



Universidad de Oviedo  
*Universidá d'Uviéu*  
*University of Oviedo*



# **UNIVERSIDAD DE OVIEDO**

**ESCUELA POLITÉCNICA DE MIERES**

**GRADO EN INGENIERÍA DE LOS RECURSOS MINEROS Y ENERGÉTICOS**

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

**ÁREA DE INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**

## **ESTUDIO TÉCNICO SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS SUDS EN ESPAÑA**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**AUTOR: PABLO LÓPEZ MELGAR  
TUTOR: LUIS ÁNGEL SAÑUDO FONTANEDA  
COTUTOR: RAFAEL ROBINA RAMÍREZ**

**JULIO, 2020**



*"El objetivo es utilizar el árbol como un termómetro,  
convertirlo en un sistema de medición de la respuesta  
ambiental necesaria para compensar la acción humana. "*

**Jordi Bigues**



## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a las Escuelas Politécnicas de Cáceres y Mieres, Universidades de Extremadura y Oviedo, por apoyar la realización de este trabajo reenviando el cuestionario a sus estudiantes y profesorado. En especial agradecer a los tutores de este estudio Luis Ángel Sañudo Fontaneda y Rafael Bobina Ramírez, que sin su esfuerzo y dedicación este documento no hubiera sido posible.



## **RESUMEN**

Existe una implementación de SUDS generalizada por todo el país, creándose todo un tejido empresarial alrededor de estas soluciones basadas en la naturaleza. ¿Se está respondiendo adecuadamente desde las Universidades a las necesidades empresariales y sociales en este aspecto? Un análisis a nivel universitario y profesional es necesario para identificar los pasos a seguir hacia una correcta coordinación entre el ámbito formativo y el profesional. Para ello, hemos realizado un cuestionario para averiguar la opinión de estudiantes y profesores sobre si hay una correcta aplicación del temario acerca de la implementación de los SUDS. Se analizarán las asignaturas ya existentes en la Escuela Politécnica de Mieres y se analizará los resultados de los cuestionarios. La finalidad de los SUDS es muy importante para que nuestras ciudades posean las cualidades necesarias para su desarrollo. Se ha demostrado que hasta ahora la documentación y las enseñanzas impartidas han sido insuficientes, pudiendo ser mejoradas. Abriendo paso a una opción a la mejora de la calidad de nuestra educación universitaria y un incremento de cualidades para una adecuada preparación al entorno laboral.

## **ABSTRACT**

*There is a widespread implementation of SUDS throughout the country, creating a whole business network around these nature-based solutions. Are universities and business needs being adequately responded to in this regard? An analysis at university and professional level is necessary to identify the steps to follow towards a correct coordination between the training and professional fields. To do this, we have carried out a questionnaire to find out the opinion of students and teachers about whether there is a correct application of the agenda regarding the implementation of SUDS. The existing subjects in the Polytechnic School of Mieres will be analyzed and the results of the questionnaires will be analyzed. The purpose of the SUDS is very important so that our cities possess the necessary qualities for their development. Until now, the documentation and the teachings taught have been insufficient, and could be improved. Making way for an option to improve the quality of our university education and an increase in qualities for an adequate preparation for the work environment.*



# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO .....	1
1.2 OBJETIVOS .....	1
<b>2. ESTUDIO DEL ESTADO DE LA CIENCIA .....</b>	<b>3</b>
2.1 PROBLEMÁTICA RELACIONADA CON LA GESTIÓN DEL AGUA DE LLUVIA.....	3
2.2 ESTRATEGIAS PARA LA IMPLANTACIÓN DE SUDS.....	3
2.2.1 DETENER.....	4
2.2.3 ALMACENAR .....	8
2.3.1 CUBIERTAS VEGETALES .....	13
2.3.1.1 DESCRIPCIÓN.....	13
2.3.1.2 CRITERIO DE DISEÑO .....	14
2.3.1.3 BENEFICIOS.....	14
2.3.1.4 REQUISITOS DE MANTENIMIENTO .....	15
2.3.1.5 LIMITACIONES .....	15
2.3.2 ALJIBES .....	17
2.3.2.1 DESCRIPCIÓN .....	17
2.3.2.2 CRITERIOS DE DISEÑO .....	18
2.3.2.3 BENEFICIOS.....	18
2.3.2.4 REQUISITOS DE MANTENIMIENTO .....	18
2.3.2.5 LIMITACIONES .....	18
2.3.3 PAVIMENTOS PERMEABLES.....	19
2.3.3.1 DESCRIPCIÓN .....	19
2.3.3.2 CRITERIO DE DISEÑO .....	20
2.3.3.3 BENEFICIOS.....	20
2.3.3.4 REQUISITOS DE MANTENIMIENTO .....	20
2.3.3.5 LIMITACIONES .....	20
2.3.4 ALCORQUES ESTRUCTURALES.....	22
2.3.4.1 DESCRIPCIÓN .....	22
2.3.4.2 CRITERIOS DE DISEÑO .....	23
2.3.4.3 BENEFICIOS.....	23
2.3.4.4 Requisitos de mantenimiento.....	23
2.3.4.5 LIMITACIONES .....	23
2.3.5.1 DESCRIPCIÓN .....	24
2.3.5.2 CRITERIOS DE DISEÑO .....	25
2.3.5.3 BENEFICIOS.....	25
2.3.5.4 REQUISITOS DE MANTENIMIENTO .....	25
2.3.5.5 LIMITACIONES .....	26
2.3.6 POZOS Y ZANJAS DE INFILTRACIÓN .....	27
2.3.6.1 DESCRIPCIÓN .....	27

2.3.6.2 CRITERIOS DE DISEÑO .....	27
2.3.6.3 BENEFICIOS.....	27
2.3.6.4 REQUISITOS DE MANTENIMIENTO .....	27
2.3.6.5 LIMITACIONES .....	28
2.3.7.1 DESCRIPCIÓN .....	29
2.3.7.2 CRITERIOS DE DISEÑO .....	30
2.3.7.3 BENEFICIOS.....	30
2.3.7.4 REQUISITOS DE MANTENIMIENTO .....	30
2.3.7.5 LIMITACIONES .....	30
2.3.8 DRENANTES FILTRANTES .....	32
2.3.8.1 DESCRIPCIÓN .....	32
2.3.8.2 CRITERIO DE DISEÑO .....	32
2.3.8.3 BENEFICIOS.....	32
2.3.8.4 REQUISITOS DE MANTENIMIENTO .....	33
2.3.8.5 LIMITACIONES .....	33
2.3.9 CUNETAS VEGETADAS .....	34
2.3.9.1 DESCRIPCIÓN .....	34
2.3.9.2 CRITERIOS DE DISEÑO .....	35
2.3.9.3 BENEFICIOS.....	35
2.3.9.4 REQUISITOS DE MANTENIMIENTO .....	35
2.3.9.5 LIMITACIONES .....	35
2.4 CASOS PRÁCTICOS.....	37
2.4.1 IMPLANTACIÓN DE SUDS EB EL PARQUE DE GOMEZNARRO, MADRID .....	37
2.4.1.1 SITUACIÓN.....	37
2.4.1.2 PROBLEMÁTICA Y OBJETIVOS .....	38
2.4.1.3 ACTUACIÓN.....	38
2.4.1.4 RESULTADOS OBTENIDOS.....	39
2.4.2 CUBIERTA VEGETAL Y ALJIBE EN EDIFICIO ADMINISTRATIVO, PARC BIT .....	40
2.4.2.2 OBJETIVOS.....	40
<b>3. ESTUDIO DEL ESTADO DE LA CIENCIA .....</b>	<b>43</b>
3.1 ESTADO ACTUAL DE LA I+D+I .....	43
3.1.1 SUSTAINABLE URBAN DRAINAGE SYSTEMS .....	44
3.1.2 WATER SENSITIVE URBAN DESIGN .....	45
3.1.3 STORMWATER BEST MANAGEMENT PRACTICES.....	46
3.1.4 STORMWATER CONTROL MEASURES .....	47
3.2. PERCEPCIÓN SOCIAL DE LOS SUDS .....	48
3.2.1 SUDS IMPLEMENTATION SOCIAL.....	49
3.2.2 WSUD IMPLEMENTATION SOCIAL.....	50
3.2.3 STORMWATER BMP IMPLEMENTATION SOCIAL .....	51
3.2.4 STORMWATER CONTROL MEASURES IMPLEMENTATION SOCIAL .....	52
3.3 ESTADO ACTUAL DE LA DOCENCIA UNIVERSITARIA EN SUDS .....	53
3.3.1 SUDS EDUCATION.....	54
3.3.2 WSUD EDUCATION.....	55

3.3.3 STORMWATER BMP EDUCATION .....	56
3.3.4 STORMWATER CONTROL MEASURES EDUCATION .....	57
<b>4. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>59</b>
4.1 SELECCIÓN DE LA PLATAFORMA PARA REALIZACIÓN DE CUESTIONARIOS .....	59
4.1.1 GOOGLE FORMS.....	59
4.1.1.1 CARACTERÍSTICAS .....	59
4.1.2 DATASCOPE .....	60
4.1.2.1 CARACTERÍSTICAS .....	60
4.1.3 MICROSOFT FORMS.....	60
4.1.3.1 CARACTERÍSTICAS .....	60
4.1.4 SURVEY MONKEY .....	60
4.1.4.1 CARACTERÍSTICAS .....	61
4.1.5 CONCLUSIÓN.....	61
4.3 INVESTIGACIÓN SOBRE EL ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO Y LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS SUDS EN ESPAÑA 2020.....	62
4.3.1 INTRODUCCIÓN.....	62
4.3.2 METODOLOGÍA GENERAL.....	64
4.4 EXPLICACIÓN DEL MODELO.....	67
4.4.1 HIPÓTESIS DE TRABAJO A PARTIR DEL MODELO DE PARTIDA.....	68
4.4.2 SECCIONES DEL ESTUDIO .....	68
4.4.2.1. Sección 1 .....	68
4.4.2.2 Sección 2 .....	69
4.4.2.3 Sección 3 .....	69
4.4.2.4 Sección 4 .....	70
4.4.2.5 Sección 5 .....	70
4.4.2.6 Sección 6 .....	70
4.4.2.7 Sección 7 .....	71
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>73</b>
5.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS GENERALES.....	73
5.2 COMPARACIÓN ENTRE RESULTADOS.....	76
5.2.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS PROFESOR/ALUMNO .....	76
5.2.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS POR FORMACIÓN UNIVERSITARIA.....	77
<b>6. PLANIFICACIÓN Y PRESUPUESTO .....</b>	<b>79</b>
6.1 PLANIFICACIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS .....	79
6.2 PRESUPUESTO.....	82
6.2.1 CÁLCULO DE COSTES .....	82
6.2.1.1 INFORMÁTICA .....	82
6.2.1.2 MATERIAL FUNGIBLE .....	83
6.2.1.3 GASTOS DE PERSONAL.....	83
6.2.1.4 OTROS GASTOS.....	84
6.2.2 COSTE TOTAL DEL PROYECTO .....	84

<b>7. CONCLUSIONES .....</b>	<b>86</b>
<b>7.1 CONCLUSIONES.....</b>	<b>86</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>88</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 2.1 Esquemas del funcionamiento de la cadena de gestión del agua. Fuente: (Del et al., 2000)</i>	4
<i>Figura 2.2 La cadena de gestión. Ejemplo de superficies permeables. Troia, Portugal. Fuente: (Potter &amp; Vilcan, 2020)</i>	5
<i>Figura 2.3 Fuente: (Zinco Cubiertas Ecológicas, 2018)</i>	6
<i>Figura 2.4 Alcorques y zonas urbanas con diferentes pavimentos. Fuente: (Bradford &amp; Drake, 2010)</i>	7
<i>Figura 2.5 Zanja de infiltración y franjas filtrantes. Fuente: (Checa &amp; De Pazos, 2018)</i>	7
<i>Figura 2.6 Elementos de almacenamiento en superficie. Fuente: (Checa &amp; De Pazos, 2018)</i>	9
<i>Figura 2.7 Infiltración en zanja. Fuente: (Rodríguez-Rojas, 2019)</i>	10
<i>Figura 2.8 Cubierta vegetada plana extensiva y Cubierta inclinada vegetal. Fuente: (Rodríguez-Rojas, 2019)</i>	11
<i>Figura 2.9 Vista aérea del Museo de Historia de la Vendée. Fuente: (Del et al., 2000)</i>	12
<i>Figura 2.10 Tipos de SUDS. Fuente: (Del et al., 2000)</i>	13
<i>Figura 2.11 Fuente: Adaptado de Clean Water Services (2016). Fuente: : (Del et al., 2000)</i>	14
<i>Figura 2.12 Cubierta vegetal intensiva (Fuente: Modificado de Energizar- MCT Graphic)</i>	15
<i>Figura 2.13 Cuneta vegetada en Xàtiva (Valencia). Fuente: GreenBlueManagement</i>	16
<i>Figura 2.14 Cuneta vegetada en Seattle (EE.UU.). Fuente: Stephen C. Grey &amp; Associates</i>	16
<i>Figura 2.15 Cuneta vegetada en el Anillo Deportivo de los Juegos del Mediterráneo 2018 (Tarragona). Fuente: SET Enginyeria</i>	16
<i>Figura 2.16 Estanque. Fuente: Adaptado de Arkansas Community Design Center (2010)</i>	17
<i>Figura 2.17 Fuente: Adaptado de North Carolina State University (NCSU-BAE)</i>	17
<i>Figura 2.18 Colegio Público Gozalbes Vera, Xàtiva (Valencia). Fuente: GreenBlueManagement</i>	19
<i>Figura 2.19 Aljibe en Cincinnati (USA). Fuente: GreenBlueManagement</i>	19
<i>Figura 2.20 Aljibe semienterrado en el Centro Social de Benaguasil (Valencia). Fuente: GreenBlueManagement</i>	19
<i>Figura 2.21 Fuente: (Ahn, 2016)</i>	19
<i>Figura 2.22 Pavimentación cerámica permeable en Castellón. Fuente: (Kanoko Maeda et al., 2018)</i>	21
<i>Figura 2.23 Pavimentación cerámica permeable en Castellón. Fuente: (Kanoko Maeda et al., 2018)</i>	21

<i>Figura 2.24 Hormigón permeable en Estadio Wanda Metropolitano (Madrid).</i> .....	21
<i>Fuente: (Ministerio para la Transición Ecológica. Gobierno de España, 2019)</i> .....	21
<i>Figura 2.25 Fuente: University of Arkansas Community Design Center (2010).</i> .....	22
<i>Figura 2.26 Fuente: (Ministerio para la Transición Ecológica. Gobierno de España, 2019).</i> .....	22
<i>Figura 2.27 Alcorque de Infiltración en Barcelona. Fuente: (Zinco Cubiertas Ecológicas, 2018)</i> .....	24
.....	24
<i>Figura 2.28 Alcorque de Infiltración en Barcelona. Fuente: (Zinco Cubiertas Ecológicas, 2018)</i> .....	24
<i>Figura 2.29 Alcorque de infiltración en Barcelona. Fuente: (Zinco Cubiertas Ecológicas, 2018).</i> .....	24
<i>Figura 2.30 Fuente: (Rodríguez-Rojas, 2019)).</i> .....	24
<i>Figura 2.31 Fuente: (Ministerio para la Transición Ecológica. Gobierno de España, 2019).</i> .....	25
<i>Figura 2.32 Parterre inundable en Washington DC (EE.UU.) Fuente: GreenBlueManagement.</i> .....	26
<i>Figura 2.33 Parterre inundable en Barcelona. Fuente: Instituto Municipal de Urbanismo de Barcelona (IMU).</i> .....	26
<i>Figura 2.34 Parterre inundable en Barcelona.Fuente: Instituto Municipal de Urbanismo de Barcelona.</i> .....	26
<i>Figura 2.35 Fuente: City of San Diego (2016).</i> .....	26
<i>Figura 2.36 Fuente: Adoptado de Minnesota Pollution Control Agency (2019).</i> .....	27
<i>Figura 2.37 Zanja de infiltración en Minnesota.</i> .....	28
<i>Figura 2.38 Zanja de infiltración en Madrid. Fuente: Ayto. de Madrid</i> .....	28
<i>Figura 2.39 Zanja de infiltración en Sevilla.Fuente: GreenBlueManagement.</i> .....	28
<i>Figura 2.40 Fuente: University of Arkansas Community Design Center (2010).</i> .....	29
<i>Figura 2.41 Depósito reticular con entrada de escorrentía por filtrado con un área de biorretención.</i> <i>Fuente: Adaptado de University of Cincinnati (2016).</i> .....	29
<i>Figura 2.42 Depósito reticular en Cementerio de Villaverde (Madrid). Fuente: Atlantis.</i> .....	31
<i>Figura 2.43 Depósito reticular en el Parque Central de Valencia. Fuente: HidroStank.</i> .....	31
<i>Figura 2.45 Fuente: Clean Water Services (2009)</i> .....	31
<i>Figura 2.44 Depósito reticular en Valencia.</i> .....	31
<i>Fuente: GreenBlueManagement.</i> .....	31
<i>Figura 2.46 Fuente: Adaptado de London Borough of Haringey (2018).</i> .....	32
<i>Figura 2.47 Dren filtrante en Carretera A74 Escocia. Fuente: Cambridge City Council (2009).</i> .....	33
<i>Figura 2.48 Dren filtrante en Madrid. Fuente: Ayto. de Madrid.</i> .....	33

