★★★
Aprovechamiento del agua	★★★☆☆

Zonas de aplicación

Residencial	Sí
Comercial	Sí
Alta densidad	Sí
Industrial	Sí
Parques y Jardines	Sí
Edificios Públicos	Sí

Esquema conceptual

1. Escorrentía de áreas impermeables adyacentes
2. Bordillo rebajado/discontinuo que permite la entrada de escorrentía
3. Pavimento permeable por junta de adoquín
4. Capa de apoyo de gravillín
5. Capa de transición con gravas medianas
6. Capa de almacenamiento con gravas gruesas
7. Conducto drenante embebido (de ser necesario)



Fuente: Guía Básica de Castellón (2019)

Ventajas e inconvenientes

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Reducción de los volúmenes de escorrentía superficial - Reducción del porcentaje de superficie impermeable - Aumento del tiempo de concentración, gracias a la laminación que proporciona el paso del agua por las distintas capas - Mejora de la calidad del agua que se produce cuando el agua atraviesa la superficie permeable, que actúa comúnmente como un filtro - Utilización complementaria con otros SUDS, lo que posibilita un aumento en la eficacia del proceso | <ul style="list-style-type: none"> - Limitación de aplicación en zonas con tráfico elevado o velocidades de circulación elevadas - Riesgo de colmatación de la superficie debido a sedimentos arrastrados por el viento o la escorrentía - Riesgo de fallo estructural |
|--|---|

Pozos y zanjas de infiltración

Descripción

Este tipo de sistemas se basan en perforaciones y trincheras de profundidad media que se rellenan con material drenante con un alto porcentaje de huecos, de tal forma que facilite el paso de agua a través de ellos. Este material drenante se suele envolver y cubrir por elementos permeables, comúnmente conocidos como geotextiles. Este tipo de sistemas se asemejan a depósitos enterrados que recogen y almacenan el agua de lluvia, bien para su posterior infiltración al terreno que los rodea, o bien para su utilización en sistemas de riego.

Función

Principal: Infiltración
 Secundaria: Filtración

Características

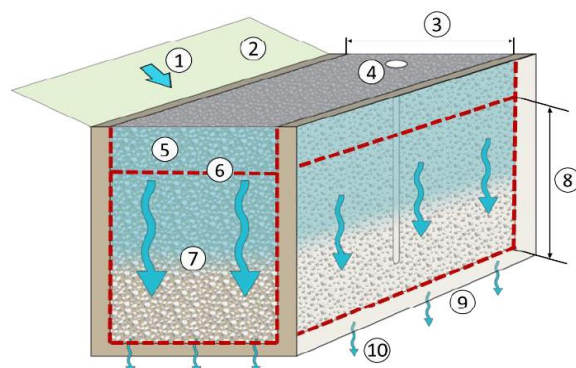
Control del caudal pico	★★★★
Control del volumen de escorrentía	★★★★
Control de la calidad del agua	★★★☆☆
Beneficios para la biodiversidad	★★★☆☆
Multifuncionalidad de la actuación	★★★☆☆
Aprovechamiento del agua	★★★☆☆

Zonas de aplicación

Residencial	Sí
Comercial	Sí
Alta densidad	Sí
Industrial	Sí
Parques y Jardines	Sí
Edificios Públicos	Sí

Esquema conceptual

1. Flujo lateral con pendientes laterales máximas 1H:3V
2. Pretratamiento por franja vegetada (opcional)
3. Ancho mínimo de la zanja de 0,30 m
4. Abertura de inspección visual
5. Gravas (pueden ser de carácter decorativo, para mejorar la estética del lugar)
6. Geotextil superficial a los 20-30 cm de profundidad para facilitar las labores de mantenimiento
7. Gravas o material drenante sintético
8. Profundidad habitual en torno a 1 m
9. Pendiente longitudinal lo más horizontal posible, con un máximo del 3%
10. Infiltración al terreno



Fuente: Guía Básica de Castellón (2019)

Ventajas e inconvenientes

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Reducción de volúmenes de escorrentía superficial - Aumento de volúmenes de agua subterránea - Mejora de la calidad del agua que se produce cuando el agua atraviesa el material drenante, que actúa comúnmente como un filtro - Adaptación a cualquier ubicación, ya que además de necesitar poco espacio para su implementación, son fáciles de construir - La implementación de este tipo de sistemas no supone gran impacto paisajístico, ya que se adaptan fácilmente al entorno donde se ubican | <ul style="list-style-type: none"> - Pueden producirse problemas de colmatación y bloqueo, debido al arrastre de sedimentos del propio suelo en el que se realiza la actuación - En cuanto a la colmatación del geotextil, ésta se suele producir debido al arrastre de sedimentos del terreno, que taponan los poros que conforman el mismo, convirtiendo su superficie en impermeable e imposibilitando el paso de agua - Puede ser que se requieran excavaciones importantes, debidas a la existencia de un gran volumen de agua que es necesario filtrar y almacenar para su posterior utilización |
|---|---|

Depósitos de infiltración

Descripción

Este tipo de sistemas cuentan con dos tipos de almacenamiento, superficial y subterráneo respectivamente. El primer tipo se basa en superficies permeables deprimidas que funcionan como embalses superficiales en los que se va acumulando el agua de lluvia para su posterior infiltración al terreno. Por su parte, el almacenamiento subterráneo se produce por medio de estructuras reticulares que recogen la escorrentía y la infiltran, o la liberan lentamente al subsuelo.

Cabe destacar que el volumen de agua almacenado por estos sistemas es mayor que en el caso de las zanjas y los pozos de infiltración, dado que permiten la situación de la lámina de agua por encima del terreno.

Función

Principal: Infiltración
 Secundaria: Almacenamiento

Características

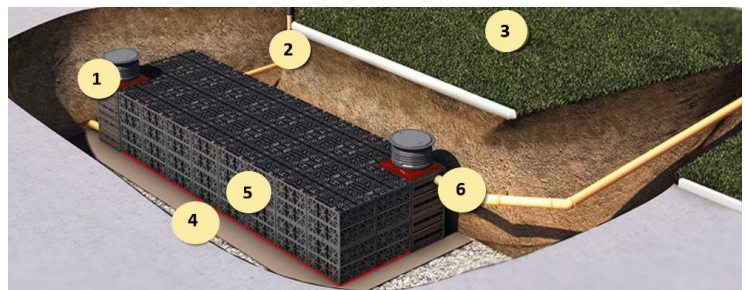
Control del caudal pico	★★★★
Control del volumen de escorrentía	★★★☆☆
Control de la calidad del agua	★★★☆☆
Beneficios para la biodiversidad	★★★☆☆
Multifuncionalidad de la actuación	★★★☆☆
Aprovechamiento del agua	★★★★

Zonas de aplicación

Residencial	Depende
Comercial	No
Alta densidad	No
Industrial	Depende
Parques y Jardines	Sí
Edificios Públicos	Depende

Esquema conceptual

1. Arqueta de estrangulación o inspección
2. Ventilación
3. Características del terreno
4. Geotextil
5. Estructura del sistema
6. Arqueta filtrante



Fuente: Guía Básica de Castellón (2019)

Ventajas e inconvenientes

- Posibilidad de utilización tanto en origen, como en final de tren o cadena de tratamiento
- Posibilidad de localizar inundaciones
- Favorece la presencia de ciertos hábitats y especies, es decir, un aumento de la biodiversidad
- Por su capacidad de almacenar agua por debajo de la superficie, es un sistema muy adecuado para la alimentación de acuíferos y el mantenimiento de los caudales base
- Gran capacidad de laminación de la escorrentía superficial

- Se trata de sistemas que no se adaptan a cualquier ubicación, ya que requieren de elevado espacio para su implantación.
- Puede llegar a producirse colmatación del geotextil, por un arrastre elevado de sedimentos
- Pueden desencadenar problemas bien por un diseño y ejecución inadecuados, como por la falta de mantenimiento

Drenes filtrantes

Descripción

Estos sistemas son conocidos comúnmente como “drenes franceses” y se tratan de zanjas lineales, continuas y revestidas con un geotextil para evitar la entrada de finos al interior del dren. El agua de lluvia cae en una superficie impermeable, que por su propia pendiente la conduce al material drenante y, por ende, al interior del dren. Los contaminantes arrastrados se eliminan mediante ciertos procesos (adsorción, filtrado o degradación biológica), debidos principalmente al material de relleno de los drenes.