<i>Figura 2.49 Zanja drenante en Crevillent (Alicante). Fuente: GreenBlueManagement.</i>	33
<i>Figura 2.50 Fuente: Philadelphia Water Department (2014)</i>	34
<i>Figura 2.51 Fuente: Adaptado de Clean Water Services (2016)</i>	34
<i>Figura 2.52 Cuneta vegetada en Xàtiva (Valencia).Fuente: GreenBlueManagement.</i>	36
<i>Figura 2.53 Cuneta vegetada en Seattle (EE.UU.). Fuente: Stephen C. Grey &amp; Associates.</i>	36
<i>Figura 2.54 Cuneta vegetada en el Anillo Deportivo de los Juegos del Mediterráneo 2018 (Tarragona). Fuente: SET Ingeniería.</i>	36
<i>Figura 2.55 Estanque. Fuente: Adaptado de Arkansas Community Design Center (2010).</i>	37
<i>Figura 2.56 Localización del parque de Gomeznarro Madrid. Fuente: Ayto. de Madrid.</i>	38
<i>Figura 2.57 Instalación de celdas de drenaje bajo pavimento. Zona de captación deprimida.Fuente: Ayto. de Madrid.</i>	39
<i>Figura 2.58 Situación final y detalle sección constructiva transversal. Fuente: Ayto. de Madrid.</i>	39
<i>Figura 2.59 Localización del Parc Bit y edificio Complejo Balear de Investigación. Fuente: Ayto. de Palma de Mallorca.</i>	40
<i>Figura 2.60 Cubiertas vegetales, zanja drenante en patio y fachada vegetada. Fuente: Ayto. de Palma de Mallorca.</i>	40
<i>Figura 2.61 Cubiertas vegetales Parc Bit. Fuente: Ayto. de Palma de Mallorca.</i>	41
<i>Figura 3.1 Documentos por año de Sustainable Urban Drainage Systems. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).</i>	44
<i>Figura 3.2 Documentos por área de Sustainable Urban Drainage Systems. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).</i>	44
<i>Figura 3.3 Documentos por año de Water Sensitive Urban Design. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).</i>	45
<i>Figura 3.4 Documentos por área de Water Sensitive Urban Design. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).</i>	45
<i>Figura 3.5 Documentos por año de Stormwater BMP education. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).</i>	46
<i>Figura 3.6 Documentos por área de Stormwater BMP education. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).</i>	46
<i>Figura 3.7 Documentos por año de Stormwater Control Measures. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).</i>	47
<i>Figura 3.8 Documentos por área de Stormwater Control Measures. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).</i>	47
<i>Figura 3.9 Documentos por año de SUDS implementation social. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).</i>	49

<i>Figura 3.10 Documentos por área de SUDS implementation social. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).</i>	49
<i>Figura 3.11 Documentos por año de WSUD implementation social. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).</i>	50
<i>Figura 3.12 Documentos por área de WSUD implementation social. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).</i>	50
<i>Figura 3.13 Documentos por año de Stormwater BMP implementation social. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).</i>	51
<i>Figura 3.14 Documentos por área de Stormwater BMP implementation social. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).</i>	51
<i>Figura 3.15 Documentos por año de Stormwater control measures education. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).</i>	52
<i>Figura 3.16 Documentos por área de Stormwater control measures education. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).</i>	52
<i>Figura 3.17 Documentos por año de SUDS education. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).</i>	54
<i>Figura 3.18 Documentos por área de SUDS education. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).</i>	54
<i>Figura 3.19 Documentos por año de WSUD education. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).</i>	55
<i>Figura 3.20 Gráfica de documentos por área de WSUD education. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).</i>	55
<i>Figura 3.21 Gráfica de documentos por año de Stormwater BMP education. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).</i>	56
<i>Figura 3.22 Documentos por área de Stormwater BMP education. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).</i>	56
<i>Figura 3.23 Documentos por área de Stormwater control measures education. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).</i>	57
<i>Figura 3.24 Documentos por área de Stormwater control measures education. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).</i>	57
<i>Figura 4.1. Variables endógenas y exógenas del modelo</i>	67
<i>FIGURA 5.1 ¿Cuál es su actividad en la Universidad?</i>	73
<i>FIGURA 5.2 ¿En qué Universidad desarrolla su actividad como estudiante, PDI o PAS?</i>	73
<i>FIGURA 5.3 ¿En qué titulación desarrolla su actividad?</i>	74
<i>FIGURA 5.4 ¿Tenía conocimiento sobre los SUDS antes de la realización de este cuestionario?</i>	74
<i>FIGURA 5.5 ¿Cómo valora la actual dotación de recursos existentes en España para la implementación de los SUDS?</i>	74

*FIGURA 5.6 ¿En qué grado cree que la sociedad está informada sobre las técnicas SUDS, y las posibilidades y beneficios que aportan? ..... 75*

*FIGURA 5.7 Valore la necesidad de implementar los conocimientos de los SUDS dentro de asignaturas ya existentes en su titulación..... 75*

*Figura 5.8 Ser consciente de los beneficios que aportan los SUDS en la formación universitaria ..... 75*

*FIGURA 5.9 ¿Cree que el aprendizaje sobre los SUDS puede ayudarle a desarrollar hábitos de conducta de respeto a la naturaleza, tanto personales como en otros procesos relacionados con la ingeniería y la arquitectura?..... 75*



## ÍNDICE DE TABLAS

<i>TABLA 4.4 Traducción del Modelo de Schwartz a los estudios de la rama de ingeniería y arquitectura</i>	<b>66</b>
<i>TABLA 6.1 Planificación de tareas.</i>	<b>80</b>
<i>TABLA 6.2 Diagrama de Gantt.</i>	<b>81</b>
<i>TABLA 6.3 Coste del Hardware.</i>	<b>83</b>
<i>TABLA 6.4 Coste del Software.</i>	<b>83</b>
<i>TABLA 6.5 Coste de material fungible.</i>	<b>83</b>
<i>TABLA 6.6 Gastos de personal.</i>	<b>83</b>
<i>TABLA 6.7 Coste total del proyecto.</i>	<b>84</b>
<i>TABLA 4.1 Asignaturas Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos.</i>	<b>95</b>
<i>TABLA 4.2 Asignaturas Ingeniería Civil.</i>	<b>97</b>
<i>TABLA 4.3 Asignaturas Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos</i>	<b>99</b>



## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Los métodos tradicionales tratan de recoger el agua de la lluvia y la transportan mediante superficies impermeables como cunetas y tuberías para así retirarla lo antes posible.

Se podría definir los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) como elementos de la red de drenaje que nos permitirán recoger, transportar, descontaminar, retener, infiltrar y evacuar el agua de lluvia de una manera sostenible.

Los SUDS se vienen aplicando con éxito en países como Estados Unidos, Reino Unido, Alemania, Japón, Francia, y Holanda. Son elementos integrantes de la estructura Urbano-Hidrólogo-Paisajística, destinados para filtrar, retener, infiltrar, transportar y almacenar el agua de lluvia, sin que sufra ningún tipo de contaminación y eliminando la contaminación ya existente. Tienen como objetivo restaurar el ciclo natural del agua e intentar alterar lo menos posible la hidrología del lugar. Es importante minimizar los impactos del desarrollo urbanístico y realizar un buen tratado de la corriente durante su captación y transporte.

Entre sus características más importantes es la de promover y maximizar la captación del agua de lluvia por procesos de filtración, elemento fundamental para provocar simultáneamente una retención en origen y el comienzo de la restauración o preservación de la calidad del agua captada.

Una de sus características más importantes es la de promover y maximizar la captación del agua de lluvia por procesos de filtración, elemento fundamental para provocar simultáneamente una retención en origen y el comienzo de la restauración o preservación de la calidad del agua captada.

Los objetivos de los SUDS se podrían resumir en los siguientes aspectos:

- Captar, gestionar y proporcionar un recurso natural, libre de contaminación.
- Proteger los sistemas naturales: proteger y mejorar el ciclo del agua en entornos urbanos.
- Integrar el tratamiento de las aguas de lluvia en el paisaje: maximizar el servicio al ciudadano mejorando el paisaje con la integración de cursos y/o láminas de agua en el entorno.
- Proteger la calidad del agua: proteger la calidad de las aguas receptoras de escorrentías urbanas, reduciendo o evitando la contaminación de éstas, a ser posible en origen.
- Reducir volúmenes de escorrentía y caudales punta: reducir caudales punta procedentes de zonas urbanizadas mediante elementos de retención y minimizando áreas impermeables.
- Protección del sistema de saneamiento existente: al reducir o no incrementar los vertidos a la red de saneamiento convencional en tiempo de lluvia.
- Incrementar el valor añadido minimizando costes: minimizar el coste de las infraestructuras de drenaje al mismo tiempo que aumenta el valor del entorno.
- Reducción de costes al reducirse el volumen de los influentes en las mismas.
- Reducción de costes al no alterarse frecuentemente el patrón de contaminantes para el que la depuradora ha sido diseñada.
- Reducción del número de vertidos (DSU) a la entrada de la depuradora por incapacidad de esta.

Es importante concienciar a la sociedad sobre la necesidad de actuar para prevenir y mitigar las consecuencias de las inundaciones.

### 1.2 OBJETIVOS

Los SUDS son fundamentales para mitigar la acción humana, luchar contra la contaminación y prevenir ciertas catástrofes. ¿Tenemos el conocimiento adecuado para afrontar los problemas haciendo uso de los SUDS? Se dispondrá a comprobar cuál es el nivel de los estudiantes y profesores acerca de estas técnicas y para ello ha colaborado la Universidad de Oviedo con la Universidad de Extremadura. El objetivo de este estudio es analizar si son suficientes las enseñanzas impartidas en la docencia sobre los SUDS, comprobar si los estudiantes se gradúan con un nivel adecuado para afrontar trabajos dedicados a este sector y conocer el criterio tanto de profesores como de alumnos sobre estas

enseñanzas. La función de este estudio será analizar si hay la adecuada temática sobre ello en las guías docentes de las asignaturas y lo comprobaremos para cada grado de la Escuela Politécnica de Mieres. Otra finalidad es encuestar a alumnos y profesores con la mejor herramienta posible para obtener unos resultados apropiados y de calidad. Crearemos un cuestionario para saber las opiniones y conocer si es necesario hacer un cambio en el sistema académico para incluir más documentación e información al respecto. También se comprobará la documentación disponible y se valorará como incrementa con respecto al tiempo y la cantidad de información que hay.

Con este objetivo se desarrolla una metodología de análisis apoyada en la creación de un cuestionario, cuyos resultados ayuden a clarificar el grado de percepción de la problemática actual de urbanismo e infraestructuras insostenibles, cambio climático y falta de resiliencia, el conocimiento de los SUDS como técnicas que ayudan a solucionar la problemática, así como la determinación del perfil profesional necesario y la docencia universitaria requerida para afrontar las problemáticas actuales.

## 2. ESTUDIO DEL ESTADO DE LA CIENCIA

### 2.1 PROBLEMÁTICA RELACIONADA CON LA GESTIÓN DEL AGUA DE LLUVIA

Se define el riesgo de inundación como la posibilidad que tiene determinada zona de que se produzcan daños a personas, bienes o servicios como consecuencia de una inundación.

Las inundaciones en ámbitos urbanos son las que más probabilidad tienen de afectar a las vidas humanas, ya que es donde se concentra una mayor densidad de personas. Además, pueden ocasionar importantes desperfectos en gran número de edificios y construcciones: el riesgo de inundación de un edificio aumenta cuando la zona urbana en la que se encuentra quedó anegada. En este tipo de inundaciones se producen daños en el mobiliario urbano (bancos, luminarias, señalética, árboles, etc.), en pavimentos y alcantarillado, y en todo aquello que se encuentre en la vía pública como vehículos, terrazas, etc.

El nivel de riesgo depende de tres variables: La peligrosidad, la exposición y la vulnerabilidad. Teniendo en cuenta estos conceptos, se puede dar el caso de que una inundación afecte a una gran extensión en una zona con alta probabilidad de inundación (Peligrosidad muy alta), pero que no afecte a ninguna zona urbana ni industrial ni de especial interés medioambiental (Vulnerabilidad muy baja) y por lo tanto el riesgo sea bajo o nulo. Por el contrario, puede ocurrir que una zona con un índice de peligrosidad muy bajo tenga un alto riesgo debido a que incluye una ciudad con mucha población.

Una inundación es la ocupación por el agua de zonas que habitualmente están libres de ésta a consecuencia de lluvias torrenciales, desbordamiento de ríos o ramblas, deshielo, subida de las mareas por encima del nivel habitual, ascenso del nivel freático, embates de mar, etc.

Existen dos grandes tipos de inundaciones: continentales, en las que aguas dulces inundan el territorio; y costeras, en las que las aguas del mar son las responsables de la inundación.

Dentro de las inundaciones continentales se diferencia entre las inundaciones fluviales y las pluviales. Las primeras son causadas por el desbordamiento de los cauces de ríos o arroyos, mientras que las segundas se originan por la escorrentía generada por las precipitaciones "in situ". En ambos casos, la causa principal son las lluvias. En las ciudades y zonas urbanas podemos distinguir cuatro tipologías de inundación: las inundaciones fluviales, el anegamiento por lluvias o inundaciones pluviales, las inundaciones costeras, y las inundaciones puntuales por fallo de una canalización subterránea. En las inundaciones fluviales el agua de lluvia se concentra en los cauces, aumentando el caudal de los ríos y arroyos. Cuando el volumen de agua supera la capacidad del cauce se produce un desbordamiento, generando nuevas corrientes de agua en las llanuras de inundación que habitualmente están libres de agua. Cuando el cauce está próximo a alguna población y sufre un desbordamiento, se produce una inundación urbana. La corriente discurre por las calles de mayor pendiente y menor cota altimétrica, y se acumula en las zonas bajas.

El aumento del caudal puede darse por distintos motivos: precipitaciones intensas, gran cantidad de deshielo en poco tiempo debido a un aumento brusco de las temperaturas, y, menos probable, por el fallo de un dique o presa.

### 2.2 ESTRATEGIAS PARA LA IMPLANTACIÓN DE SUDS

Los sistemas habituales de gestión del agua de lluvia que se utilizan actualmente se basan en transportar el agua directamente desde el punto de origen (cubiertas y pavimentos) hasta la red general de manera directa, minimizando el recorrido del agua, desaprovechando la capacidad de infiltración del terreno y evitando la posibilidad de reutilización en origen. Con este sistema, cuando hay lluvias importantes o cuando la climatología es propicia a las lluvias torrenciales, las canalizaciones suelen colapsar porque no están dimensionadas para esos volúmenes, provocando inundaciones en las ciudades y alteraciones en los cursos fluviales. El tratamiento de descontaminación de las aguas,

en estos casos, se realiza en depuradoras situadas al final del recorrido del agua, sin sistemas previos de tratamiento pasivo o retención. Esto motiva que las depuradoras vean superada su capacidad máxima de tratamiento en episodios de fuertes lluvias. Los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) son una herramienta preventiva de gestión del agua de lluvia que contribuye a minimizar los efectos de las inundaciones. Su estrategia se basa en dos objetivos principales: reducir la cantidad de agua que llega al punto final de vertido, y mejorar la calidad del agua que se vierte al medio natural. El carácter preventivo de los SUDS se combina con la capacidad de aprovechamiento del agua de lluvia para labores de riego y baldeo, y con su utilización como elemento paisajístico y para la mejora medioambiental del entorno. La estrategia para conseguir una adecuada gestión del agua de lluvia consiste en actuar en cada uno de los tramos de su recorrido, desde el inicio, cuando la lluvia llega a la superficie, hasta el final, cuando es vertida a la red general de saneamiento o es infiltrada en el terreno, pasando por el recorrido y transporte. Este recorrido se conoce como tren o cadena de gestión, y considera el ciclo del agua de forma global: en primer lugar, se debe detener el agua en su lugar de origen, en segundo lugar, ralentizar su recorrido a través del terreno urbanizado disminuyendo así la escorrentía, el tercer paso consiste en almacenar la cantidad de agua sobrante, y por último infiltrar esta agua al terreno o reutilizarla.

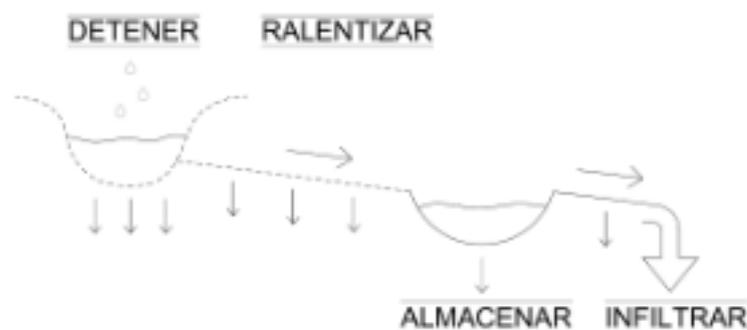


Figura 2.1 Esquemas del funcionamiento de la cadena de gestión del agua. Fuente: (Del et al., 2000)

Es necesario abordar la problemática del drenaje urbano desde el concepto de cadena de gestión, es decir, de manera integral y en el orden expuesto. Siguiendo esta estrategia conseguimos que el ciclo urbano del agua se asemeje lo máximo posible al ciclo natural.

### 2.2.1 DETENER

El primer paso de la estrategia consiste en interceptar y detener el agua en su lugar de origen, es decir, cuando llega a la superficie urbanizada. La función es evitar que la escorrentía se descontrole sobre la superficie urbana. Con ello, se reduce la cantidad de agua que pasa al siguiente grado de la cadena de gestión, ya que favorece la evaporación y la absorción del agua a través del terreno y la vegetación. Esta parte es clave para mitigar el caudal pico de agua vertida a la red y que el vertido se produzca de manera más gradual. La disminución del caudal a tratar hace más eficientes los siguientes sistemas de drenaje, y supone un ahorro económico considerable. Las primeras superficies receptoras del agua de lluvia son la envolvente de los edificios y los pavimentos y elementos urbanos de las calles, plazas, parques, caminos etc. Habitualmente se trata de superficies muy impermeabilizadas, no diseñadas para la detención o almacenamiento, y que impiden la infiltración del agua.



Figura 2.2 La cadena de gestión. Ejemplo de superficies permeables. Troia, Portugal. Fuente: (Potter & Vilcan, 2020)

La detención de las aguas permite controlar la propagación de la contaminación existente. Muchas veces llega a la superficie un agua ya contaminada: las precipitaciones atraviesan una nube de polución aérea producida por las ciudades y zonas industriales. Los residuos se depositan en la superficie durante periodos de sequía, añadiéndose a la suciedad que se genera directamente sobre el pavimento urbano. Cuando se producen las primeras precipitaciones, estos residuos son arrastrados a lo largo del recorrido del agua afectando a los acuíferos. Los elementos de origen (envolventes y pavimentos) deben ser capaces de detener esta agua para filtrarla y realizar una depuración inicial. En caso de entornos muy poco urbanizados o donde la contaminación es mínima, el agua que llega a la superficie puede ser directamente infiltrada al terreno, o almacenada para su posterior uso. Uno de los papeles de los elementos de detención es controlar el caudal de agua de escorrentía, para que la infiltración o vertido a la red se produzca de manera gradual.

El agua de lluvia puede ser detenida en la envolvente de los edificios, el pavimento y los elementos urbanos:

**Detención del agua en la envolvente de los edificios:** El principal elemento receptor de agua de lluvia son las cubiertas de los edificios. Las cubiertas planas vegetadas son capaces de almacenar grandes cantidades de agua de dos modos: en el propio sustrato vegetal, o en un aljibe situado en la propia cubierta debajo del terreno. El agua que se almacena en el sustrato es absorbida por las plantas y devuelta a la atmósfera mediante evapotranspiración. En las temporadas cálidas, dependiendo de la tipología de las especies utilizadas y del espesor del estrato, la cubierta vegetada puede llegar a retener entre el 70 y el 90% de las precipitaciones que recibe. En invierno puede llegar a retener entre un 25 y un 40%.

Las cubiertas vegetadas inclinadas, aunque en menor medida, también contribuyen a la detención del agua en su lugar de origen. Aunque en estos casos no se puede disponer un gran aljibe en cubierta, la retención en el sustrato vegetal se produce de igual manera que en las cubiertas planas. Se pueden acompañar de un depósito externo enterrado para almacenar el agua sobrante y permitir su reutilización. Detención del agua en los pavimentos y elementos urbanos: En las zonas urbanizadas existen grandes extensiones de pavimentos y elementos urbanos que reciben directamente el agua de lluvia. El diseño de estos elementos permite aprovechar controlar, detener y minimizar la escorrentía.



Figura 2.3 Fuente: (Zinco Cubiertas Ecológicas, 2018)

Los pavimentos impermeables incrementan la escorrentía superficial creando encharcamientos e inundaciones. En cambio, los pavimentos permeables permiten que el agua discurra a través suyo, infiltrándola al terreno o almacenándola y deteniéndola en capas inferiores. Con estos pavimentos se consigue retener durante un tiempo el transporte de agua a la red general. Además, siempre que el grado de contaminación de las aguas y las características del entorno lo permitan, con este sistema se puede infiltrar el agua en el terreno en el mismo punto de origen, contribuyendo así a disminuir la cantidad de agua a evacuar.

Si el pavimento utilizado es vegetal, el funcionamiento es similar al de las cubiertas: el agua que se almacena en el sustrato es absorbida por las plantas y devuelta a la atmósfera mediante evapotranspiración, reteniendo entre el 70% y 90% de las precipitaciones en verano, y entre el 25% y 40% en invierno. Además, se puede colocar un elemento de almacenamiento (celdas plásticas, grava) bajo el pavimento o sustrato, deteniendo y almacenando así más cantidad de agua. Esta agua se puede reutilizar, infiltrar de manera lenta y gradual al terreno, o verter a la red de evacuación general. El resto de los elementos urbanos que componen las calles, plazas y parques de las ciudades también pueden ser aprovechados para detener el agua de escorrentía, evitando así el flujo libre del agua y mejorando el funcionamiento del sistema de drenaje. Algunos de los elementos urbanos susceptibles de ser aprovechados como elemento de detención en origen son los siguientes:

**Alcorques:** El agua de las zonas próximas se detiene en este punto, para pasar a una posterior infiltración o conducción ralentizada hasta el siguiente punto de la cadena de drenaje.

**Medianas:** Las medianas deprimidas son capaces de detener la escorrentía que circula a lo largo de las calles de las zonas urbanizadas.

**Rotondas:** Se pueden aprovechar para detener el agua proveniente de las calles y áreas contiguas.

Todos estos elementos deben diseñarse con pavimentos permeables. Siempre que sea posible conviene incorporar vegetación en estos elementos optimizando así la capacidad de detención de flujo de agua gracias a la absorción por parte de las plantas, y reduciendo la cantidad final de agua a evacuar y facilitando la depuración natural. En todo caso, si la calidad del agua lo permite, conviene trasladar la escorrentía de las zonas impermeables a todos estos puntos permeables.



Figura 2.4 Alcorques y zonas urbanas con diferentes pavimentos. Fuente: (Bradford & Drake, 2010)

### 2.2.2 RALENTIZAR

Una vez detenido el flujo descontrolado del agua que vienen de las precipitaciones, el siguiente paso es conseguir que la conducción de esta agua de escorrentía hasta el punto final del recorrido sea lo más lento posible. La finalidad principal de ralentizar el flujo de agua es controlar el caudal punta que llega al punto de vertido, infiltración o almacenamiento, de manera que llegue de forma escalonada y gradual. Con esto se consigue evitar la posible colmatación de los sistemas que componen la cadena de drenaje, que derivaría en un peor funcionamiento del sistema y en un incremento económico considerable. Se trata de una estrategia que actúa a lo largo del recorrido de la escorrentía, de manera que la geomorfología del terreno afectará notablemente a su comportamiento. El relieve, la permeabilidad, la vegetación y la capacidad de detención y almacenaje condicionan considerablemente a la velocidad del agua a lo largo de su recorrido. Cuando actuamos en un entorno natural para convertirlo en una superficie urbanizada, modificamos y desnaturalizamos estos aspectos de la morfología del terreno.

Existen distintos sistemas para conseguir la ralentización de la escorrentía. La elección para conseguir una mayor eficiencia depende de factores como la climatología, la cantidad de agua prevista, la permeabilidad del terreno y la posibilidad de infiltración. Podemos distinguir los sistemas de ralentización en superficiales o subsuperficiales. Los sistemas superficiales de ralentización se basan en reducir la velocidad de la escorrentía mediante filtros naturales tales como franjas y áreas de vegetación o de grava. Estos sistemas, además de ralentizar el flujo de agua consiguen filtrarlo, eliminando así partículas sólidas y aceites. Los sistemas subsuperficiales se sitúan a una profundidad de entre 1 y 3 metros bajo el terreno, y se suelen realizar mediante zanjas en el terreno rellenas de material drenante. Existen distintas tipologías, según se combinen los elementos de infiltración, tuberías, láminas geotextiles e impermeabilización. En estos sistemas, las gravas de relleno drenan y filtran el agua que se va a conducir.



Figura 2.5 Zanja de infiltración y franjas filtrantes. Fuente: (Checa & De Pazos, 2018)

Además de reducir la velocidad de la escorrentía, los sistemas de ralentización consiguen filtrar el agua, contribuyendo a su descontaminación de forma pasiva. Si la calidad del agua es suficiente, algunos elementos de ralentización también pueden permitir la infiltración de las aguas que conducen. De esta manera, se ralentiza aún más el flujo de agua, se disminuye notablemente el caudal que llega al punto final, y se recupera el ciclo natural del agua. Si el terreno es muy permeable, la infiltración puede ser completa, no siendo necesario conducir el agua a un punto final ya que antes se infiltrará toda en el terreno. Existen algunos elementos donde la ralentización de la escorrentía requiere medidas especialmente diseñadas para cada caso. Esto es lo que sucede por ejemplo en los taludes, carreteras y calles. Las elevadas pendientes de los taludes aumentan considerablemente la velocidad de escorrentía. Para solucionar este problema, se pueden realizar drenes intermedios filtrantes, zanjas de infiltración en el cuerpo o en la base del talud, franjas de infiltración etc. En los taludes urbanos una de las medidas más utilizadas consiste en incorporar vegetación en el talud de manera que ralentiza y filtra el agua de escorrentía. El caso de las carreteras y caminos la característica principal que los define es su linealidad y longitud. El agua se conduce a los bordes de la vía, y se transporta mediante cunetas. La materialización de la cuneta es clave para conseguir la ralentización de la escorrentía. Las cunetas poco permeables de hormigón actúan como un canal que conduce rápidamente el agua hasta el punto final. Las cunetas vegetadas y las rellenas de gravas consiguen disminuir su velocidad, a la vez que permiten la filtración e infiltración de las aguas. Las calles también son elementos lineales, en este caso urbanos, en los que se pueden crear grandes avenidas de agua si no se realiza un drenaje adecuado. En las calles se deben aprovechar los elementos urbanos como medianas y alcorques para la captación, depuración e infiltración del agua, y conducirla a un tubo drenante enterrado situado a lo largo de la calle. Algunas de las acciones que contribuyen a un mejor diseño de las calles son: Inclinar las pendientes hacia la zona de recogida de agua, incorporar sistemas de drenaje perimetral en torno a los elementos urbanos de recogida, utilizar pavimentos permeables en las aceras y en la calzada para que el agua pueda llegar directamente al tubo drenante, incluir zonas de infiltración en algunos de los elementos de captación y filtrado como alcorques y medianas, o añadir zonas de biorretención y de almacenamiento.

### 2.2.3 ALMACENAR

Después de detener y conducir de manera ralentizada el agua, el tercer paso de la estrategia de actuación consiste en almacenarla para: prevenir las inundaciones concentrando la escorrentía, la posterior reutilización de las aguas almacenadas, y retener el agua durante cierto tiempo hasta el momento de depuración, infiltración o vertido. Se debe elegir una tipología u otra en función de las necesidades, de la climatología y del terreno. La acumulación de la escorrentía en zonas concretas y diseñadas para ello permite que posteriormente se reutilice el agua almacenada para labores de riego, baldeo o limpieza. En los casos en los que el agua está excesivamente contaminada, ésta no se puede reutilizar directamente desde el depósito de almacenamiento, sino que tiene que ser tratada previamente. En este caso la función del almacenamiento no es la reutilización directa, sino la detención del agua durante un tiempo antes de pasar al siguiente punto del recorrido de drenaje.



Figura 2.6 Elementos de almacenamiento en superficie. Fuente: (Checa & De Pazos, 2018)

Algunos sistemas de almacenamiento permiten también el tratamiento de las aguas de manera natural, sin el uso de componentes químicos adicionales. Es el caso de los humedales artificiales y los estanques de retención, que mediante la propia vegetación y los microorganismos que habitan en la balsa de agua se consigue la sedimentación de las partículas sólidas, la fitorremediación, y la absorción de nutrientes por parte de la vegetación. Con este sistema se puede depurar el agua por completo de manera pasiva, evitando sistemas de depuración activos y reduciendo notablemente el coste energético y económico. Para que el elemento de almacenamiento consiga depurar correctamente las aguas es importante que existan todos los elementos de la cadena de drenaje y que se cumplan todas las estrategias de diseño anteriormente comentadas. La disminución del caudal, los tratamientos previos y los procesos de filtraje y drenaje hacen que el tratamiento pasivo en el elemento de acumulación sea más eficaz. Además de detener y depurar, algunos de los sistemas de almacenamiento del agua también permiten infiltrarla al terreno. Con la infiltración directa desde el punto de almacenamiento se consigue reducir la cantidad de agua que pasa al siguiente punto de la cadena, además de contribuir al ciclo natural del agua. El agua debe tener el mínimo de calidad legal exigido para que se pueda realizar la infiltración, por lo que será necesario un tratamiento previo de depuración mediante sistemas de filtrado. No en todos los casos es posible la infiltración al terreno, bien por motivos de alta contaminación de las aguas, o bien porque el terreno no tiene la permeabilidad necesaria. Si se diseñan correctamente, las zonas de almacenamiento pueden contribuir favorablemente a la calidad paisajística y estética del lugar. Se pueden realizar sistemas de almacenamiento en superficie que generen estanques o balsas en zonas de parques, plazas y calles. La incorporación de un punto de almacenamiento en superficie, también en zonas menos urbanizadas, revaloriza estéticamente el lugar. Además, favorecen la biodiversidad y la proliferación de la flora y la fauna autóctona. Por estos motivos es conveniente utilizar, siempre que sea posible, sistemas de almacenamiento en superficie. En los casos en los que esto no es posible se pueden realizar almacenamientos enterrados, aunque en estos casos se aprovechan menos las posibilidades de revitalización de flora y fauna, el incremento de la calidad paisajística, y la depuración pasiva de las aguas. Para conseguir integrar los depósitos en el entorno, la materialización de los sistemas de almacenamiento debe realizarse mediante depresiones del propio terreno natural, evitando en lo posible el uso de materiales de construcción artificiales. Esto no es posible en el caso de depósitos enterrados, donde los materiales más habituales son los plásticos y el hormigón armado. Los tamaños de los sistemas de acumulación pueden ser muy variados, desde grandes depósitos de acumulación a nivel comarcal como embalses y balsas, hasta pequeñas zonas de acumulación puntuales debajo de cubiertas o pavimentos, pasando por sistemas intermedios que abastecen a todo un edificio o a un equipamiento verde. La adecuada conjugación de los distintos tamaños de almacenamiento contribuye a la optimización del almacenamiento y a la mejora de la gestión del agua de escorrentía.