Función

Principal: Filtración
 Secundaria: Detención

Características

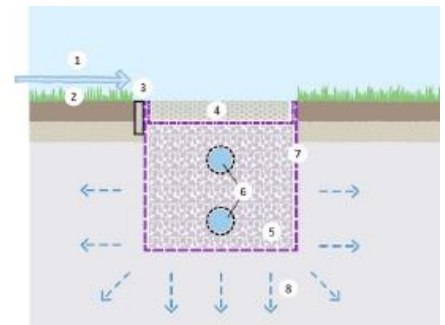
Control del caudal pico	★★★☆☆
Control del volumen de escorrentía	★★★☆☆
Control de la calidad del agua	★★★☆☆
Beneficios para la biodiversidad	★★★☆☆
Multifuncionalidad de la actuación	★★★☆☆
Aprovechamiento del agua	★★★☆☆

Zonas de aplicación

Residencial	Sí
Comercial	Sí
Alta densidad	Depende
Industrial	Sí
Parques y Jardines	Sí
Edificios Públicos	Sí

Esquema conceptual

1. Entrada de escorrentía superficial por los laterales
2. Franja vegetada como sistema de pretratamiento
3. Elemento de contención (opcional)
4. Capa de gravas envuelta en un geotextil superficial, que tiene los sedimentos. Puede ser retirada fácilmente para limpiar las gravas. Para mejorar la estética, pueden ser gravas blancas decorativas
5. Material de relleno (gravas o cajas envueltas en geotextil)
6. El conducto drenante embebido inferior transporta el caudal de salida y, opcionalmente, el superior el rebose
7. Geotextil perimetral. Se puede sustituir por una geomembrana si se quiere impermeabilizar el sistema
8. Si es posible, infiltración



Fuente: Guía Básica de Castellón (2019)

Ventajas e inconvenientes

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Reducción del flujo punta y limitación de la erosión - Sistema barato tanto a nivel constructivo y de mantenimiento - Adaptación a cualquier ubicación, ya que además de necesitar poco espacio para su implementación, son fáciles de construir - La implementación de este tipo de sistemas no supone gran impacto paisajístico, ya que se adaptan fácilmente al entorno donde se ubican - Los riesgos que implica para la salud humana son mínimos | <ul style="list-style-type: none"> - Al tratarse de un sistema de transporte, el tratamiento biológico se encuentra un poco limitado - Los problemas que pudiesen aparecer por debajo de la superficie del terreno no son fácilmente detectables, pudiendo derivar en problemas acusados de contaminación si los mismos no se detectan a tiempo - Sistemas no recomendables en lugares con niveles freáticos altos, siendo recomendable que la distancia mínima entre el dren y el nivel freático sea de 1,5 metros - Mantenimiento periódico atendiendo a limpiezas e inspecciones que eviten posibles obstrucciones |
|---|---|

Cunetas Verdes

Descripción

Las cunetas verdes se pueden definir como canales de poca profundidad que funcionan como cauces naturalizados que se encargan de captar y conducir el agua de lluvia de forma lenta y controlada, posibilitando así la oxigenación y retención de esta. La implementación de este tipo de sistemas consigue sustituir a las cunetas de hormigón o a los cauces naturales degradados por las actuaciones humanas, recuperando así áreas urbanas y mejorando su desarrollo estético.

A su vez, las cunetas verdes se clasifican en cunetas verdes con césped (*grass swales*) y cunetas verdes vegetadas (*vegetative swales or bioswales*).

Función

Principal: Tratamiento
Secundaria: Infiltración

Características

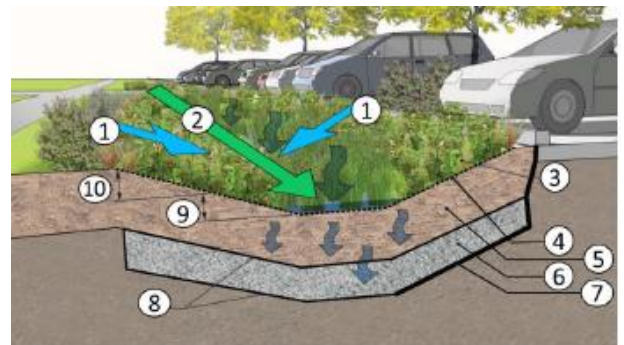
Control del caudal pico	☆☆☆
Control del volumen de escorrentía	☆☆☆
Control de la calidad del agua	☆☆☆☆
Beneficios para la biodiversidad	☆☆☆☆
Multifuncionalidad de la actuación	☆☆☆☆
Aprovechamiento del agua	☆☆☆☆

Zonas de aplicación

Residencial	Sí
Comercial	Sí
Alta densidad	Depende
Industrial	Sí
Parques y Jardines	Sí
Edificios Públicos	Sí

Esquema conceptual

1. Entrada lateral de la escorrentía
2. Pendiente longitudinal 0,5-5%
3. Altura de vegetación en torno a 15 cm, para favorecer la sedimentación
4. Pendiente lateral máxima 1V:3H
5. Medio filtrante
6. Capa drenante (opcional)
7. Geomembrana en el lado de la calzada para su protección (opcional)
8. Geotextil (opcional)
9. Altura máxima de agua en eventos frecuentes
10. Resguardo



Fuente: Guía Básica de Castellón (2019)

Ventajas e inconvenientes

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Son sistemas económicos, tanto a la hora de construirlos como a la hora de realizar los mantenimientos periódicos - Favorecen la revalorización y/o recuperación de áreas urbanas, ya que funcionan como elementos integradores de la naturaleza en el entorno urbano - Requieren un mantenimiento periódico, pero nunca la sustitución, como ocurre con los sistemas de drenaje de carácter convencional, que cuando dejan de cumplir su función han de ser reemplazados | <ul style="list-style-type: none"> - Al tratarse de un sistema que conduce el flujo de agua de manera lenta y controlada, es necesario que el diseño sea eficiente, para evitar así posibles riesgos de inundación - Las cunetas verdes vegetadas son menos eficientes que las cunetas verdes con césped en cuanto a la eliminación de contaminantes - El área que tratan estos sistemas es limitada - Las pendientes de diseño han de ser adecuadas para funcionar de forma eficiente - Requieren de una planificación y aceptación por parte de todos los participantes |
|---|--|

Franjas filtrantes

Descripción

Estos sistemas se tratan de superficies vegetadas que, dotadas de una inclinación adecuada, permiten un flujo controlado de la escorrentía superficial. Por otra parte, estos sistemas tienen la capacidad de tratar el agua mediante procesos físicos, químicos y biológicos, además de que la cobertura vegetal actúa como filtro.

A su vez, estos sistemas mejoran su eficiencia con la anchura y densidad de vegetación, es decir, una franja filtrante más ancha y con mayor porcentaje de vegetación será capaz de obtener un grado de filtración y de depuración mayores.

Función

Principal: Tratamiento
Secundaria: Infiltración

Características

Control del caudal pico	★★★☆☆
Control del volumen de escorrentía	★★★☆☆
Control de la calidad del agua	★★★★☆
Beneficios para la biodiversidad	★★★★☆
Multifuncionalidad de la actuación	★★★★☆
Aprovechamiento del agua	★★★☆☆

Zonas de aplicación

Residencial	Sí
Comercial	Sí
Alta densidad	Sí
Industrial	Sí
Parques y Jardines	Sí
Edificios Públicos	Sí

Esquema conceptual

1. Disipador de energía
2. Almacenamiento en superficie
3. Vegetación y capa de mantillo o suelo acolchado
4. Medio filtrante
5. Capa de transición
6. Capa drenante
7. Geotextil o geomembrana (de ser necesaria)
8. Elemento de rebose
9. Conducto drenante (de ser necesario)



Fuente: Guía Básica de Castellón (2019)

Ventajas e inconvenientes

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Gestión controlada de la escorrentía superficial, evitando los posibles riesgos de inundación - Mejora de la calidad de agua, ya que la cobertura vegetal actúa como filtro, reteniendo los contaminantes arrastrados en la propia escorrentía superficial - Posibilidad de utilización por independiente, o combinadas con otros SUDS - Facilidad de diseño y construcción - Sistemas capaces de mantener la temperatura del agua recibida, lo que posibilita preservar la vegetación característica de los alrededores, así como el hábitat animal | <ul style="list-style-type: none"> - Por ser sistemas que requieren de cierto espacio, no son adecuados a cualquier ubicación - En cuanto al mantenimiento, será necesario realizar inspecciones y revisiones periódicas para evitar perder eficacia de funcionamiento |
|--|--|

Depósitos de detención

Descripción	Función												
<p>Estos sistemas son depresiones en superficie naturalizadas que permiten almacenar el agua de lluvia, laminando el flujo de escorrentía y minimizando los posibles riesgos de inundación.</p>	<p>Principal: Detención Secundaria: Infiltración</p>												
<p>Este tipo de sistemas deben contar con desagües de fondo para facilitar el vaciado del depósito tras un tiempo almacenado en superficie, posibilitando almacenar nuevamente las aguas del siguiente aguacero.</p>	<h3>Características</h3> <table border="0"> <tr> <td>Control del caudal pico</td> <td>★★★★</td> </tr> <tr> <td>Control del volumen de escorrentía</td> <td>★★★☆☆</td> </tr> <tr> <td>Control de la calidad del agua</td> <td>★★★☆☆</td> </tr> <tr> <td>Beneficios para la biodiversidad</td> <td>★★★★☆</td> </tr> <tr> <td>Multifuncionalidad de la actuación</td> <td>★★★☆☆</td> </tr> <tr> <td>Aprovechamiento del agua</td> <td>★★★☆☆</td> </tr> </table>	Control del caudal pico	★★★★	Control del volumen de escorrentía	★★★☆☆	Control de la calidad del agua	★★★☆☆	Beneficios para la biodiversidad	★★★★☆	Multifuncionalidad de la actuación	★★★☆☆	Aprovechamiento del agua	★★★☆☆
Control del caudal pico	★★★★												
Control del volumen de escorrentía	★★★☆☆												
Control de la calidad del agua	★★★☆☆												
Beneficios para la biodiversidad	★★★★☆												
Multifuncionalidad de la actuación	★★★☆☆												
Aprovechamiento del agua	★★★☆☆												
<p>Los depósitos de detención pueden clasificarse en dos tipos, depósitos de detención secos (<i>dry detention basins</i>) y depósitos de detención húmedos (<i>wet detention basins</i>), siendo adecuados los primeros para el tratamiento cuantitativo y los segundos para el tratamiento cualitativo.</p>	<h3>Zonas de aplicación</h3> <table border="0"> <tr> <td>Residencial</td> <td>Sí</td> </tr> <tr> <td>Comercial</td> <td>Sí</td> </tr> <tr> <td>Alta densidad</td> <td>No</td> </tr> <tr> <td>Industrial</td> <td>Sí</td> </tr> <tr> <td>Parques y Jardines</td> <td>Sí</td> </tr> <tr> <td>Edificios Públicos</td> <td>No</td> </tr> </table>	Residencial	Sí	Comercial	Sí	Alta densidad	No	Industrial	Sí	Parques y Jardines	Sí	Edificios Públicos	No
Residencial	Sí												
Comercial	Sí												
Alta densidad	No												
Industrial	Sí												
Parques y Jardines	Sí												
Edificios Públicos	No												
<p>En general, se suelen diseñar para un tratamiento cuantitativo del agua, dejando el tratamiento cualitativo a los depósitos de retención y a los humedales.</p>													

Esquema conceptual

Como se puede apreciar en la imagen adjunta, estos sistemas consisten simplemente en depresiones vegetadas con el objetivo de almacenar y laminar el cauce de avenidas. Por otro lado, cuentan con un desagüe de fondo para ir evacuando lentamente el flujo.