## 2.2.4 INFILTRAR

El último paso de la estrategia de actuación en el sistema de drenaje consiste en infiltrar el agua en el terreno, contribuyendo así a regenerar el ciclo natural del agua. La infiltración es la introducción controlada y pausada del agua de escorrentía al terreno. Con la infiltración, el agua termina siendo absorbida por el terreno, pasando al acuífero, y devuelta al ciclo natural. Para poder infiltrar el agua se debe garantizar que no lleve residuos de contaminación, ya que esto podría provocar la contaminación del terreno y del acuífero. Por este motivo, no en todos los casos se puede permitir una infiltración directa al terreno. En los casos en los que el agua no cumpla los criterios de calidad, los sistemas de filtrado y drenaje que componen la cadena de drenaje sostenible deberán ser capaces de tratar el agua de manera pasiva, pudiéndose infiltrar directamente al terreno. En los casos especiales donde la contaminación es muy elevada es importante realizar un tratamiento exhaustivo de las aguas para poder proceder a su infiltración en el terreno, incluso incorporando un sistema de tratamiento con depuradora. Si no existe contaminación y el terreno y el acuífero lo permiten, la infiltración puede hacerse directamente a través de un pavimento permeable, siguiendo fielmente el ciclo natural del agua. Si se siguen las estrategias comentadas, el trabajo de estas depuradoras será menor y por lo tanto el sistema será más eficiente y económico.



Figura 2.7 Infiltración en zanja. Fuente: (Rodríguez-Rojas, 2019)

A parte de la contaminación, hay otra serie de factores que afectan a la viabilidad de la infiltración: las características del terreno y del entorno inmediato, y las características y protección del acuífero. Si el terreno natural es muy impermeable, la infiltración será de manera muy lenta y prolongada en el tiempo, contribuyendo a encharcar la superficie y provocando inundaciones. Por otra parte, hay lugares donde la presencia excesiva de agua puede condicionar la estabilidad del terreno. Es el caso por ejemplo de los taludes y las excavaciones. Por último, la presencia de edificios en el entorno próximo puede hacer que no sea conveniente la infiltración, ya que el agua y las sales que arrastra podrían afectar muy negativamente a la cimentación de los edificios y afectar a su durabilidad. En estos casos, el agua de escorrentía se debe conducir a un lugar donde sí que sea posible la infiltración. En definitiva, podemos concluir que si abordamos el sistema de drenaje del agua de lluvia siguiendo las estrategias anteriormente comentadas conseguiremos minimizar el impacto en el ciclo natural del agua, previniendo inundaciones, contaminación y alteración del medio natural, y aprovechando al máximo el recurso agua. Resulta imprescindible entender la vinculación entre el sistema de drenaje y el urbanismo. Los elementos de retención, conducción, almacenamiento e infiltración forman una extensa red de gestión del agua que debe incorporarse al diseño y al planeamiento urbano desde los inicios del mismo. Los sistemas urbanos de drenaje son un condicionante más que ayuda en el diseño urbano. Las estrategias de control y gestión no solo mejoran el sistema urbano de drenaje y tratamiento de las aguas, sino que contribuyen a mitigar el avance del cambio climático, a reducir el efecto isla calor y a reducir la propagación de la contaminación, elevan la calidad paisajística y estética del lugar, e influyen positivamente en la biodiversidad y en la proliferación de la flora y la fauna local. Las estrategias estructurales que actúan sobre la cadena de gestión de las aguas deben

complementarse con estrategias encaminadas a disminuir la contaminación general, tanto atmosférica como superficial de manera preventiva: si evitamos emitir contaminación y residuos que ensucien las aguas de lluvia, evitaremos tener que tratar con tanta intensidad la escorrentía urbana, consiguiendo un ciclo del agua mucho más natural y un sistema de tratamiento de aguas más eficiente y económico.

### 2.3 TIPOLOGÍA SUDS

Cuando se edifica o se construye sobre un entorno natural, se impermeabiliza el terreno. Este proceso da lugar a que el agua que antes se filtraba en el terreno, pase a discurrir sobre la superficie y sea necesario almacenar, transportar y devolverla al entorno natural mediante puntos concretos.

Una consecuencia de la dificultad del terreno para filtrar el agua es la alteración de su ciclo natural, produciéndose mayores volúmenes de escorrentía y caudales. Otra consecuencia que impide que el terreno filtre el agua y los acuíferos sean recargados.

Una función de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) es que una zona urbanizada sea lo más parecido posible a su estado natural y su respuesta hidrológica sea la correspondiente.

Otro inconveniente es la contaminación del agua. La escorrentía arrastra elementos contaminantes como aceites y combustibles de vehículos, y es necesario un sistema de drenaje para poder evitar que esos agentes contaminantes vuelvan al entorno natural.

Durante años la práctica habitual en el diseño del drenaje urbano ha consistido en transportar el agua rápidamente fuera de la ciudad a través de sumideros y sistemas de tuberías diseñados para captar y conducir toda el agua de escorrentía superficial. Cabe destacar que cuando se urbaniza un entorno natural, se produce un sellado del suelo que provoca que el agua que antes se retenía el suelo y se infiltra, para que ahora discurra rápidamente por la superficie y sea necesario recogerla, transportarla y verterla al medio receptor en puntos concretos.

A estos inconvenientes hay que añadir la contaminación de esa agua, tanto porque el agua de lluvia arrastra contaminantes suspendidos en el aire, como por el efecto de lavado de las superficies impermeables.

Como consecuencia de esta impermeabilización del terreno, asociada al proceso de hacer ciudad, se altera el ciclo natural del agua, produciéndose mayores volúmenes de escorrentía y mayores caudales punta, generando problemas en la gestión de las aguas de lluvia, tanto por su cantidad como por el impacto de su calidad sobre el medio receptor

El crecimiento sostenido de las ciudades unido a un escenario de cambio climático, donde las altas temperaturas y las precipitaciones extremas son cada vez más frecuentes, supone un incremento del riesgo de saturación de las redes de drenaje convencional es, haciendo que su ampliación no sea sostenible desde un punto de vista económico, técnico y ecológico.

Frente a estos problemas, la nueva tendencia internacional es la de implantar los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), que aportan una solución para la gestión de las escorrentías urbanas desde un enfoque más amable con la naturaleza, actuando desde el origen, y de una manera racional y más sostenible.



Figura 2.8 Cubierta vegetal plana extensiva y Cubierta inclinada vegetal. Fuente: (Rodríguez-Rojas, 2019)

La filosofía de los SUDS se basa en reproducir el ciclo hidrológico natural previo a la urbanización o actuación humana, fomentando en el proceso de urbanización el uso de sistemas permeables que permitan realizar una gestión más sostenible de las aguas de lluvia reduciendo la escorrentía superficial, tanto en origen como durante su transporte y en destino, con el objeto de incrementar la infiltración al terreno, laminar los caudales pico a gestionar e incrementar la calidad de los vertidos de aguas de lluvias.

Este enfoque también considera el agua de lluvia como un recurso natural, no como un residuo, aprovechándola en aquellos usos de agua no potable; por este aspecto, los SUDS se consideran dentro de las estrategias de economía circular.



Figura 2.9 Vista aérea del Museo de Historia de la Vendée. Fuente: (Del et al., 2000).



Figura 2.10 Tipos de SUDS. Fuente: (Del et al., 2000)

## 2.3.1 CUBIERTAS VEGETALES

### 2.3.1.1 DESCRIPCIÓN

La cubierta es el conjunto de elementos constructivos que forman la parte superior de los edificios, protegiéndolos, cerrándolos y cubriéndolos.

Las cubiertas vegetales son un sistema multicapa, formado de un sustrato con vegetación sobre una capa drenante y una membrana impermeable, instalado en la cubierta de un edificio. La lluvia cae sobre este sistema y es filtrada por la vegetación. El agua de la lluvia es retenida por el sustrato y el exceso es evacuado a partir de una capa drenante. La capa drenante tiene la capacidad de almacenar el agua que a su vez servirá como riesgo pasivo en periodos secos. Se pueden clasificar en cubiertas extensivas, con plantas tipo sedum o césped e intensivas con vegetación de mayor tamaño, incluso

árboles.



Figura 2.11 Fuente: *Adaptado de Clean Water Services (2016)*. Fuente: : (Del et al., 2000)

### 2.3.1.2 CRITERIO DE DISEÑO

Los factores que afectan al diseño son: la inclinación de la cubierta; el número, porosidad y tipo de capas utilizadas en el sistema; el tipo de vegetación; y los patrones de lluvia. Además, deben de tenerse en cuenta los siguientes criterios:

- La capacidad portante del edificio debe resistir la cubierta completamente saturada, y la cubierta debe estar protegida con una membrana impermeable.
- La lluvia cae directamente sobre la cubierta, por lo que no necesita elementos de entrada. Cuando se satura, la salida se realiza a través de un sumidero con rejilla que evite la entrada de hojas a la bajante.
- El sustrato debe ser permeable, no muy pesado cuando esté saturado, y contener sólo los nutrientes suficientes para el crecimiento de la vegetación.
- La vegetación seleccionada debe tener bajo mantenimiento y resistir a las condiciones extremas.
- Se debe incluir el acceso a la cubierta para, al menos, las labores de mantenimiento, e incorporar los medios de seguridad necesarios para llevarlas a cabo.
- El sistema suele ocupar entre el 50 -80 % de la cubierta.

### 2.3.1.3 BENEFICIOS

Los principales beneficios aportados por las cubiertas verdes son los siguientes:

- Disminuye principalmente el volumen de escorrentía.
- Reducen el área impermeable.
- La lluvia que cae es devuelta a la atmósfera tanto por la evaporación como la transpiración de las plantas, quienes eliminan contaminantes de la escorrentía.
- Contribuye a la resiliencia climática, la mejora de la calidad del aire reduce los niveles de ruido, mejora la vida útil de la cubierta, aumenta el valor de la propiedad y reduce el efecto isla de calor en los entornos urbanos.
- Ofrecen un alto valor ecológico, estético y de recreo.

### 2.3.1.4 REQUISITOS DE MANTENIMIENTO

Los requisitos fundamentales de mantenimiento en estos SUDS son los siguientes:

- Riego durante el periodo de implantación (1 -2 años),
- Retirada de vegetación invasiva, semestralmente.
- Reposición de plantación muerta, según necesidad.
- Mantenimiento propio de la vegetación en cubiertas intensivas, o siega de césped, en su caso.
- Inspección anual de todos los elementos, especialmente de los sumideros en busca de obstrucciones.

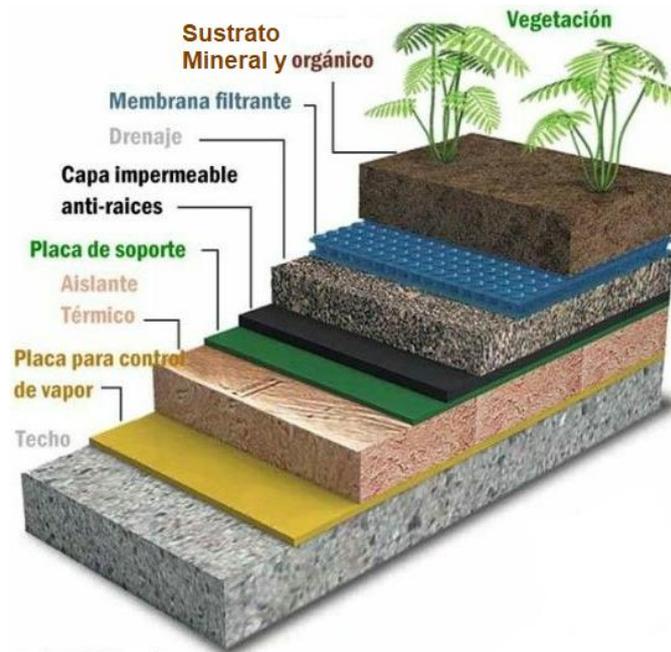


Figura 2.12 Cubierta vegetal intensiva (Fuente: Modificado de Energizar- MCT Graphic).

### 2.3.1.5 LIMITACIONES

Las limitaciones de estas técnicas se pueden resumir en los siguientes aspectos:

- El edificio debe ser capaz de soportar el peso adicional de la cubierta vegetada. En edificios existentes, pudiera ser necesario reforzar su estructura.
- Mayores costes, en construcción y mantenimiento, generalmente, que los tejados convencionales.
- Puede ser difícil establecer una vegetación constante y duradera por las condiciones climáticas, incluso ser necesario su riego pasado el periodo de implantación.
- Capturan y tratan únicamente la escorrentía de la cubierta donde se instalan.



Figura 2.13 Cuneta vegetada en Xàtiva (Valencia). Fuente:



*GreenBlueManagement*

Figura 2.14 Cuneta vegetada en Seattle (EE.UU.). Fuente: Stephen C. Grey & Associates.



Figura 2.15 Cuneta vegetada en el Anillo Deportivo de los Juegos del Mediterráneo 2018 (Tarragona). Fuente: *SET Enginyeria*.

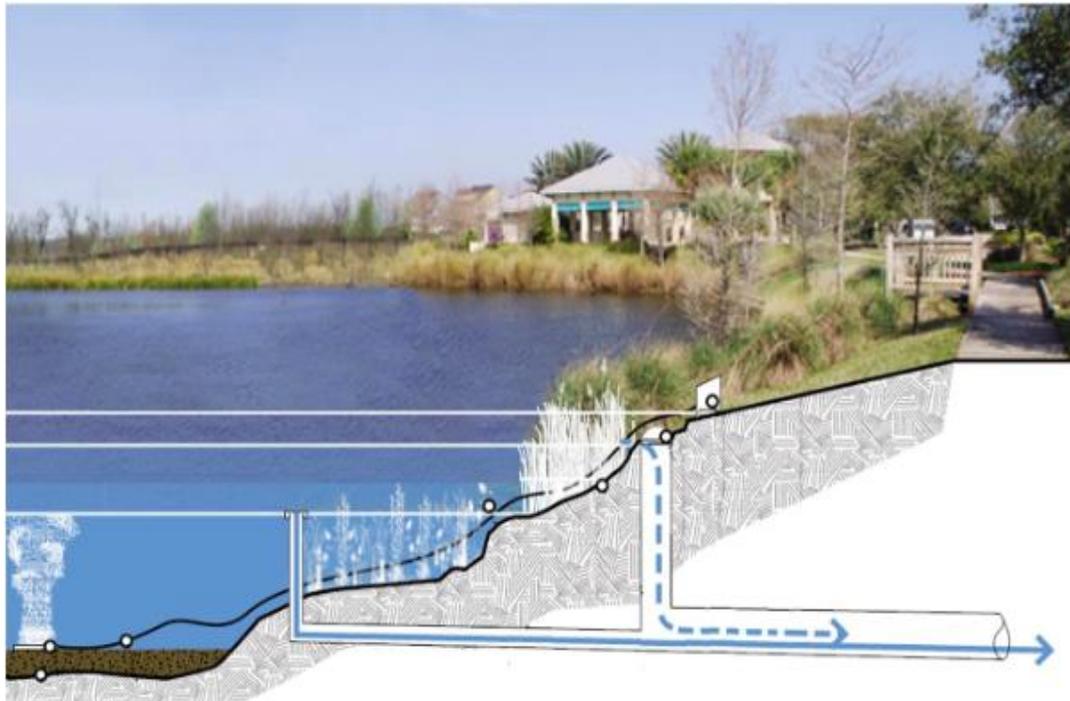


Figura 2.16 Estanque. Fuente: Adaptado de Arkansas *Community Design Center* (2010).

## 2.3.2 ALJIBES

### 2.3.2.1 DESCRIPCIÓN

Los aljibes son estructuras sencillas que permiten el aprovechamiento del agua de lluvia. Interceptan la escorrentía de tejados y superficies impermeables y la almacenan para su empleo en usos que no requieran la calidad del agua potable, como es el riego de jardines o la limpieza de vehículos, entre otros. Por su localización puede distinguirse entre los que están al aire libre, que podrían funcionar por gravedad, y los enterrados, para los que hará falta un sistema de bombeo. Entre los materiales más comúnmente empleados están los prefabricados de polipropileno y los construidos in-situ, que suelen ser de hormigón.



1. Generación de escorrentía en la cubierta
2. Recogida del agua de lluvia con canaletas y bajantes
3. Rejilla/filtro para evitar la entrada de hojas, sedimentos y mosquitos
4. Aljibe al aire libre
5. Rebose dirigido hacia una zona vegetada.
6. En caso de ser necesario, bomba de agua y sistema de filtrado
7. Transporte hasta el punto de aprovechamiento
8. Segundo suministro de agua opcional

Figura 2.17 Fuente: Adaptado de North Carolina State University (NCSU-BAE).

### 2.3.2.2 CRITERIOS DE DISEÑO

Para dimensionar el aljibe se debe tener en cuenta el área drenante, la cantidad y la naturaleza de las demandas, los patrones de lluvia del lugar, el espacio disponible y el presupuesto. Se debe diseñar un bypass para cuando el aljibe esté lleno.

- La instalación del sistema en un lugar elevado puede reducir o eliminar los requisitos de bombeo.
- El aljibe debe ser estanco, duradero, no reflectante, ligero, opaco (para evitar el crecimiento de algas)
- Es de fácil acceso para su limpieza.
- El pretratamiento suele estar compuesto por una rejilla, preferiblemente autolimpiable, para evitar la entrada de hojas, sedimentos, parásitos y mosquitos.
- La calidad de la escorrentía depende del material del tejado, el tipo de materiales que se depositan sobre él y el régimen de mantenimiento del mismo. Por ejemplo, no suele ser aconsejable recoger agua de los tejados con cobre o zinc, o de los tratados con fungicidas o herbicidas.

### 2.3.2.3 BENEFICIOS

Los principales beneficios aportados por las cubiertas verdes son los siguientes:

- Reduce la cantidad de agua potable empleada.
- Mejoran la operatividad del sistema municipal de alcantarillado, pues evitan que agua relativamente limpia, entre al sistema.
- Es visualmente atractivo y está integrado en el desarrollo.
- Es un componente de 'edificios verdes', que contribuye a obtener créditos en las certificaciones de sostenibilidad.

### 2.3.2.4 REQUISITOS DE MANTENIMIENTO

Los requisitos fundamentales de mantenimiento en estos SUDS son los siguientes:

- Retirar las hojas y residuos acumulados en las canaletas y en el filtro de entrada.
- Revisar el crecimiento de algas en el interior del dispositivo, y en caso de encontrarlas, tratar el agua para eliminarlas.
- Revisar el sistema de bombeo para asegurar el correcto funcionamiento.
- Vaciar y limpiar el aljibe trienalmente.

### 2.3.2.5 LIMITACIONES

Las limitaciones de estas técnicas se pueden resumir en los siguientes aspectos:

- Generalmente su capacidad de almacenamiento es limitada, por lo que no disminuyen el volumen de escorrentía de forma significativa.
- El agua almacenada debe ser utilizada periódicamente entre eventos de lluvia para maximizar la capacidad de almacenamiento y minimizar la escorrentía.
- Puede ser necesario el empleo de una bomba (se considerará el uso de bombas solares).
- Debe haber una fuente de agua alternativa para asegurar que se da respuesta a la demanda.



Figura 2.18 Colegio Público Gozalbes Vera, Xàtiva (Valencia). Fuente: *GreenBlueManagement*



Figura 2.19 Aljibe en Cincinnati (USA). Fuente: *GreenBlueManagement*.



Figura 2.20 Aljibe semienterrado en el Centro Social de Benaguasil (Valencia). Fuente: *GreenBlueManagement*

## 2.3.3 PAVIMENTOS PERMEABLES

### 2.3.3.1 DESCRIPCIÓN

Los pavimentos permeables son una estructura portante, que permite el paso tanto de peatones como de vehículos, así como la filtración de la escorrentía hacia una capa inferior de almacenamiento temporal, compuesta por gravas, celdas o cajas reticulares. Tras su almacenamiento, el agua se evacúa por infiltración o a través de drenes. La capa superficial puede ser de pavimento continuo, como hormigón o asfalto poroso, o modular. A este último tipo pertenecen los adoquines porosos, los adoquines permeables por junta o el césped reforzado.

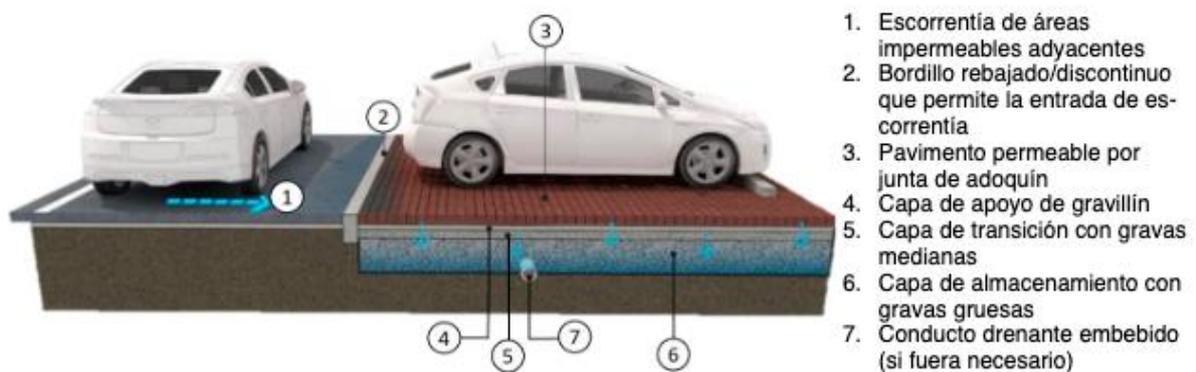


Figura 2.21 Fuente: (Ahn, 2016)

### 2.3.3.2 CRITERIO DE DISEÑO

Para dimensionar el aljibe se debe tener en cuenta el área drenante, la cantidad y la naturaleza de las demandas, los patrones de lluvia del lugar, el espacio disponible y el presupuesto. Se debe diseñar un bypass para cuando el aljibe esté lleno.

- Se diseña para gestionar la escorrentía que se genera en su superficie y las áreas impermeables adyacentes.
- No aconseja dirigir al pavimento permeable la escorrentía procedente de superficies con alto potencial de arrastre, para evitar su colmatación.
- El vaciado del agua almacenada en la subbase debe producirse en un plazo inferior a las 48h.
- Para aumentar el volumen de almacenamiento temporal cuando hay pendientes elevadas, se pueden construir terrazas.
- Se aconseja instalar una lámina de geotextil entre el terreno natural y el material de la subbase.

### 2.3.3.3 BENEFICIOS

Los principales beneficios aportados por las cubiertas verdes son los siguientes:

- Reducción del caudal punta y el volumen de la escorrentía de aguas pluviales.
- Mejora de la calidad del agua al retener sedimentos, aceites, grasas, metales pesados y algunos nutrientes.
- Reduce el área dedicada únicamente a la gestión de escorrentía, pues permite el tránsito tanto de peatones como de vehículos.
- Posible recarga de acuíferos y aprovechamiento del agua de lluvia.
- Gran variedad de diseños y flexibilidad para adaptarse a diferentes entornos urbanos.

### 2.3.3.4 REQUISITOS DE MANTENIMIENTO

Los requisitos fundamentales de mantenimiento en estos SUDS son los siguientes:

- Emplear barrederas o aspiradores para limpiar el pavimento, según sea requerido (la frecuencia suele venir condicionada por razones estéticas).
- Mantener la hierba de las áreas colindantes recortada.
- Inspeccionar en busca de charcos de larga duración y realizar ensayos de permeabilidad bienalmente.
- Al cabo de los años, puede requerir una aspiración en profundidad para recuperar la permeabilidad inicial.

### 2.3.3.5 LIMITACIONES

Las limitaciones de estas técnicas se pueden resumir en los siguientes aspectos:

- No se recomienda en lugares con tráfico de vehículos pesados, lugares con altas cargas de sedimentos ni zonas donde existan muchos árboles.
- Se reduce su permeabilidad con la exposición a sedimentos, especialmente los finos, y materia orgánica, siendo la causa común de fallo su colmatación.
- Actualmente requiere personal especializado para su correcta construcción.
- No está permitido dirigir la escorrentía de áreas vegetadas hacia el pavimento permeable.



Figura 2.22 Pavimentación cerámica permeable en Castellón. Fuente: (Kanoko Maeda et al., 2018)



Figura 2.23 Pavimentación cerámica permeable en Castellón. Fuente: (Kanoko Maeda et al., 2018).



Figura 2.24 Hormigón permeable en Estadio Wanda Metropolitano (Madrid). Fuente: (Ministerio para la Transición Ecológica. Gobierno de España, 2019)

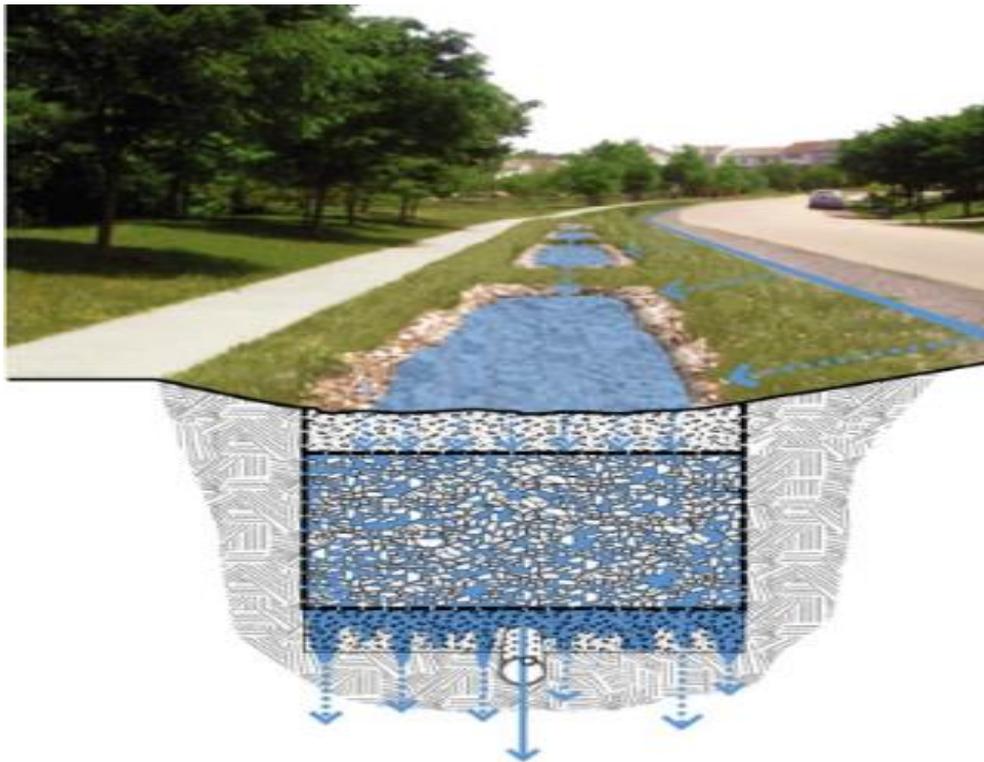


Figura 2.25 Fuente: *University of Arkansas Community Design Center (2010)*.

## 2.3.4 ALCORQUES ESTRUCTURALES

### 2.3.4.1 DESCRIPCIÓN

Los alcorques estructurales, también conocidos como alcorques de infiltración, son el conjunto del hueco en el pavimento donde se planta el árbol y el suelo estructural que lo rodea y sobre el que asienta el pavimento, sin interferir con los servicios subterráneos urbanos. El suelo estructural, formado por gravas o celdas rellenas de tierra vegetal, permite el desarrollo de las raíces, tiene capacidad portante para ser transitado y alberga la escorrentía temporalmente. El exceso de agua podrá infiltrarse al terreno y, sino es posible, ser dirigido hacia el siguiente elemento del sistema de drenaje.

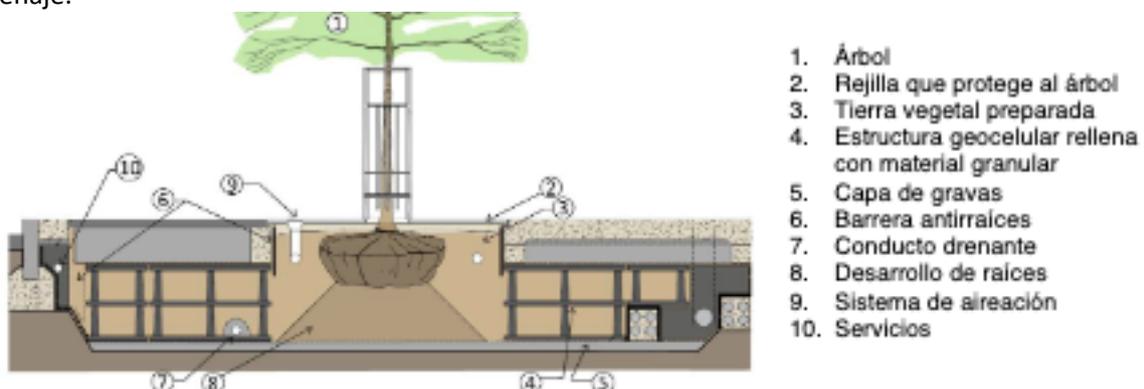


Figura 2.26 Fuente: (Ministerio para la Transición Ecológica. Gobierno de España, 2019)

### 2.3.4.2 CRITERIOS DE DISEÑO

- El diseño debe garantizar que: el suelo permite la filtración del agua; la especie escogida es compatible
- El suelo está compuesto, generalmente, por suelo reforzado con gravas o elementos geocelulares de polipropileno. De este modo, ofrece resistencia y, a la vez, provee huecos para el almacenamiento del agua, del aire y el desarrollo de las raíces.
- Pueden incluir almacenamiento superficial diáfano, pero entonces esa zona deja de ser transitable.
- Se aconseja colocar un elemento que permita monitorizar el almacenamiento de agua, que puede consistir en un tubo rasurado colocado en vertical y provisto de una tapa.
- El tipo de árbol seleccionado debe tener un follaje extenso y denso, un sistema de ramificación vertical, ser tolerante a la sequía y a la saturación del medio y resistir los contaminantes del aire y del agua.

### 2.3.4.3 BENEFICIOS

Los principales beneficios aportados por las cubiertas verdes son los siguientes:

- Beneficia el desarrollo radicular de los árboles y, por tanto, su crecimiento.
- Aumentan la seguridad de los viandantes y la supresión de diferencias de cota, al evitar que las raíces rompan el pavimento en busca de agua y aire.

### 2.3.4.4 Requisitos de mantenimiento

Los requisitos fundamentales de mantenimiento en estos SUDS son los siguientes:

- Regar según necesidades, sobre todo en época seca
- Para facilitar su crecimiento y supervivencia.
- Retirar periódicamente la basura acumulada y los desechos, así como las malas hierbas.
- Realizar las podas requeridas según la especie.

### 2.3.4.5 LIMITACIONES

Las limitaciones de estas técnicas se pueden resumir en los siguientes aspectos:

- Respecto a otras técnicas SUDS, no ofrece una gran reducción del volumen de escorrentía.
- El coste de instalación es superior al de un alcorque tradicional.
- Su ubicación está limitada por la presencia de servicios enterrados, como electricidad o gas.
- Es necesaria la previsión de excavaciones para la reparación de servicios enterrados para no afectar y dañar el alcorque estructural.
- Puede necesitar la colocación de una membrana lateral para prevenir la migración de agua al viario.



Figura 2.27 Alcorque de Infiltración en Barcelona.  
Fuente: (Zinco Cubiertas Ecológicas, 2018)



Figura 2.28 Alcorque de Infiltración en Barcelona.  
Fuente: (Zinco Cubiertas Ecológicas, 2018)

Figura 2.29 Alcorque de infiltración en Barcelona. Fuente: (Zinco Cubiertas Ecológicas, 2018).