Fuente: Guía Básica de Castellón (2019)

Ventajas e inconvenientes

<ul style="list-style-type: none"> - Laminación del pico del hidrograma y la energía en el transporte del flujo, minimizando así los problemas de erosión - Capacidad elevada de eliminación de sedimentos - Posibilidad de ser utilizados como zona de recreo en periodos secos 	<ul style="list-style-type: none"> - No adecuados para áreas de drenaje inferiores a 4 Ha - Posibilidad de colmatación de los sumideros de salida, debida generalmente a un mantenimiento poco eficaz - Molestia entre los vecinos , tanto por un diseño inadecuado, como por una falta de mantenimiento - Tienen baja capacidad a la hora de eliminar contaminantes - Molestias (olores) debidas a un mal diseño o mal mantenimiento
---	--

Estanques de retención

Descripción

Este tipo de sistemas se asemejan a embalses de carácter superficial, poco profundos y con una lámina de agua permanente. Son similares a los depósitos de detención de agua, pero con mayor presencia de vegetación, proporcionando la retención y tratamiento de la escorrentía superficial.

Las misiones fundamentales de la implementación de este tipo de sistemas es el control de las inundaciones, la eliminación de contaminantes, así como la recarga de acuíferos. Además, este tipo de sistemas suelen ubicarse en las zonas con cotas más bajas dentro del entorno urbano, posibilitando así la captación directa de las aguas provenientes de superficies impermeables, o bien la captación indirecta, mediante el empleo de sistemas de alcantarillado convencional.

Función

Principal: Tratamiento
Secundaria: Detención

Características

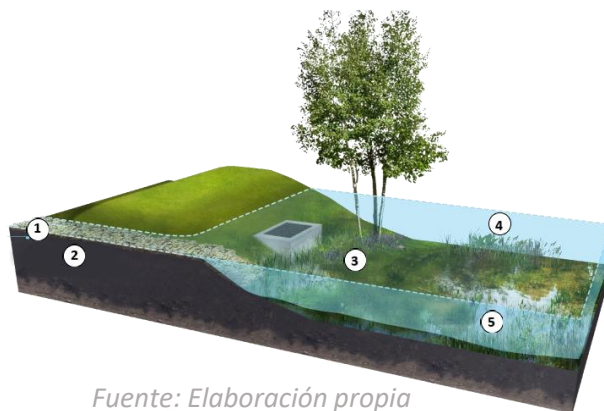
Control del caudal pico	☆☆☆
Control del volumen de escorrentía	☆☆☆
Control de la calidad del agua	☆☆☆
Beneficios para la biodiversidad	☆☆☆☆
Multifuncionalidad de la actuación	☆☆☆☆
Aprovechamiento del agua	☆☆☆☆

Zonas de aplicación

Residencial	Sí
Comercial	Sí
Alta densidad	Depende
Industrial	Sí
Parques y Jardines	Sí
Edificios Públicos	Sí

Esquema conceptual

1. Entrada de agua
2. Medio poroso conformado por vegetación o geotextil
3. Vegetación
4. Nivel máximo de la lámina de agua
5. Nivel permanente de agua



Fuente: Elaboración propia

Ventajas e inconvenientes

- Control de las inundaciones y minimización de los procesos de erosión
- Mejora de la calidad de las aguas, debido fundamentalmente a su función de eliminar contaminantes

- No se adaptan a cualquier ubicación
- No son adecuados para su utilización en suelos permeables
- Pueden implicar riesgos para la salud humana
- Requieren cierto espacio
- Requieren de mantenimiento periódico

Humedales artificiales

Descripción

Este tipo de sistemas son áreas de tierra cubiertas de vegetación que pueden estar cubiertas de masa de agua de distintas profundidades, bien de forma temporal, bien de forma permanente. Por otra parte, los humedales pueden ser de carácter natural o artificial, siendo en ambos casos característica la vegetación de zonas pantanosas o húmedas.

Cabe destacar, que únicamente los humedales artificiales están preparados para recibir de forma directa el flujo de escorrentía superficial urbana.

Función

Principal: Tratamiento
Secundaria: Detención

Características

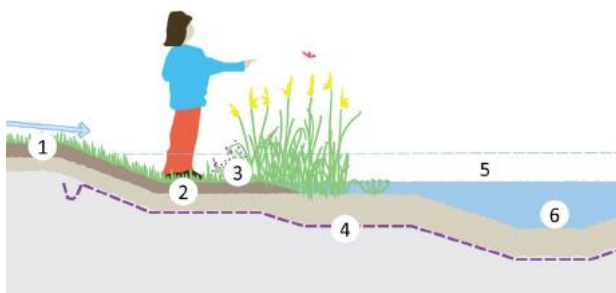
Control del caudal pico	☆☆☆
Control del volumen de escorrentía	☆☆☆
Control de la calidad del agua	☆☆☆
Beneficios para la biodiversidad	☆☆☆☆
Multifuncionalidad de la actuación	☆☆☆☆
Aprovechamiento del agua	☆☆☆☆

Zonas de aplicación

Residencial	Sí
Comercial	Sí
Alta densidad	No
Industrial	Sí
Parques y Jardines	Sí
Edificios Públicos	No

Esquema conceptual

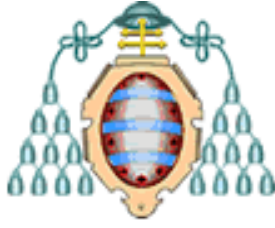
1. Entrada escorrentía superficial por los laterales
2. Perfil permite el acceso fácil y seguro para las labores de mantenimiento
3. Franja vegetada como sistema de pretratamiento
4. En caso de terreno permeable, se puede incluir una geomembrana
5. Volumen variable
6. Volumen permanente



Fuente: Guía Básica de Castellón (2019)

Ventajas e inconvenientes

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Control de las inundaciones y minimización de los procesos de erosión - Mejora de la calidad de las aguas debido a los procesos de depuración característicos en estos sistemas - Elevada capacidad a la hora de eliminar contaminantes como fósforo, nitrógeno, etc - Costes de mantenimiento relativamente bajos - Favorecen la revalorización y/o recuperación de áreas urbanas, ya que funcionan como elementos integradores de la naturaleza en el entorno urbano | <ul style="list-style-type: none"> - Los costes de construcción son elevados, y si el diseño de éstos no es adecuado, puede ocasionar problemas entre la población del lugar - Requieren gran espacio en comparación con otros SUDS - Mantenimiento específico de la vegetación ante condiciones de flujo muy variables |
|--|--|



UNIVERSIDAD DE OVIEDO

ESCUELA POLITÉCNICA DE MIERES

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y
PUERTOS**

**DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN E INGENIERIA DE
FABRICACIÓN**

ÁREA DE INGENIERIA DE LA CONSTRUCCIÓN

TRABAJO FIN DE MÁSTER

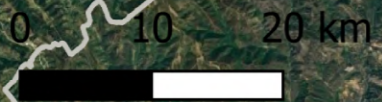
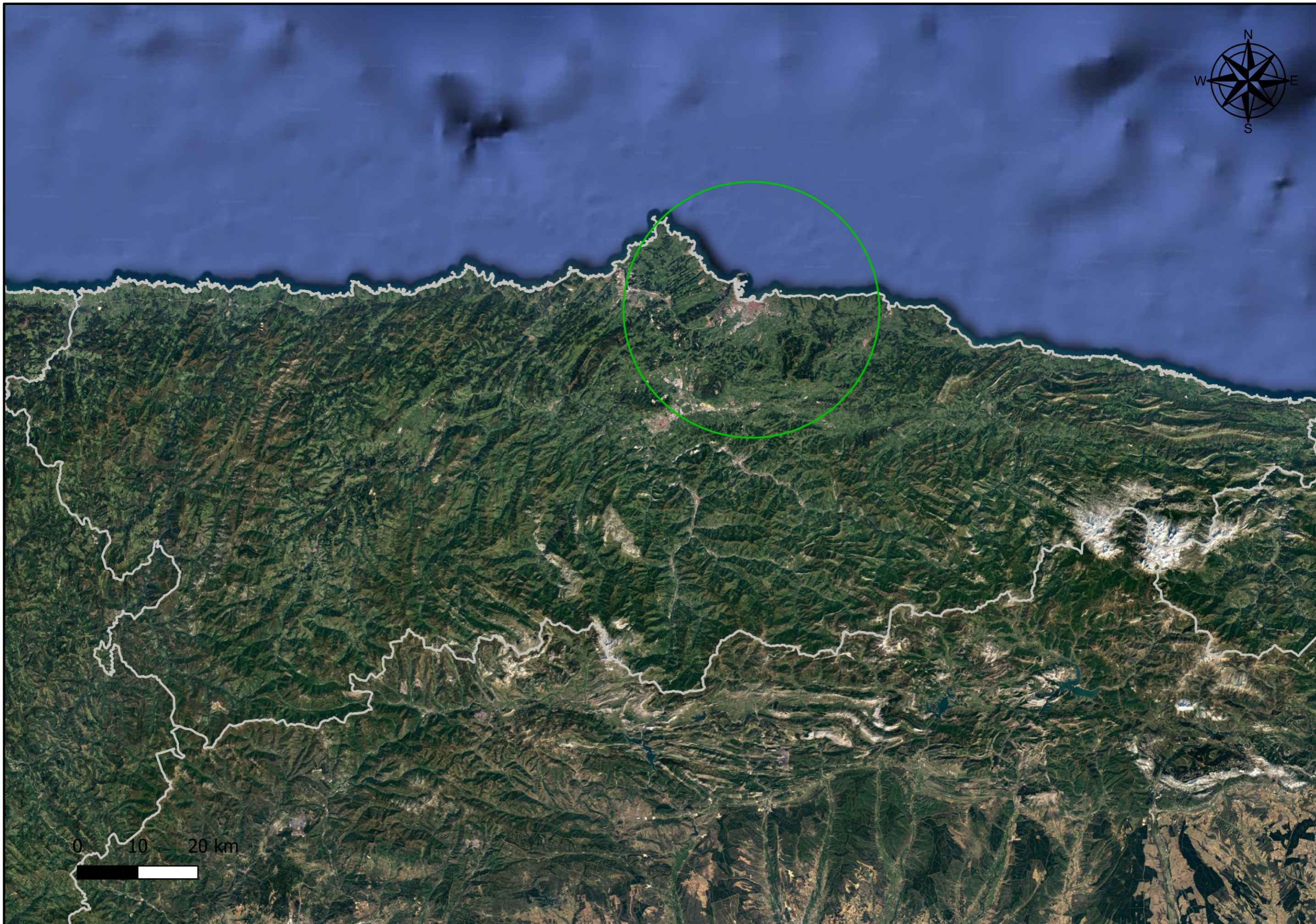
**ESTUDIO DE IMPLEMENTACIÓN DE
SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE
EN EL PARQUE FLUVIAL DE VIESQUES, GIJÓN**

PLANOS

AUTOR: Andrea Fernández Fernández

ÍNDICE DE PLANOS

- Plano I. Localización I.
- Plano II. Localización II.
- Plano III. Localización III.
- Plano IV. Mapa de peligrosidad y riesgo de inundaciones del parque.
- Plano V. Curvas de nivel del parque.
- Plano VI. Red Natura.
- Plano VII. Alternativa I Disposición.
- Plano VIII. Alternativa I Diseño hidráulico.
- Plano IX. Alternativa I Superficie de contribución.
- Plano X. Alternativa II Disposición.
- Plano XI. Alternativa II Diseño hidráulico.
- Plano XII. Alternativa II Superficie de contribución.
- Plano XIII. Alternativa III Disposición.
- Plano XIV. Alternativa III Diseño hidráulico.
- Plano XV. Alternativa III Superficie de contribución.
- Plano XVI. Sección tipo cunetas verdes.
- Plano XVII. Sección tipo estanque de detención.

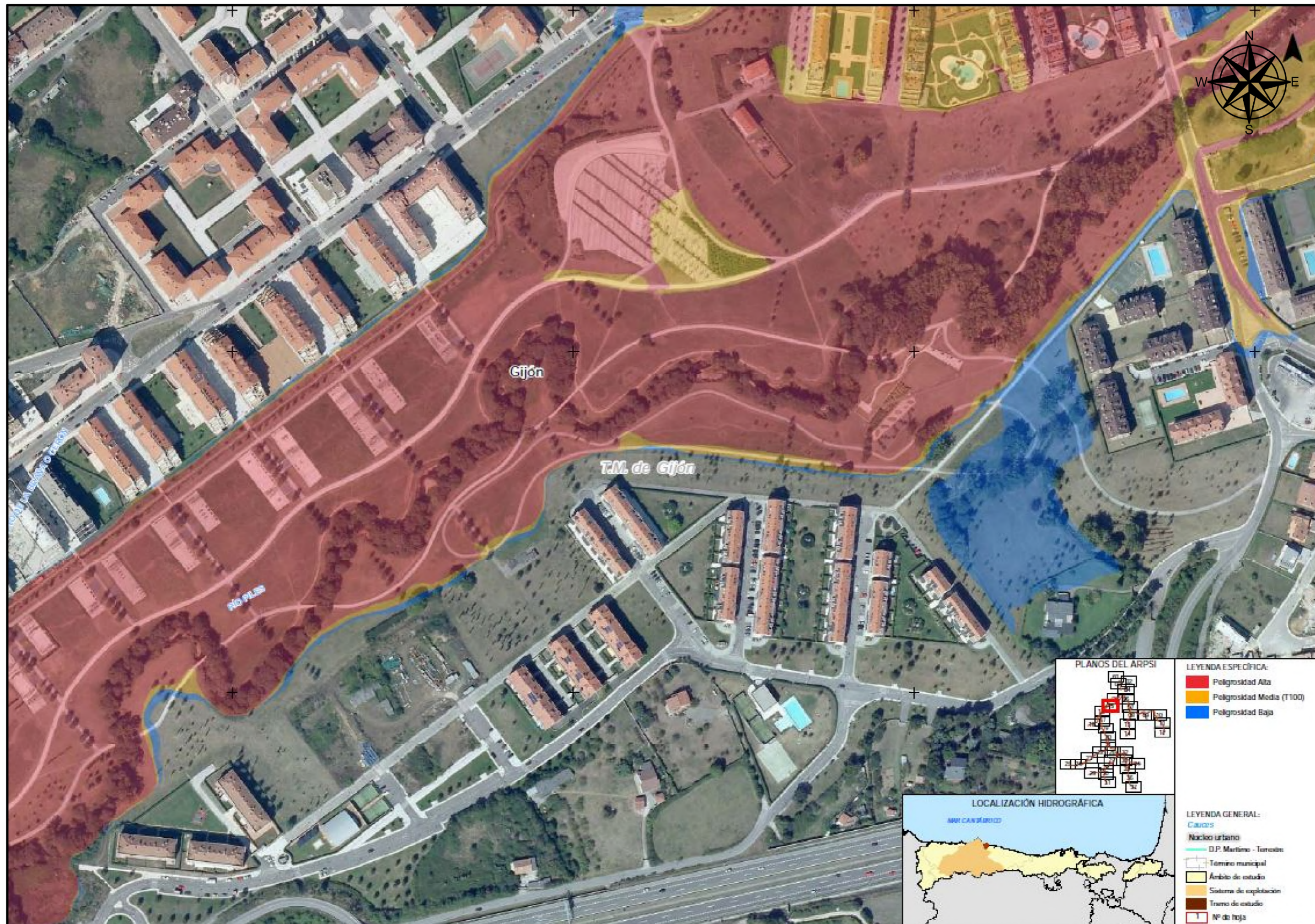




0 1000 2000 m



0 100 200 m



LEYENDA ESPECÍFICA:

- Peligrosidad Alta
- Peligrosidad Media (T100)
- Peligrosidad Baja



LEYENDA GENERAL:

- Núcleo urbano
- D.P. Marítimo - Torresón
- Término municipal
- Ámbito de estudio
- Sistema de explotación
- Tramo de estudio
- Nº de hoja



- CURVAS DE NIVEL MAESTRAS
- CURVAS DE NIVEL
- PARQUE FLUVIAL
- RÍO



UNIVERSIDAD DE OVIEDO
ESCUELA POLITÉCNICA DE MIERES



TRABAJO FIN DE MÁSTER
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE
CAMINOS, CANALES Y PUERTOS



PROYECTADO
Foto: Andrea Fernández Fernández

DIBUJADO
Foto: Andrea Fernández Fernández

COMPROBADO
Foto: Luis Ángel Salguero Fontaneda

ESCALAS:
 1:10000

TÍTULO DEL PROYECTO:
ESTUDIO DE IMPLEMENTACIÓN
DE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE
EN EL PARQUE FLUVIAL DE VIESQUES, GIJÓN