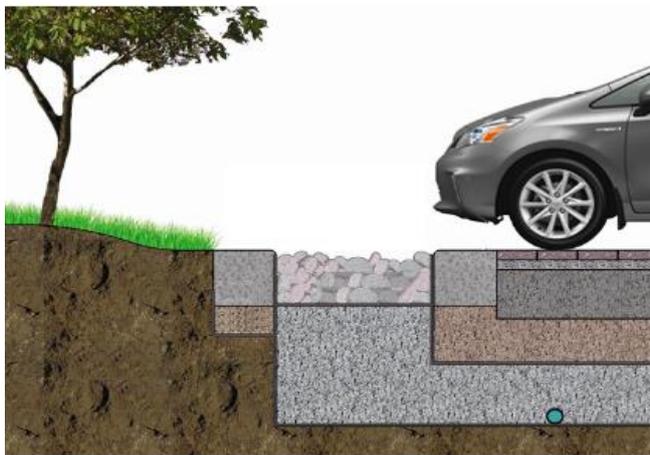


Figura 2.30 Fuente: (Rodríguez-Rojas, 2019)).

## 2.3.5 JARDINES DE LLUVIA

### 2.3.5.1 DESCRIPCIÓN

Los jardines de lluvia, también conocidos como parterres inundables, son depresiones cubiertas de vegetación, que facilitan el almacenamiento superficial de escorrentía. Reducen los contaminantes mediante la filtración de la escorrentía a través de la vegetación y el suelo preparado inferior. Si es posible, el agua se infiltra al terreno y, en caso contrario, se puede instalar un drenaje subsuperficial para evacuar controladamente la escorrentía almacenada. Las plantas también contribuyen a su vaciado mediante la transpiración.



Figura 2.31 Fuente: (Ministerio para la Transición Ecológica. Gobierno de España, 2019).

### 2.3.5.2 CRITERIOS DE DISEÑO

- El almacenamiento temporal superficial suele tener una altura inferior a 300 mm; y el suelo preparado con material orgánico, un espesor de 200- 500 mm.
- Cuando el agua procede de zonas con nivel medio de contaminación, el espesor de sustrato debe aumentarse hasta 0,8- 1 m para aumentar la capacidad de biorremediación.
- La base debe ser lo más plana posible.
- Las pendientes laterales máximas son 3H:1V, pero si se protegen contra la erosión se permite 2H:1V.
- La entrada de escorrentía debe estar habilitada con una protección para evitar la erosión.
- La vegetación debe ser densa para potenciar la filtración y la permeabilidad, con especies autóctonas.
- Para eventos que excedan la capacidad de diseño, se debe disponer de un punto de rebose, que se intentará localizar cerca del punto de entrada (para evitar la erosión).
- En terrenos impermeables se le dotará de un drenaje subsuperficial.

### 2.3.5.3 BENEFICIOS

Los principales beneficios aportados por las cubiertas verdes son los siguientes:

- Mejoran la calidad del agua y del aire.
- Instalación sencilla y poco costosa.
- Ofrecen una gran variedad de tamaños y diseños creativos para adaptarse con el lugar y hacerlo más atractivo.
- Aumenta la proporción de área permeable en el medio urbano.
- Mejoran la estética del entorno al introducir áreas de almacenamiento efímero de agua.
- Contribuyen a la biodiversidad local, con oportunidades para hábitats de pequeños animales, aves e insectos.

### 2.3.5.4 REQUISITOS DE MANTENIMIENTO

Los requisitos fundamentales de mantenimiento en estos SUDS son los siguientes:

- Necesitan riego suplementario durante los 2 - 3 primeros años, y en época de sequía prolongada.
- Mantenimiento regular de la vegetación.
- Puede requerir reparaciones por erosión en los puntos de entrada del agua.
- Deben realizarse inspecciones anuales para comprobar que se mantiene la permeabilidad del suelo, o en su defecto, escarificar para recuperarla.

### 2.3.5.5 LIMITACIONES

Las limitaciones de estas técnicas se pueden resumir en los siguientes aspectos:

- La vegetación requiere un mantenimiento periódico para preservar el atractivo del lugar.
- La escorrentía debe filtrarse hacia las capas inferiores y ser evacuada en menos de 48h, pues el estancamiento prolongado de agua podría conducir a tener problemas de olores y mosquitos.
- No se puede utilizar fertilizantes o productos químicos para no contaminar la escorrentía.
- Suele especificarse que distan al menos 2-3m de cimentaciones cercanas, o considerar el uso de geomembranas de protección.



Figura 2.32 Parterre inundable en Washington DC (EE.UU.) Fuente: *GreenBlueManagement*.



Figura 2.33 Parterre inundable en Barcelona. Fuente: Instituto Municipal de Urbanismo de Barcelona (IMU).

Figura 2.34 Parterre inundable en Barcelona. Fuente: Instituto Municipal de Urbanismo de Barcelona.

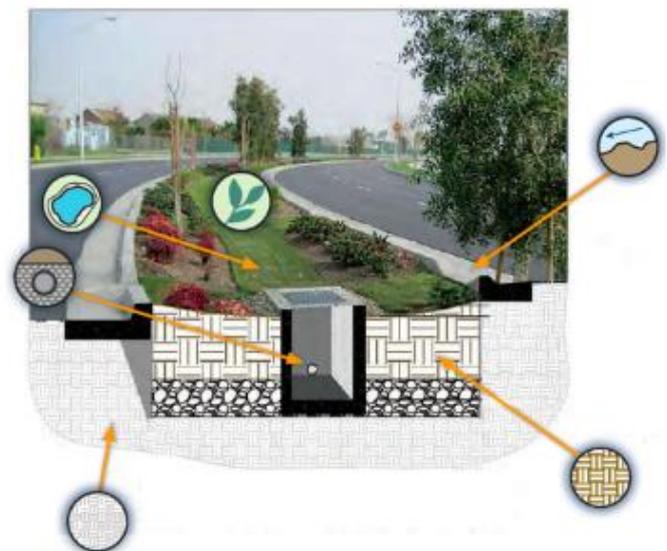
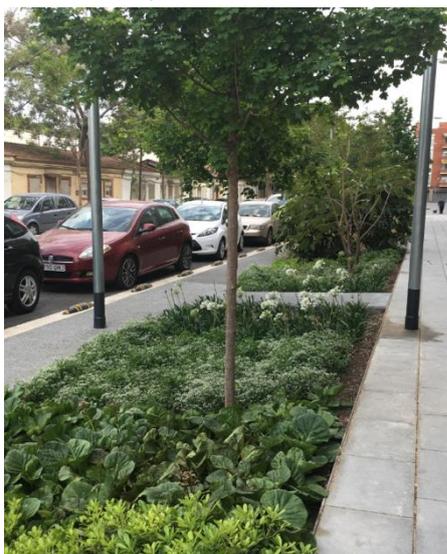


Figura 2.35 Fuente: *City of San Diego (2016)*.

## 2.3.6 POZOS Y ZANJAS DE INFILTRACIÓN

### 2.3.6.1 DESCRIPCIÓN

Los pozos y zanjas de infiltración son excavaciones en el terreno que captan y almacenan temporalmente la escorrentía de superficies impermeables contiguas antes de su infiltración al subsuelo. La diferencia reside en la forma de la excavación. Las zanjas son lineales, poco profundas y están rellenas de material drenante (granular o sintético); la superficie puede recubrirse de hierba, grava, arena o vegetación, sirviendo de pretratamiento. En cambio, en los pozos predomina la dimensión vertical, son profundos y están rellenos con material drenante (pozos de infiltración sin revestir) o contienen las tierras con un anillo reforzado (pozos de infiltración revestidos).

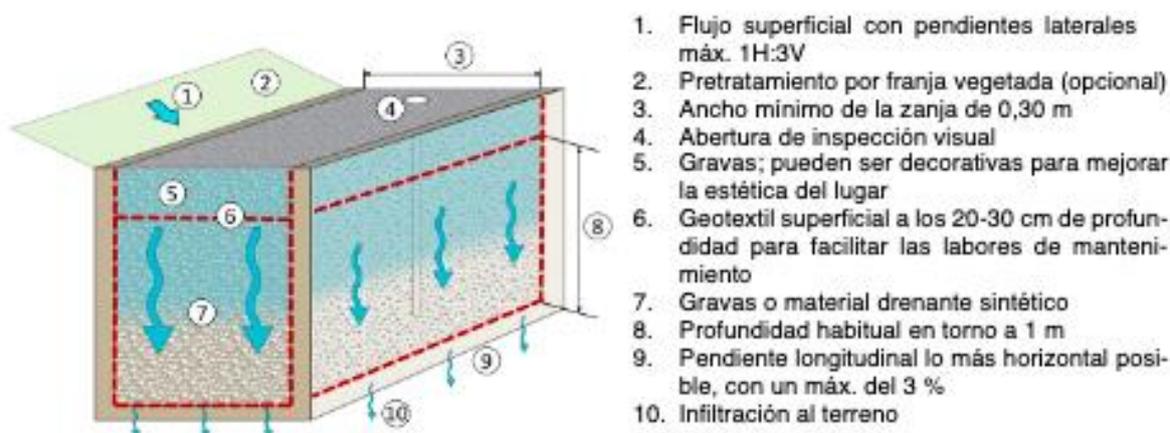


Figura 2.36 Fuente: Adoptado de *Minnesota Pollution Control Agency* (2019).

### 2.3.6.2 CRITERIOS DE DISEÑO

- El volumen de almacenamiento depende del área impermeable, la permeabilidad y la estabilidad del terreno, los patrones de lluvia del lugar, la porosidad del material drenante y el espacio disponible.
- Deben vaciarse por infiltración completamente dentro de las 48 h posteriores al evento de lluvia.
- La pendiente longitudinal de la base de la zanja debe ser lo más horizontal posible (máximo 3%); y las pendientes laterales no mayores a 1H:3V.
- Los pozos revestidos alcanzan profundidades de 1,5 – 4 m y requieren de un pretratamiento con una reja (que impida la entrada de basura y sedimentos) y una abertura de inspección visual, para las tareas de mantenimiento.

### 2.3.6.3 BENEFICIOS

Los principales beneficios aportados por las cubiertas verdes son los siguientes:

- Reducen el volumen de escorrentía y el caudal pico.
- Mejoran la calidad de la escorrentía y preservan el equilibrio natural del agua en su entorno.
- Pueden servir como mecanismo de riego pasivo para el arbolado o vegetación de las áreas adyacentes.
- Los pozos tienen una huella muy pequeña y se pueden usar en espacios reducidos.
- Las zanjas ayudan a distribuir el área de infiltración, con lo que reduce el impacto de las áreas poco permeables.

### 2.3.6.4 REQUISITOS DE MANTENIMIENTO

Los requisitos fundamentales de mantenimiento en estos SUDS son los siguientes:

- Eliminar hojas y sedimentos mensualmente.
- Inspección semestral de las estructuras de entrada, de pretratamiento y de filtración.
- Cada cierto tiempo es necesario rehabilitar las superficies de filtración.

### 2.3.6.5 LIMITACIONES

Las limitaciones de estas técnicas se pueden resumir en los siguientes aspectos:

- Restringidos a lugares con elevada permeabilidad, sin altas cargas de finos (para evitar colmatación) y distancia al nivel freático  $> 1$  m.
- La pendiente longitudinal de las zanjas debe ser inferior al 2-3 % para facilitar la infiltración.
- No puede circular tráfico sobre el sistema, a no ser que haya sido diseñado con la capacidad portante suficiente.
- Es difícil detectar la contaminación y colmatación de los materiales granulares del fondo cuando no se ha previsto un filtro más superficial.



Figura 2.37 Zanja de infiltración en Minnesota.



Figura 2.38 Zanja de infiltración en Madrid.  
Fuente: Ayto. de Madrid



Figura 2.39 Zanja de infiltración en Sevilla. Fuente: *GreenBlueManagement*.



Figura 2.40 Fuente: *University of Arkansas Community Design Center* (2010).

## 2.3.7 CELDAS Y CAJAS RETICULARES

### 2.3.7.1 DESCRIPCIÓN

Las celdas y cajas son estructuras modulares reticulares de polipropileno con un alto índice de huecos, generalmente superior al 90%, y una capacidad portante elevada. Las celdas son estructuras planas, mientras que las cajas son, en general, paralelepípedos. Se utilizan para crear estructuras subterráneas (generalmente combinadas con gravas y geotextiles), que almacenan y, en su caso, transportan, la escorrentía una vez filtrada. Mientras que en las celdas la función primaria suele ser la de actuar de transporte plano, las cajas se emplean para conformar espacios de almacenamiento temporal.

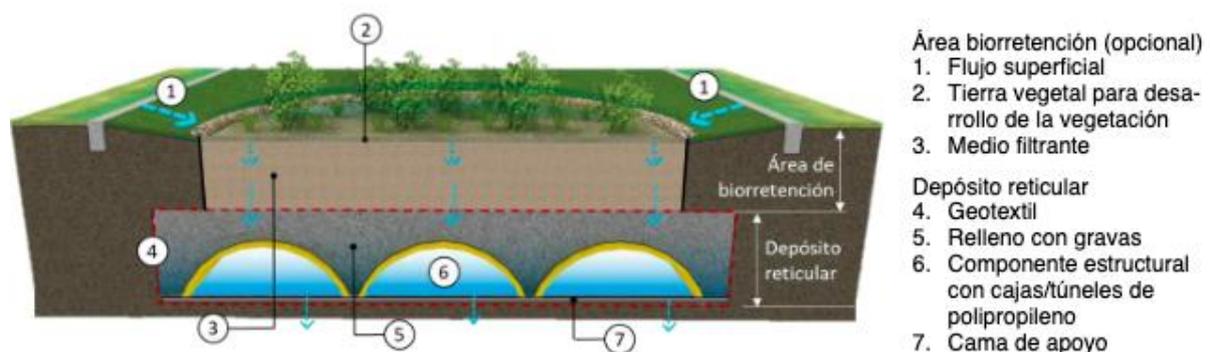


Figura 2.41 Depósito reticular con entrada de escorrentía por filtrado con un área de biorretención. Fuente: Adaptado de *University of Cincinnati* (2016).

### 2.3.7.2 CRITERIOS DE DISEÑO

- El sistema tiene dos componentes básicas: 1) celdas o cajas, que ofrecen rigidez y resistencia a las cargas (diseño estructural); 2) geotextiles, con o sin geomembrana, que impide la entrada de terreno.
- Deben de tener el fondo lo más horizontal posible.
- Se aconseja el vaciado en las 48h posteriores al evento de lluvia (a no ser que actúen como aljibe); e incluir un desagüe de emergencia.
- Los depósitos de detención necesitan un conducto de salida; mientras que para los depósitos de infiltración depende del valor de permeabilidad del terreno.
- Los depósitos de infiltración necesitan pretratamiento aguas arriba para evitar la colmatación); mientras que los depósitos de detención deberían incorporar un volumen de almacenamiento adicional bajo la tubería de salida para tener en cuenta la acumulación de sedimentos.
- Si el depósito es de infiltración, se requiere 1 m de distancia desde la base del SUDS hasta el nivel freático; en cambio, si es de detención no hay distancia mínima, pero debe estar adecuadamente sellado y resuelto el problema de flotación.

### 2.3.7.3 BENEFICIOS

Los principales beneficios aportados por las cubiertas verdes son los siguientes:

- Atenúan los caudales pico.
- Su estructura modular hace que se adapten fácilmente a las necesidades del lugar y que su transporte e instalación sea sencilla.
- Su capacidad estructural posibilita su implementación en áreas con presencia de vehículos ligeros.
- Pueden utilizarse donde el espacio es limitado.
- Promueve espacios multifuncionales, pues en su superficie se pueden incluir instalaciones de recreo.
- Los depósitos de infiltración contribuyen a la reducción de la escorrentía y la recarga de acuíferos.

### 2.3.7.4 REQUISITOS DE MANTENIMIENTO

Los requisitos fundamentales de mantenimiento en estos SUDS son los siguientes:

- Los propios de la superficie bajo la que se instalan (p.ej. retirada de hojas y sedimentos), mensualmente.
- Decenalmente, si es posible, eliminar los limos del depósito.
- En los sistemas en los que sea posible, realizar una inspección mediante cámaras, para detectar acumulación de sedimentos en el interior.
- Si es posible, eliminar los limos del fondo del depósito, decenalmente.

### 2.3.7.5 LIMITACIONES

Las limitaciones de estas técnicas se pueden resumir en los siguientes aspectos:

- Necesita integrarse en una cadena de tratamiento, pues no tiene capacidad inherente de eliminar contaminantes.
- Dificultad en el mantenimiento por ser subterráneos, pues cualquier fallo o bloqueo no podrá ser detectado fácilmente.
- Alto coste de instalación comparado con el almacenamiento en superficie.
- Cuando se emplean para almacenar agua durante largos periodos de tiempo, debe garantizar que el depósito no es dañado por raíces de árboles.



Figura 2.42 Depósito reticular en Cementerio de Villaverde (Madrid). Fuente: *Atlantis*.



Figura 2.43 Depósito reticular en el Parque Central de Valencia. Fuente: *HidroStank*.



Figura 2.44 Depósito reticular en Valencia. Fuente: *GreenBlueManagement*.

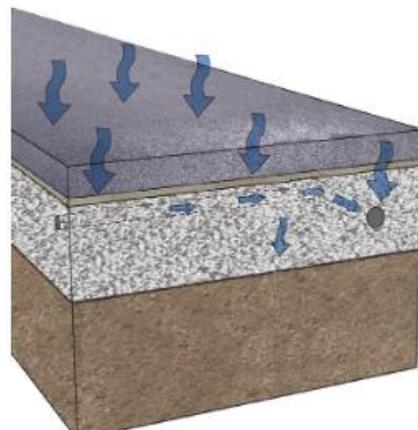
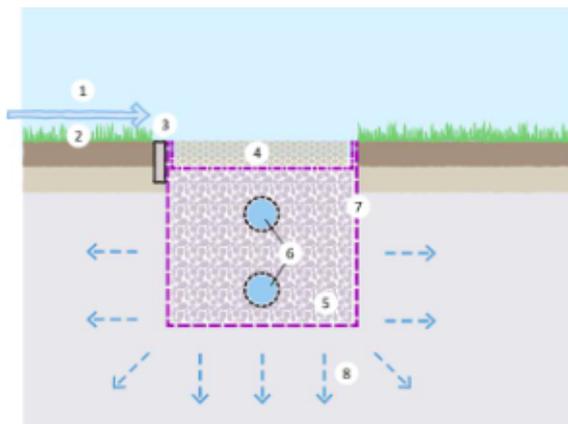


Figura 2.45 Fuente: *Clean Water Services (2009)*

## 2.3.8 DRENANTES FILTRANTES

### 2.3.8.1 DESCRIPCIÓN

Los drenes filtrantes son zanjas rellenas de grava que, generalmente, tienen un dren perforado en la base. También pueden estar constituidas por celdas y cajas reticulares envueltas en geotextiles y material granular. Reciben la escorrentía proveniente de las áreas impermeables adyacentes por los laterales. Esta escorrentía se filtra y almacena temporalmente en las gravas o cajas, mientras es transportada aguas bajo del sistema por medio del dren.



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 retiene 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 reboso.
7. Geotextil perimetral. Se puede sustituir por una geomembrana si se requiere impermeabilizar el sistema.
8. Si es posible, infiltración.

Figura 2.46 Fuente: Adaptado de *London Borough of Haringey (2018)*.

### 2.3.8.2 CRITERIO DE DISEÑO

- La profundidad de la zanja es entre 1 - 2,5 m.
- La profundidad mínima de la capa de gravas debe ser 0,5 m para garantizar niveles razonables de eliminación de contaminantes.
- El ancho de la zanja depende del volumen de almacenamiento necesario y de las dimensiones del dren.
- La pendiente del dren debería estar entre 2-5 %.
- Las gravas están envueltas en geotextil para evitar la entrada de finos, y pueden necesitar la colocación de geomembranas si se quiere impedir totalmente la infiltración.
- Se debe instalar un geotextil a poca profundidad de las gravas que pueda ser retirado para limpiar las gravas superficiales, evitando así la colmatación del conjunto.
- Es aconsejable instalar una abertura de inspección visual fácilmente identificable.

### 2.3.8.3 BENEFICIOS

Los principales beneficios aportados por las cubiertas verdes son los siguientes:

- Mejora la calidad, pues reducen los niveles de contaminación en la escorrentía.
- Reducen el caudal pico.
- Sirve como medio de transporte de la escorrentía.
- Se pueden incorporar fácilmente en el paisaje urbano.
- Pueden diseñarse de forma creativa para crear bordes atractivos.

#### 2.3.8.4 REQUISITOS DE MANTENIMIENTO

Los requisitos fundamentales de mantenimiento en estos SUDS son los siguientes:

- Eliminación de hojas y sedimentos, mensualmente.
- Se requieren inspecciones regulares para monitorear la acumulación de sedimentos y la obstrucción de la superficie filtrante.
- Cada 5 o 10 años, puede ser necesario rehabilitar las superficies de filtración.

#### 2.3.8.5 LIMITACIONES

Las limitaciones de estas técnicas se pueden resumir en los siguientes aspectos:

- La contaminación y colmatación de las gravas son difíciles de detectar si se producen en profundidad.
- Limitadas a aquellas zonas donde no se esperen grandes flujos de sedimentos.



Figura 2.47 Dren filtrante en Carretera A74 Escocia. Fuente: *Cambridge City Council* (2009).



Figura 2.48 Dren filtrante en Madrid. Fuente: Ayto. de Madrid.



Figura 2.49 Zanja drenante en Crevillent (Alicante). Fuente: *GreenBlueManagement*.

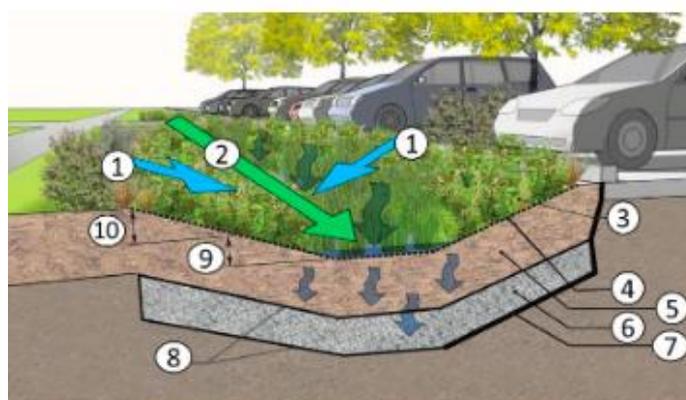


Figura 2.50 Fuente: *Philadelphia Water Department* (2014)

## 2.3.9 CUNETAS VEGETADAS

### 2.3.9.1 DESCRIPCIÓN

Las cunetas vegetadas son canales anchos, de poca profundidad y cubiertos de vegetación diseñadas específicamente para captar, tratar y transportar la escorrentía. Con una pendiente tendida y la vegetación se consigue ralentizar la escorrentía, favoreciendo la sedimentación, la filtración, la infiltración y la eliminación de contaminantes; y evitar la erosión del cauce. Si no es posible, se incluyen elementos de contención transversal.



1. Entrada lateral de 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 y, cuando sea posible, 1V:4H.
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: 2/3 la altura de la vegetación para garantizar el tratamiento de la escorrentía
10. Resguardo

Figura 2.51 Fuente: Adaptado de *Clean Water Services* (2016)

### 2.3.9.2 CRITERIOS DE DISEÑO

- Generalmente tienen una sección trapezoidal o parabólica.
- La base de la cuneta puede estar entre 0,5-3m.
- La pendiente longitudinal debe estar entre 0,5-5%, pudiendo incorporar elementos de contención transversal (o terrazas) que permitan incluir cunetas hasta 10%. Los drenes son necesarios para pendientes <1,5%, si no se cuenta con infiltración.
- Las pendientes laterales máximas son 3H:1V y, cuando sea posible, 4H:1V.
- Los elementos de contención transversal, generalmente, se instalan en intervalos de 10-20m. Aguas abajo de estos elementos, se deben instalar disipadores de energía de 1- 2 m de largo.
- Se necesita una tubería de desagüe o un aliviadero sobre el nivel de almacenamiento diseñado para transportar el caudal de rebose.
- La vegetación seleccionada debería ser autóctona para garantizar una cobertura densa y duradera. Debería adaptarse a inundaciones periódicas y sequías.

### 2.3.9.3 BENEFICIOS

Los principales beneficios aportados por las cubiertas verdes son los siguientes:

- Ofrecen una importante función de pretratamiento, especialmente para la eliminación de sedimentos gruesos.
- Desconecta las áreas impermeables.
- Requieren bajo coste de instalación y un mínimo mantenimiento una vez instaladas.
- Pueden incluir una gran variedad de plantas que ayuda a contribuir a la biodiversidad local.
- Pueden ser diseñadas para encajar en diferentes tipos de paisajes, ofreciendo agradables y atractivos corredores vegetales.

### 2.3.9.4 REQUISITOS DE MANTENIMIENTO

Los requisitos fundamentales de mantenimiento en estos SUDS son los siguientes:

- Mantener la altura de vegetación entre 5 y 15 cm.
- Retirar mensualmente los sedimentos de la superficie de la cuneta.
- Reparación de la erosión producida en las estructuras de entrada y en la base de la cuneta, en su caso.
- Al cabo del tiempo, puede ser necesario restaurar la topografía de diseño y resembrar o replantar.

### 2.3.9.5 LIMITACIONES

Las limitaciones de estas técnicas se pueden resumir en los siguientes aspectos:

- No son adecuadas para áreas llanas o con terrenos fácilmente erosionables.
- Tienden a demandar gran extensión de suelo debido a sus pendientes tendidas.
- No son muy eficaces en la eliminación de contaminantes disueltos y bacterias.
- Posible resuspensión de los sedimentos.
- Sólo son efectivas si están cerca del área impermeable.
- No deben ser localizadas bajo árboles cuyas hojas puedan reducir su efectividad.



Figura 2.52 Cuneta vegetada en Xàtiva (Valencia). Fuente: *GreenBlueManagement*.



Figura 2.53 Cuneta vegetada en Seattle (EE.UU.). Fuente: *Stephen C. Grey & Associates*.



Figura 2.54 Cuneta vegetada en el Anillo Deportivo de los Juegos del Mediterráneo 2018 (Tarragona). Fuente: *SET Ingeniería*.

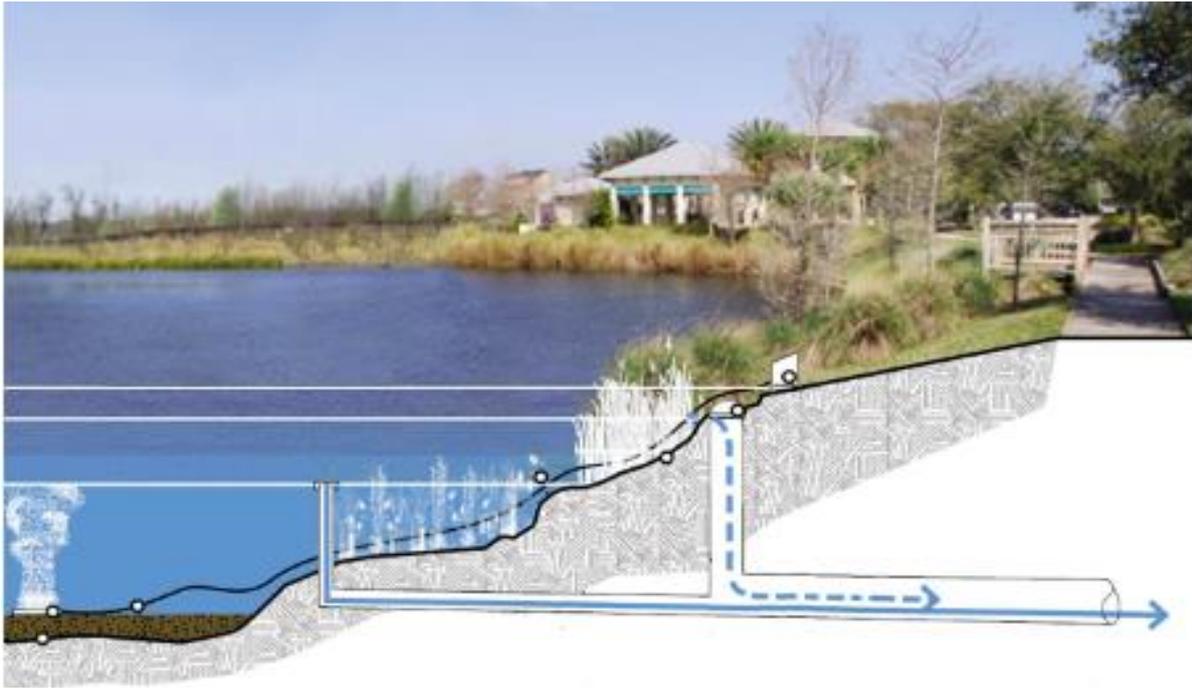


Figura 2.55 Estanque. Fuente: Adaptado de *Arkansas Community Design Center* (2010).

## 2.4 CASOS PRÁCTICOS

A continuación, se expondrá ejemplos en los que se han utilizado Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS).

### 2.4.1 IMPLANTACIÓN DE SUDS EB EL PARQUE DE GOMEZNARRO, MADRID

#### 2.4.1.1 SITUACIÓN

El parque de Gomeznarro está localizado en la zona noreste de la ciudad de Madrid, en el distrito de Hortaleza. Pertenece a un clima caracterizado por tener precipitaciones estacionales con periodos secos y periodos lluviosos continuados, y un riesgo medio de inundaciones (zona climatológica B definida en esta guía) Se trata de un parque lineal de 10.000 m<sup>2</sup> que comunica la calle de Gomeznarro con la Carretera de Canillas. Está situado en un enclave residencial con una elevada proporción de viviendas de protección oficial de entre 1 y 5 alturas.



Localización del parque de Gomeznarro Madrid. Fuente: Ayto. de Madrid.

Figura 2.56

#### 2.4.1.2 PROBLEMÁTICA Y OBJETIVOS

El parque se caracteriza por tener fuertes pendientes longitudinales y transversales. En el estado previo a la actuación, presentaba un importante deterioro debido a la erosión y a la escorrentía urbana. Las pendientes en dirección a las viviendas colindantes provocaban encharcamientos en las zonas de tránsito y de acceso a las viviendas, llegando incluso a provocar humedades y pequeñas inundaciones en las viviendas durante periodos de lluvias de intensidad media.

Con la finalidad de resolver estos problemas, la Junta Municipal del Distrito de Hortaleza promovió en 2002 la rehabilitación del parque de Gomeznarro. Las obras empezaron en enero de 2003, y tuvieron una duración de 3 meses. El parque quedó inaugurado oficialmente en mayo de 2003, dos meses después de su finalización.

Los objetivos principales de la actuación eran:

- Evitar la erosión, la contaminación y los procesos de degradación del parque debidos a la escorrentía urbana, y restaurar el ciclo natural del agua.
- Captar y detener el agua de lluvia para evitar su contaminación y poder utilizarla para riego del parque, o infiltrarla en el medio natural.
- Disminuir la cantidad de agua que llega a la red general de saneamiento para evitar la sobrecarga de la misma y reducir los costes de depuración del agua.
- Eliminar los encharcamientos, inundaciones y humedades en las viviendas cercanas
- Aumentar la superficie vegetada del barrio.

#### 2.4.1.3 ACTUACIÓN

En primer lugar, se eliminó el pavimento impermeable existente y se regeneró el terreno erosionado y compactado. Se instalaron pavimentos de alta permeabilidad sobre celdas de drenaje de polipropileno, y se aprovechó la topografía para crear áreas de captación en zonas deprimidas.



Figura 2.57 Instalación de celdas de drenaje bajo pavimento. Zona de captación deprimida. Fuente: Ayto. de Madrid.

Se instalaron varios depósitos de infiltración enterrados mediante cajas modulares de polipropileno, y se conectaron a la red de captación y conducción de las aguas pluviales. Finalmente, se procedió a la revegetación de toda la zona, reforzando y protegiendo el suelo natural en zonas de tránsito



Figura sección constructiva transversal. Fuente: Ayto. de Madrid.

2.58 Situación final y detalle

#### 2.4.1.4 RESULTADOS OBTENIDOS

En mayo de 2003 se inauguró el parque remodelado. Desde entonces se han realizado numerosas inspecciones, especialmente durante periodos de lluvias, en las que se han observado notables mejoras en la gestión del agua de lluvia y en la calidad de vida de los usuarios:

Los procesos de escorrentía y erosión han desaparecido.

Ya no se producen encharcamientos ni inundaciones en la zona de las viviendas, por lo que han desaparecido las humedades.

Mejor integración paisajística y medioambiental. Incremento del valor paisajístico del barrio.

Reducción de la temperatura ambiental y mejora de la calidad atmosférica.

La frecuencia y duración de las visitas por parte de los usuarios ha aumentado.

Disminución de los actos vandálicos en el parque.