FECHA:
 SEPTIEMBRE 2020
 Nº DE PLANO:
 5 de 17

DESIGNACIÓN DEL PLANO:
 CURVAS DE NIVEL
 DEL PARQUE



 RED NATURA



UNIVERSIDAD DE OVIEDO
ESCUELA POLITÉCNICA DE MIERES




TRABAJO FIN DE MÁSTER
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE
CAMINOS, CANALES Y PUERTOS



PROYECTADO

Fdo. Andrea Fernández Fernández

DIBUJADO

Fdo. Andrea Fernández Fernández

COMPROBADO

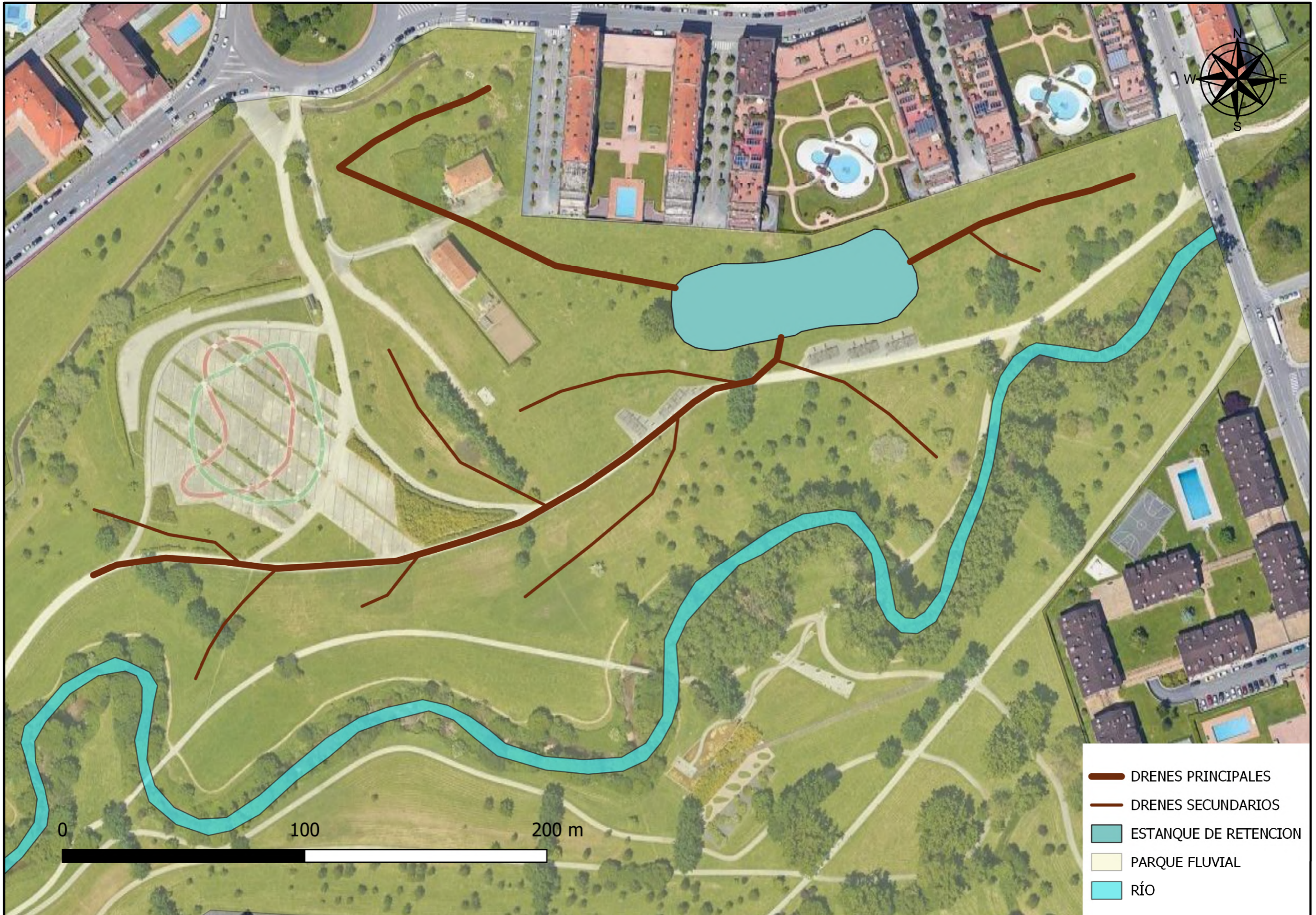
Fdo. Luis Ángel Sañudo Fontaneda






ESCALAS:
1:50000

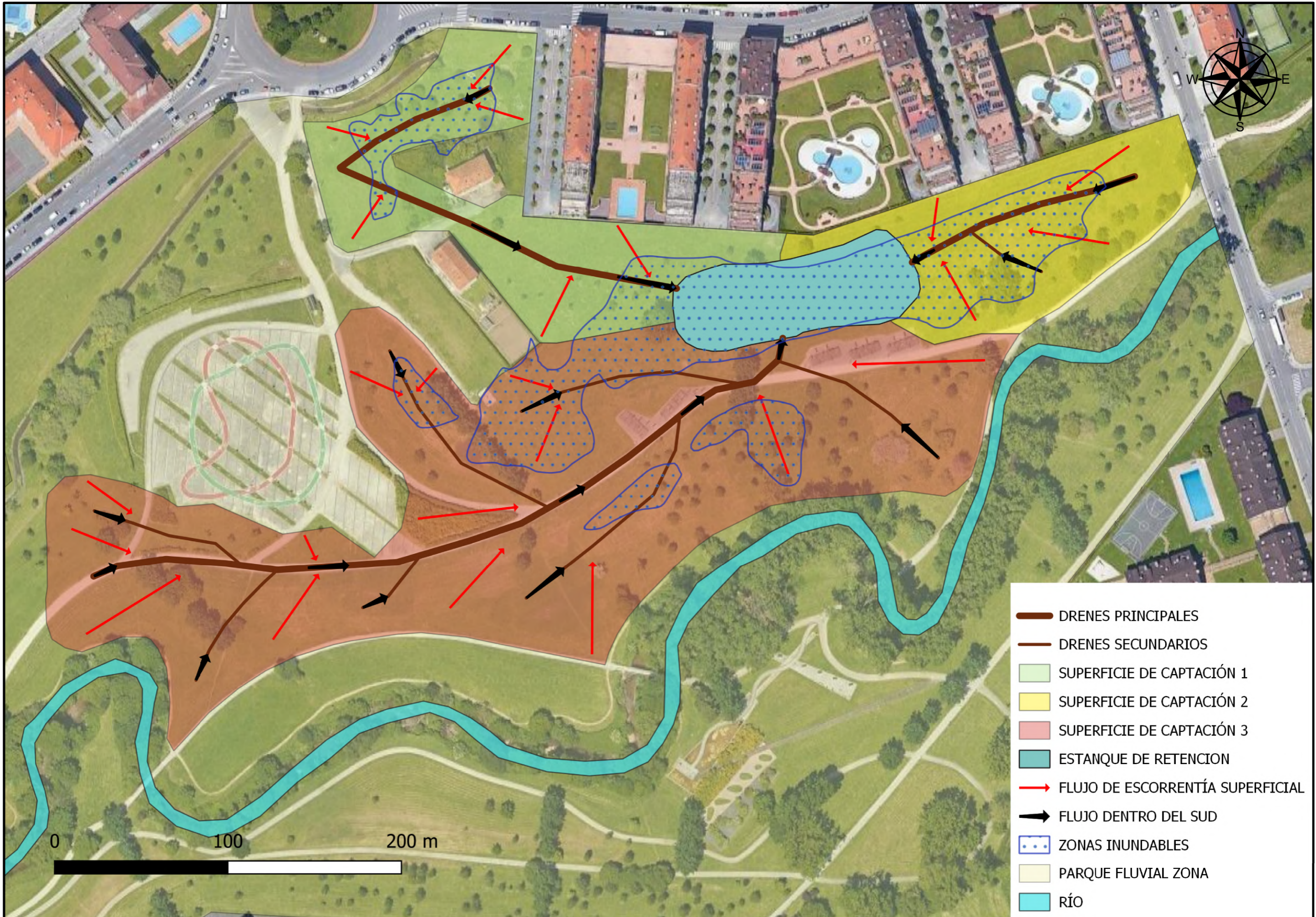
TÍTULO DEL PROYECTO:
ESTUDIO DE IMPLEMENTACIÓN
DE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE
EN EL PARQUE FLUVIAL DE VIESQUES, GIJÓN

FECHA:
SEPTIEMBRE 2020
Nº DE PLANO:
6 de 17

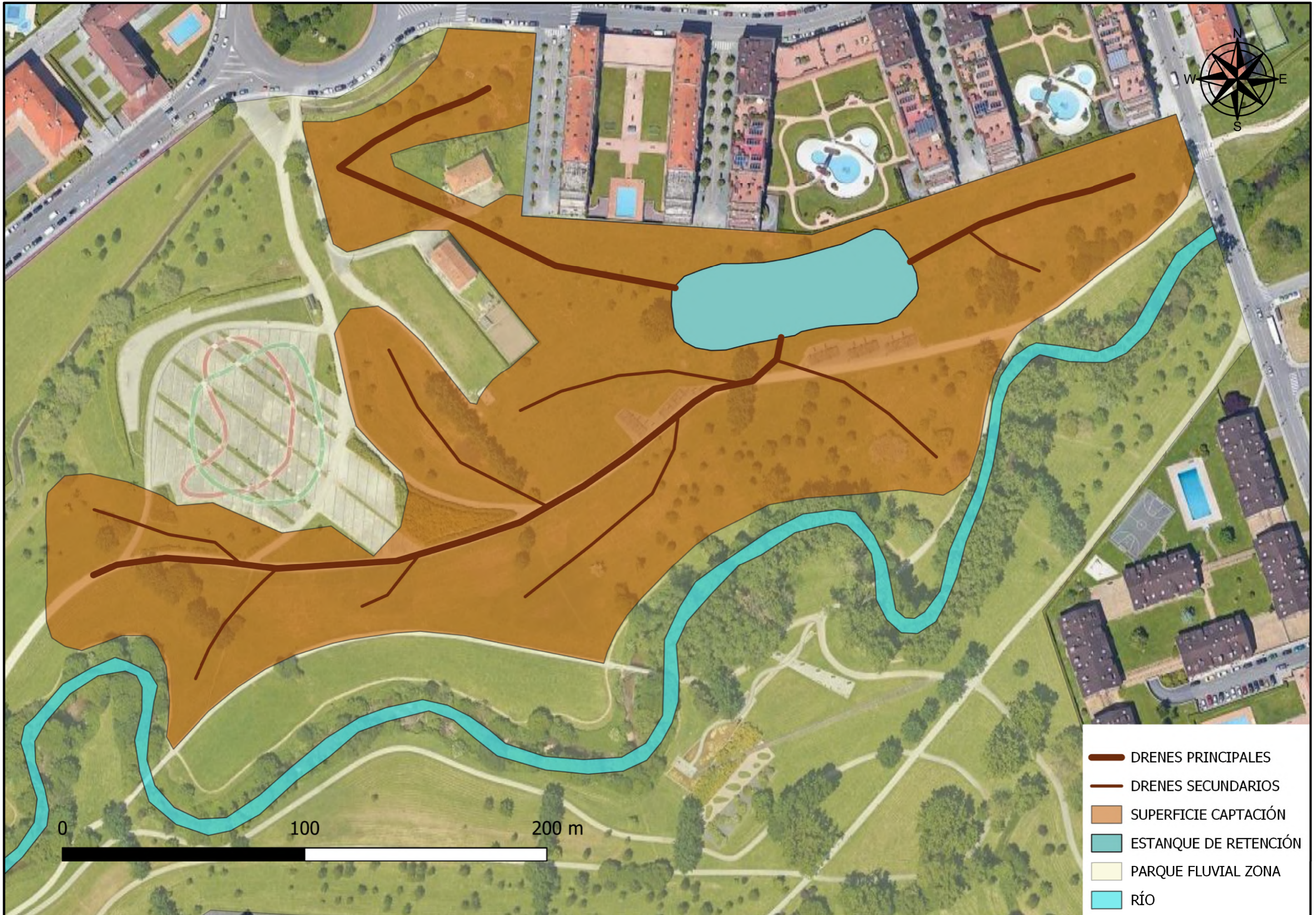
DESIGNACION DEL PLANO:
RED NATURA



-  DRENES PRINCIPALES
-  DRENES SECUNDARIOS
-  ESTANQUE DE RETENCION
-  PARQUE FLUVIAL
-  RÍO



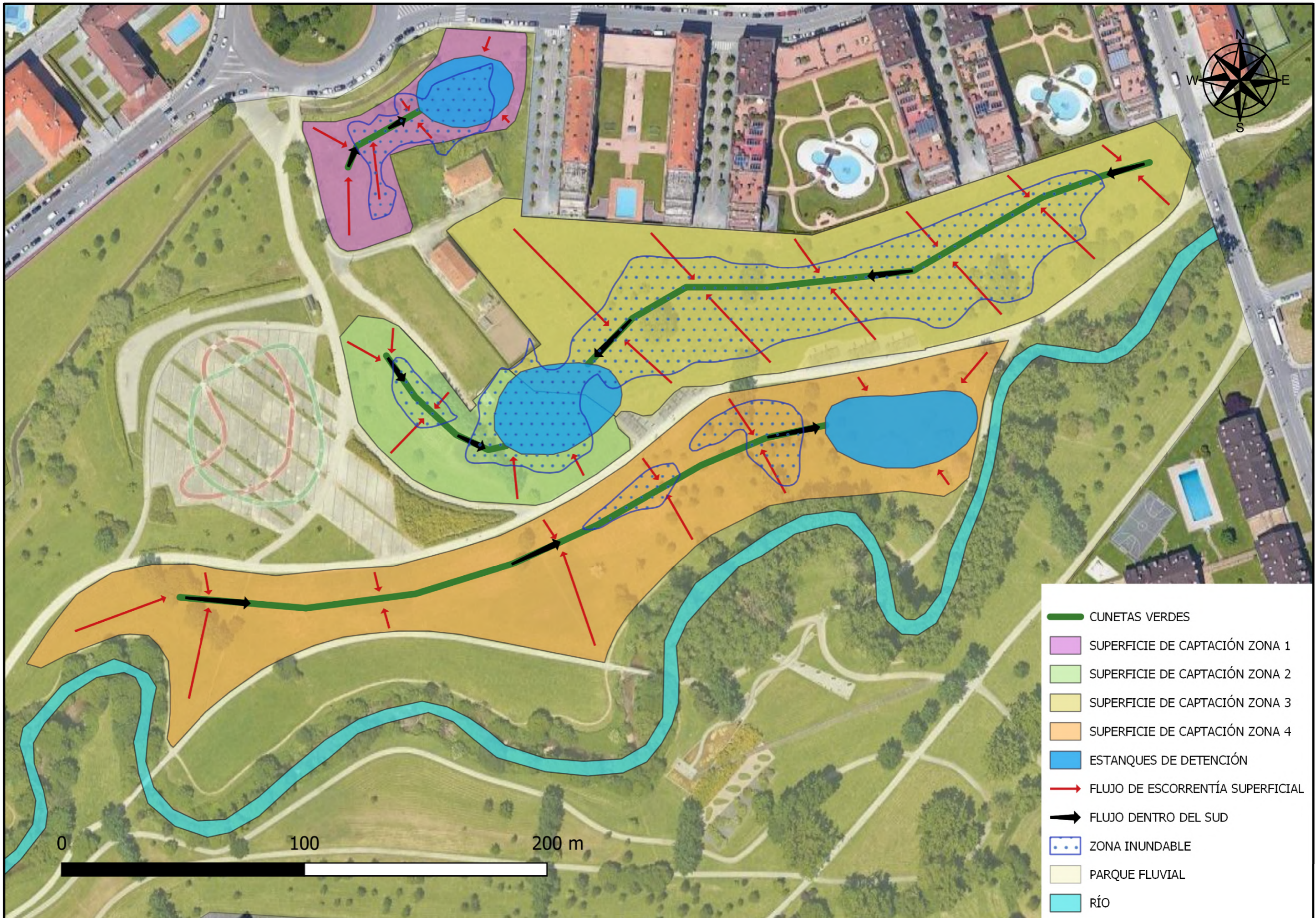
- DRENES PRINCIPALES
- DRENES SECUNDARIOS
- SUPERFICIE DE CAPTACIÓN 1
- SUPERFICIE DE CAPTACIÓN 2
- SUPERFICIE DE CAPTACIÓN 3
- ESTANQUE DE RETENCION
- FLUJO DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL
- FLUJO DENTRO DEL SUD
- ZONAS INUNDABLES
- PARQUE FLUVIAL ZONA
- RÍO














- DRENES PRINCIPALES
- DRENES SECUNDARIOS
- SUPERFICIE CAPTACIÓN
- ESTANQUE DE RETENCIÓN
- PARQUE FLUVIAL ZONA
- RÍO








- CUNETAS VERDES
- ESTANQUES DE DETENCIÓN
- PARQUE FLUVIAL ZONA
- RÍO



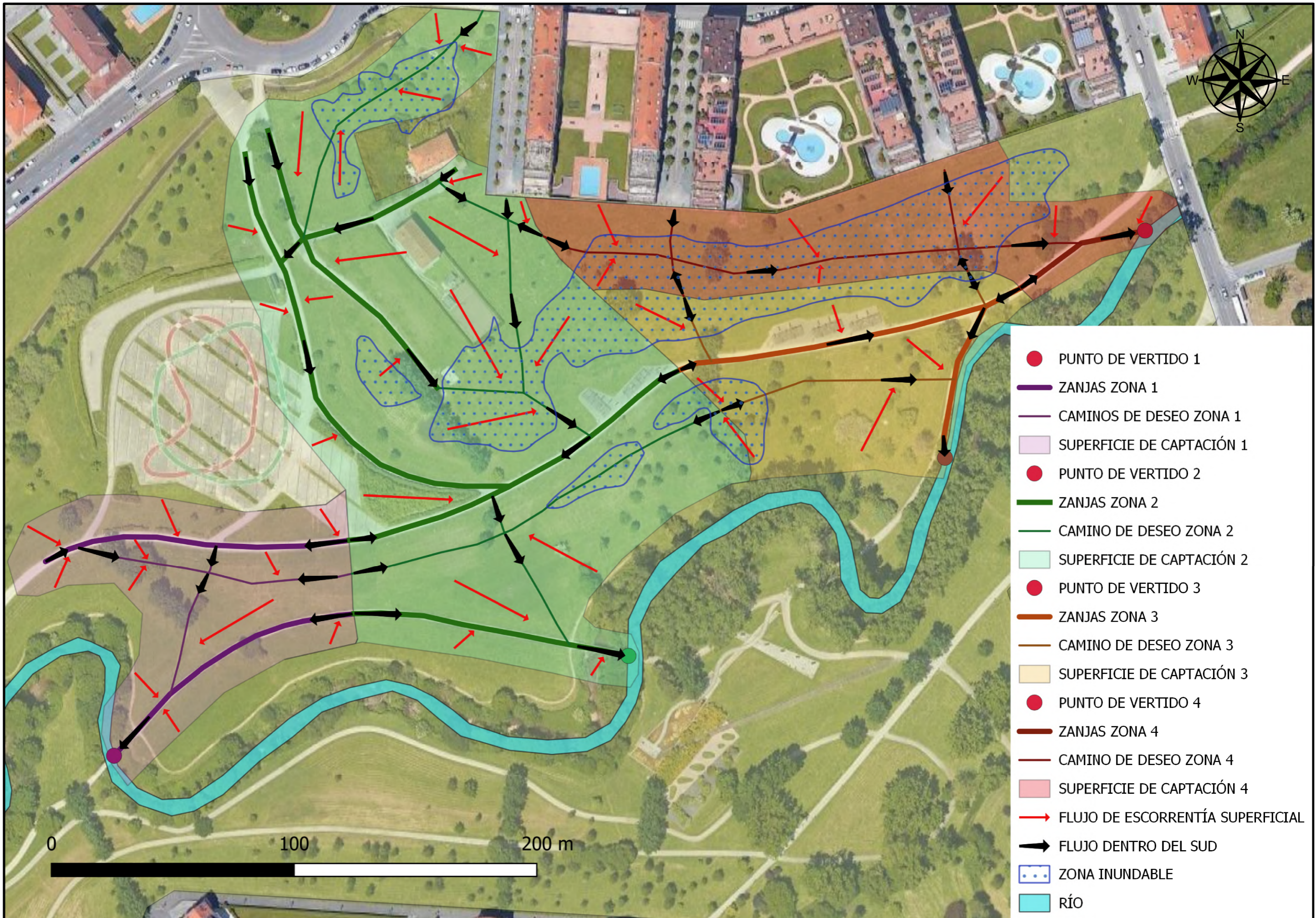
-  CUNETAS VERDES
-  SUPERFICIE DE CAPTACIÓN ZONA 1
-  SUPERFICIE DE CAPTACIÓN ZONA 2
-  SUPERFICIE DE CAPTACIÓN ZONA 3
-  SUPERFICIE DE CAPTACIÓN ZONA 4
-  ESTANQUES DE DETENCIÓN
-  FLUJO DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL
-  FLUJO DENTRO DEL SUD
-  ZONA INUNDABLE
-  PARQUE FLUVIAL
-  RÍO



-  CUNETAS VERDES
-  SUPERFICIE DE CAPTACIÓN
-  ESTANQUES DE DETENCIÓN
-  PARQUE FLUVIAL
-  RÍO



- ZANJAS DE INFILTRACIÓN
- CAMINO DE DESEO
- PARQUE FLUVIAL ZONA
- RÍO

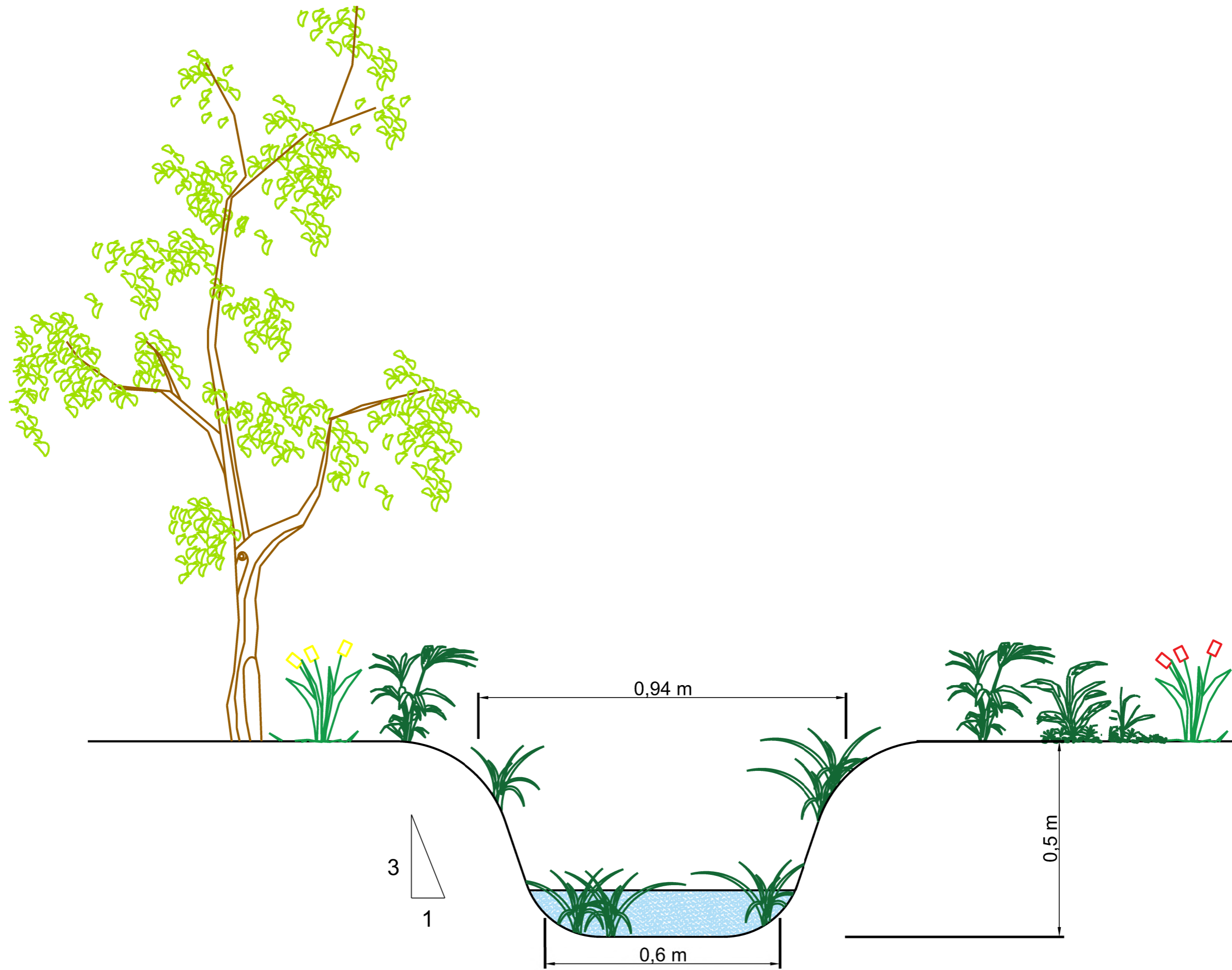


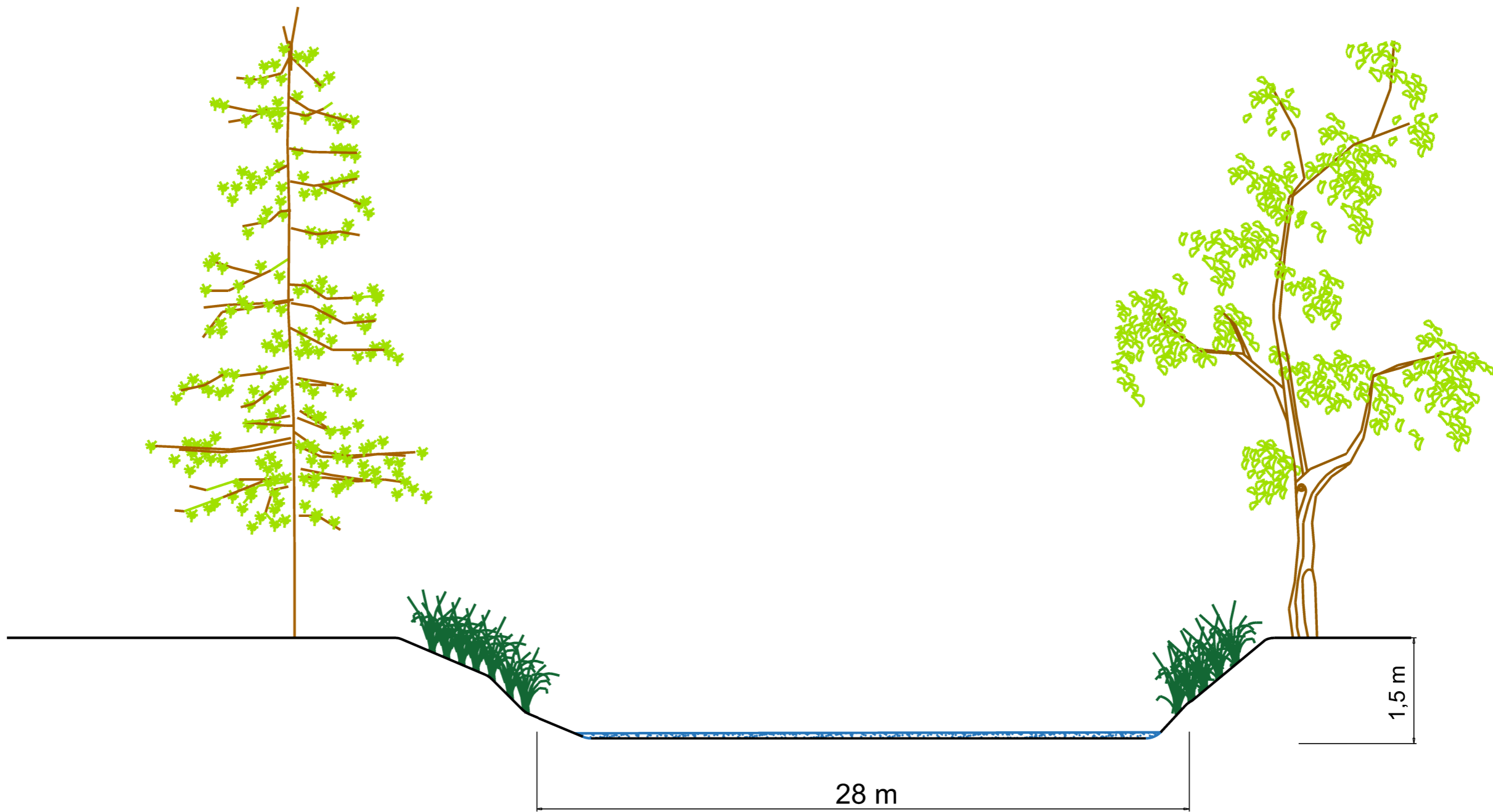
- PUNTO DE VERTIDO 1
- ZANJAS ZONA 1
- CAMINOS DE DESEO ZONA 1
- SUPERFICIE DE CAPTACIÓN 1
- PUNTO DE VERTIDO 2
- ZANJAS ZONA 2
- CAMINO DE DESEO ZONA 2
- SUPERFICIE DE CAPTACIÓN 2
- PUNTO DE VERTIDO 3
- ZANJAS ZONA 3
- CAMINO DE DESEO ZONA 3
- SUPERFICIE DE CAPTACIÓN 3
- PUNTO DE VERTIDO 4
- ZANJAS ZONA 4
- CAMINO DE DESEO ZONA 4
- SUPERFICIE DE CAPTACIÓN 4
- ➔ FLUJO DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL
- ➔ FLUJO DENTRO DEL SUD
- ZONA INUNDABLE
- RÍO

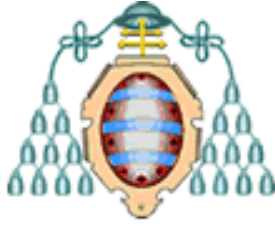
0 100 200 m



- ZANJAS
- CAMINOS DE DESEO
- PUNTOS DE VERTIDO
- SUPERFICIE DE CAPTACIÓN
- PARQUE FLUVIAL
- RÍO







UNIVERSIDAD DE OVIEDO

ESCUELA POLITÉCNICA DE MIERES

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y
PUERTOS**

**DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN E INGENIERIA DE
FABRICACIÓN**

ÁREA DE INGENIERIA DE LA CONSTRUCCIÓN

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**ESTUDIO DE IMPLEMENTACIÓN DE
SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE
EN EL PARQUE FLUVIAL DE VIESQUES, GIJÓN**

PRESUPUESTO

AUTOR: Andrea Fernández Fernández



ÍNDICE PRESUPUESTO

Cuadro de precios

Presupuesto y mediciones

Resumen presupuesto

CUADRO DE PRECIOS 1

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
CAPÍTULO 01 IMPLANTACIÓN DE SUDS			
0101	m ²	Retirada de capa vegetal con carga Retirada de capa de tierra vegetal realizada con medios mecánicos, de una profundidad media de 20 cm., incluso carga y transporte de tierras a vertedero autorizado y parte proporcional de ayuda manual y medios auxiliares. (Criterios constructivos según NTE-ADE-1)	1,75
		UN EUROS con SETENTA Y CINCO CÉNTIMOS	
0102	m ³	Desmante a máquina terrenos blandos Desmante a cielo abierto en terrenos de consistencia blanda realizado con pala cargadora frontal, incluso carga y transporte de productos a vertedero autorizado, parte proporcional de ayuda manual y medios auxiliares, medido sobre perfil. (Criterios constructivos según NTE-ADE-3)	5,07
		CINCO EUROS con SIETE CÉNTIMOS	
0103	m ²	Explanación/perfilado/nivelación tierras máquina Explanación, perfilado y nivelación de tierras, realizada con medios mecánicos, incluso parte proporcional de medios auxiliares.	0,54
		CERO EUROS con CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS	
0105	m	Cerca galvanizada altura 100/8-15 Cerca completa de 100 cm. de altura, realizada con malla anudada galvanizada de trama 8-15, anclada a postes de tubo de acero galvanizado de 48 mm. de diámetro dispuestos cada 3,00 m. y tomapuntas de tubo de acero galvanizado de 42 mm. de diámetro, recibidos sobre cimentación aislada con hormigón HM-25/P/20/11a, incluso replanteo, montaje, nivelación y aplomado, con parte proporcional de dados de hormigón y refuerzos rigidizadores, accesorios de fijación y tensado de la malla, totalmente colocada.	10,40
		DIEZ EUROS con CUARENTA CÉNTIMOS	

CUADRO DE PRECIOS 1

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
CAPÍTULO 02 JARDINERIA			
0201	m²	Preparación superficie para césped Preparación de la superficie para céspedes, mediante rastrillado manual, despedregado y rasan-teado con rastrillo ciego, incluso fertilización con abono ternario NPK 15-15-15 a razón de 50 g/m², y medios auxiliares.	1,01
		UN EUROS con UN CÉNTIMOS	
0202	m²	Nivelación /extendido tierra fértil Nivelación del terreno realizada con pala cargadora de potencia mediana y suministro y exten-di-do de tierra fértil en capa de espesor de 12 cm., incluso perfilado a mano si fuese necesario, se-gún criterio de la D.F.	2,73
		DOS EUROS con SETENTA Y TRES CÉNTIMOS	
0203	m²	Formación césped tipo medio país Siembra de césped por semilla, tipo medio del país, incluso labores preparatorias de enrastrillado, desterronado, limpieza de piedras, abonado, primeros riegos y cuidados hasta su total arraigue.	2,44
		DOS EUROS con CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS	

CUADRO DE PRECIOS 1

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
CAPÍTULO 03 CONTROL DE CALIDAD			
0301	ud	Toma muestra inalterada de terreno	33,62
		TREINTA Y TRES EUROS con SESENTA Y DOS CÉNTIMOS	
0302	ud	Ensayo de permeabilidad del terreno	47,20
		CUARENTA Y SIETE EUROS con VEINTE CÉNTIMOS	

CUADRO DE PRECIOS 1

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
CAPÍTULO 04 SEGURIDAD Y SALUD			
0401	ud	Caseta 2 salas+aseo con aislamiento 6,80 m	3.925,70
			TRES MIL NOVECIENTOS VEINTICINCO EUROS con SETENTA CÉNTIMOS
0402	ud	Botiquín completo homologado	58,80
			CINCUENTA Y OCHO EUROS con OCHENTA CÉNTIMOS

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 01 IMPLANTACIÓN DE SUDS									
0101	m² Retirada de capa vegetal con carga Retirada de capa de tierra vegetal realizada con medios mecánicos, de una profundidad media de 20 cm., incluso carga y transporte de tierras a vertedero autorizado y parte proporcional de ayuda manual y medios auxiliares. (Criterios constructivos según NTE-ADE-1)						4.675,00	1,75	8.181,25
0102	m³ Desmante a máquina terrenos blandos Desmante a cielo abierto en terrenos de consistencia blanda realizado con pala cargadora frontal, incluso carga y transporte de productos a vertedero autorizado, parte proporcional de ayuda manual y medios auxiliares, medido sobre perfil. (Criterios constructivos según NTE-ADE-3)						6.357,50	5,07	32.232,53
0103	m² Explanación/perfilado/nivelación tierras máquina Explanación, perfilado y nivelación de tierras, realizada con medios mecánicos, incluso parte proporcional de medios auxiliares.						44.210,77	0,54	23.873,82
0105	m Cerca galvanizada altura 100/8-15 Cerca completa de 100 cm. de altura, realizada con malla anudada galvanizada de trama 8-15, anclada a postes de tubo de acero galvanizado de 48 mm. de diámetro dispuestos cada 3,00 m. y tornapuntas de tubo de acero galvanizado de 42 mm. de diámetro, recibidos sobre cimentación aislada con hormigón HM-25/P/20/11a, incluso replanteo, montaje, nivelación y aplomado, con parte proporcional de dados de hormigón y refuerzos rigidizadores, accesorios de fijación y tensado de la malla, totalmente colocada.						415,00	10,40	4.316,00
TOTAL CAPÍTULO 01 IMPLANTACIÓN DE SUDS									68.603,60

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 02 JARDINERIA									
0201	<p>m² Preparación superficie para césped</p> <p>Preparación de la superficie para céspedes, mediante rastreado manual, despedregado y rasanteado con rastreado ciego, incluso fertilización con abono ternario NPK 15-15-15 a razón de 50 g/m², y medios auxiliares.</p>						4.675,00	1,01	4.721,75
0202	<p>m² Nivelación /extendido tierra fértil</p> <p>Nivelación del terreno realizada con pala cargadora de potencia mediana y suministro y extendido de tierra fértil en capa de espesor de 12 cm., incluso perfilado a mano si fuese necesario, según criterio de la D.F.</p>						4.675,00	2,73	12.762,75
0203	<p>m² Formación césped tipo medio país</p> <p>Siembra de césped por semilla, tipo medio del país, incluso labores preparatorias de enrastrado, desterronado, limpieza de piedras, abonado, primeros riegos y cuidados hasta su total arraigue.</p>						4.675,00	2,44	11.407,00
TOTAL CAPÍTULO 02 JARDINERIA.....									28.891,50

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 03 CONTROL DE CALIDAD									
0301	ud Toma muestra inalterada de terreno								
							17,00	33,62	571,54
0302	ud Ensayo de permeabilidad del terreno								
							9,00	47,20	424,80
	TOTAL CAPÍTULO 03 CONTROL DE CALIDAD.....								996,34

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 04 SEGURIDAD Y SALUD									
0401	ud Caseta 2 salas+aseo con aislamiento 6,80 m								
							1,00	3.925,70	3.925,70
0402	ud Botiquín completo homologado								
							3,00	58,80	176,40
TOTAL CAPÍTULO 04 SEGURIDAD Y SALUD.....									4.102,10
TOTAL.....									102.593,54

RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
01	IMPLANTACIÓN DE SUDS.....	68.603,60	66,87
02	JARDINERIA.....	28.891,50	28,16
03	CONTROL DE CALIDAD.....	996,34	0,97
04	SEGURIDAD Y SALUD.....	4.102,10	4,00
	TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	102.593,54	
	13,00% Gastos generales.....	13.337,16	
	6,00% Beneficio industrial.....	6.155,61	
	SUMA DE G.G. y B.I.	19.492,77	
	21,00% I.V.A.....	25.638,13	
	TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA	147.724,44	
	TOTAL PRESUPUESTO GENERAL	147.724,44	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de CIENTO CUARENTA Y SIETE MIL SETECIENTOS VEINTICUATRO EUROS con CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

Mieres , a 4 de septiembre de 2020.

El promotor



La dirección facultativa