Se evita contaminar y aportar a la red general una cantidad aproximada de 5.000.000 de litros/año, lo que conlleva una reducción de los costes de depuración.

El presupuesto total del ayuntamiento de Madrid ascendió a 343.588,87€. Con este presupuesto se consiguió la rehabilitación e implantación de SUDS en un parque de 10.000 m<sup>2</sup> en una duración de 3 meses.

## 2.4.2 CUBIERTA VEGETAL Y ALJIBE EN EDIFICIO ADMINISTRATIVO, PARC BIT

### 2.4.2.1 SITUACIÓN

El parque empresarial tecnológico Parc Bit se localiza en la carretera de Valldemossa, próximo a la Universidad y a Palma de Mallorca. Acoge a diferentes empresas e instituciones, en varios edificios ordenados conforme al plan urbanístico diseñado por Rogers architects. Dicho planeamiento incluye medidas para recuperar el ciclo natural del agua como: separación de pluviales y fecales, recuperación de pluviales en todos los edificios, con aljibes, respeto a la rambla preexistente, zonas de aparcamiento con sistemas de drenaje sostenible como es-tanques de retención, bandas filtrantes y zanjas de infiltración. El edificio, complejo balear de investigación, distribuye sus 10.140 m<sup>2</sup> en dos bloques unidos por sótano. La autoría y dirección de obra corresponden a Tragsatec.



Figura 2.59 Localización del Parc Bit y edificio Complejo Balear de Investigación. Fuente: Ayto. de Palma de Mallorca.

### 2.4.2.2 OBJETIVOS

El edificio está destinado a albergar actividades de investigación y desarrollo dentro del campo científico tecnológico. Desde el diseño se busca una máxima integración en el paisaje, minimizar el impacto, y favorecer el confort ambiental y visual de los ocupantes. La recuperación del agua de lluvia, la minimización de riego y la eficiencia energética del edificio son algunos de los objetivos ambientales que el proyecto persigue.

Actuación

El edificio se encuentra en la actualidad en la fase final de construcción, y han sido ejecutadas ya las cubiertas y las instalaciones.



Figura 2.60 Cubiertas vegetales, zanja drenante en patio y fachada vegetada. Fuente: Ayto. de Palma de Mallorca.

Dispone de más de 2.300 m<sup>2</sup> de cubierta vegetal, un aljibe de 170 m<sup>3</sup>, que recupera el agua de lluvia de cubiertas y urbanización, un sistema de riego por goteo programado desde el mismo para cubiertas, patios y vegetación de fachadas soleadas, y patios vegetados con zanjas de infiltración.



Figura 2.61 Cubiertas vegetales Parc Bit. Fuente: Ayto. de Palma de Mallorca.



### 3. ESTUDIO DEL ESTADO DE LA CIENCIA

#### 3.1 ESTADO ACTUAL DE LA I+D+I

Se utilizó el motor de búsqueda bibliográfica *Scopus (ELSEVIER)* a través del acceso aportado por la Biblioteca de la Universidad de Oviedo.

- Número de publicaciones en SUDS

Las palabras clave utilizadas para la sección de la enseñanza SUDS dentro de este estudio fueron las siguientes:

- Búsqueda 1: *Sustainable Urban Drainage Systems*.
- Búsqueda 2: *Water Sensitive Urban Design*.
- Búsqueda 3: *Stormwater Best Management Practices*.
- Búsqueda 4: *Stormwater Control Measures*.

Solo se incluyeron los documentos tipo artículo científico, excluyéndose el resto (ej.: conferencias, libros, capítulos de libros, etc.).

El motivo de modificar el acrónimo SUDS en las búsquedas es que se utilizan diferentes acrónimos en el mundo para referirse a las mismas técnicas, con pequeñas divergencias conceptuales entre ellas, como manifestaron Fletcher et al. (2015) en su trabajo sobre las distintas denominaciones para los SUDS.

El resultado obtenido fue de 555 artículos científicos entre los años 1988 y 2020 para la búsqueda SUDS, 340 artículos para la búsqueda WSUD (hacer lo mismo que para los SUDS) entre los años 1969 y 2020, 874 artículos para la búsqueda de stormwater BMP (hacer lo mismo que para las dos anteriores) entre los años 1982 y 2021 (*el hecho de que aparezca alguna referencia de 2021 no se trata de un error, sino de que algunos artículos han sido aceptados para su publicación en números de revistas científicas que serán finalmente publicados en 2021*), 557 artículos publicados bajo la búsqueda stormwater control measures (hacer lo mismo que en las anteriores) entre los años 1972 y 2020.

### 3.1.1 SUSTAINABLE URBAN DRAINAGE SYSTEMS

El resultado obtenido fue de 555 artículos científicos entre los años 1988 y 2020 para la búsqueda SUDS

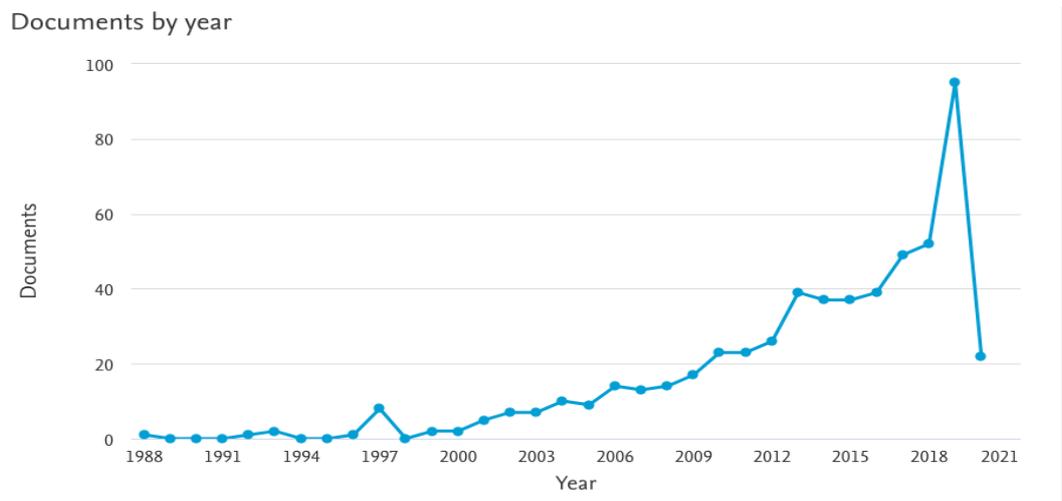


Figura 3.1 Documentos por año de *Sustainable Urban Drainage Systems*. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).

En la gráfica de evolución por años, se puede observar que hasta el año 2001 los documentos científicos fueron muy bajos, siendo 1999 una excepción en la que se incorporaron 8 artículos. A partir de 2001 los artículos sobre este tema empiezan a aparecer con mayor frecuencia siendo 2019 el año en el que más documentos se incorporan, 95. Al observar la gráfica se puede decir que con el paso del tiempo la importancia sobre los SUDS ha ido creciendo.

Documents by subject area

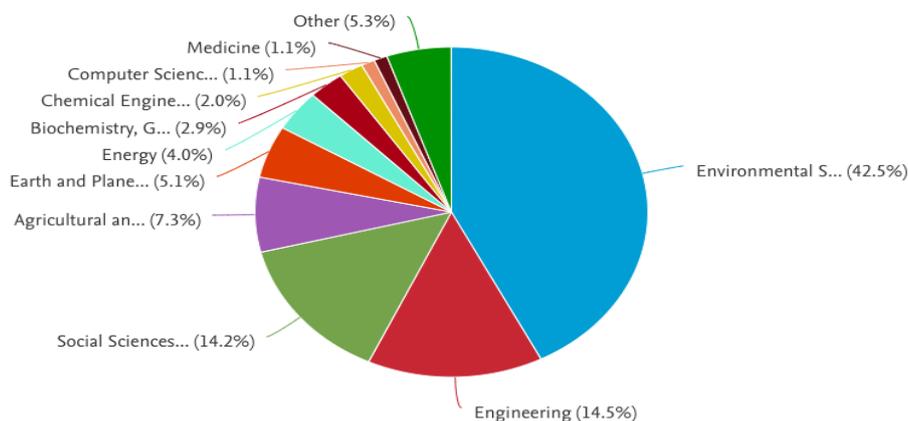


Figura 3.2 Documentos por área de *Sustainable Urban Drainage Systems*. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).

En las áreas más empleadas la búsqueda es: Ciencia medioambiental con 423 documentos, lo que representa un 42.5% de las búsquedas. Ingeniería y Ciencias Sociales son las siguientes con 144 y 141 búsquedas respectivamente.

### 3.1.2 WATER SENSITIVE URBAN DESIGN

El resultado es de 340 artículos para la búsqueda WSUD entre el año 1969 y 2020.

Documents by year

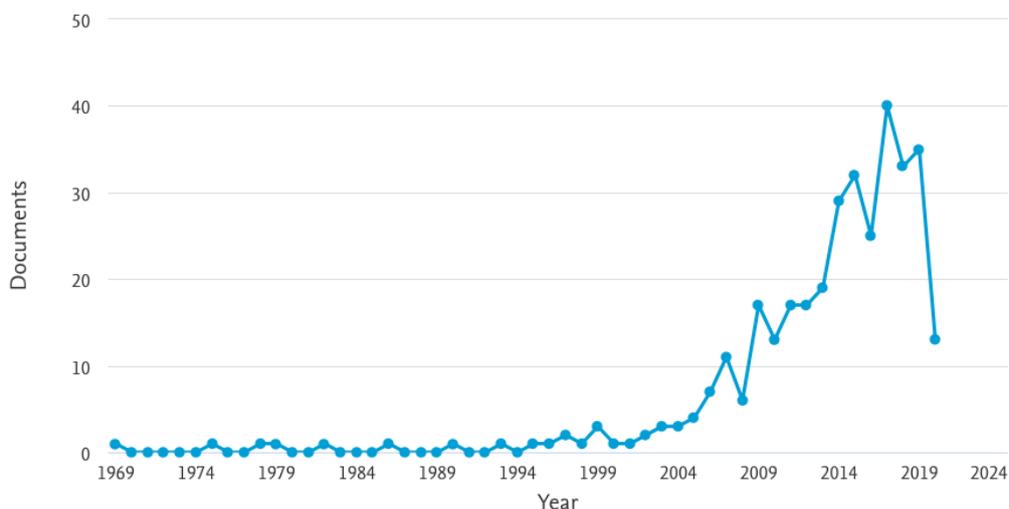


Figura 3.3 Documentos por año de *Water Sensitive Urban Design*. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).

En este caso se puede observar que a partir de 2004 empieza a incorporarse más artículos sobre los WSUD. Siendo 2017 el pico con 40 documentos

Documents by subject area

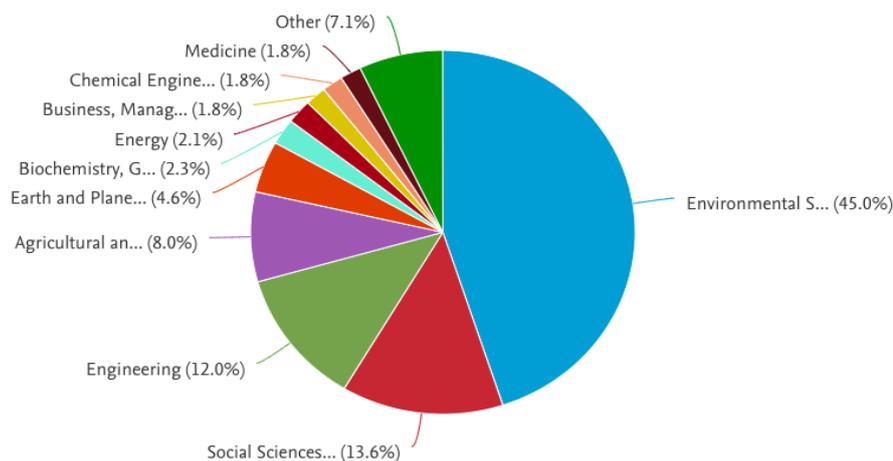


Figura 3.4 Documentos por área de *Water Sensitive Urban Design*. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).

Ciencias medioambientales sigue representando el área con mayor número, 254 documentos, que representa un 45% del total. Ciencias Sociales e Ingeniería siguen la lista, con 77 y 68 documentos respectivamente.

### 3.1.3 STORMWATER BEST MANAGEMENT PRACTICES

El resultado de la búsqueda es de 874 artículos para la búsqueda de *stormwater BMP* entre los años 1982 y 2020.

Documents by year

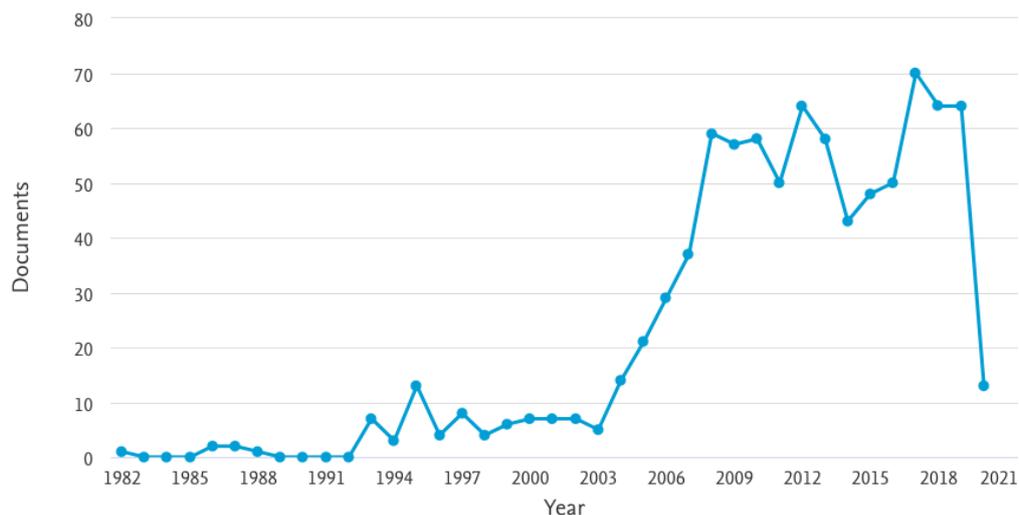


Figura 3.5 Documentos por año de *Stormwater BMP education*. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).

A partir del 2003 el incremento de artículos ha sido notable. Situando en 2017 el pico con 70 documentos sobre el *stormwater BMP*.

Documents by subject area

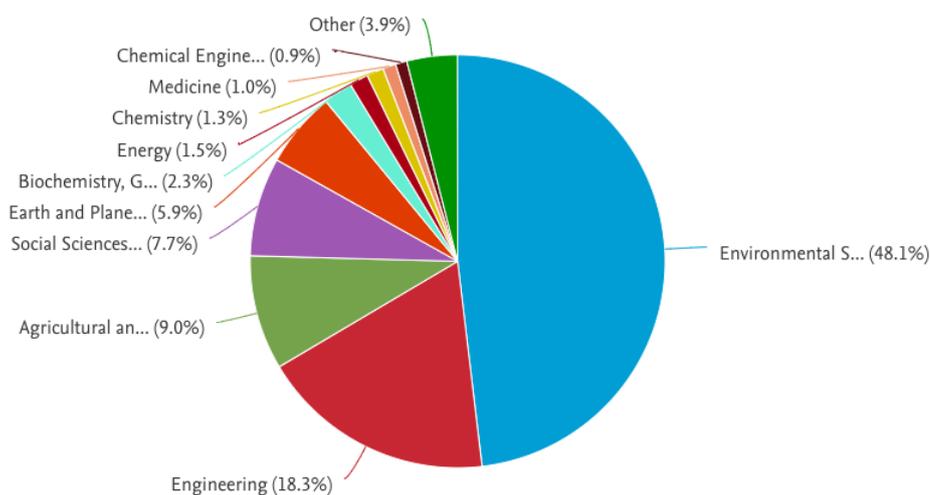


Figura 3.6 Documentos por área de *Stormwater BMP education*. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).

Ciencias medioambientales es el área con mayor número de documentos, 758. Representa un 48.1%. Ingeniería y Ciencias Agropecuarias y Biológicas le siguen con 289 y 141 respectivamente

### 3.1.4 STORMWATER CONTROL MEASURES

La búsqueda de *Stormwater Control Measures* da como resultado 557 artículos publicados.

Documents by year

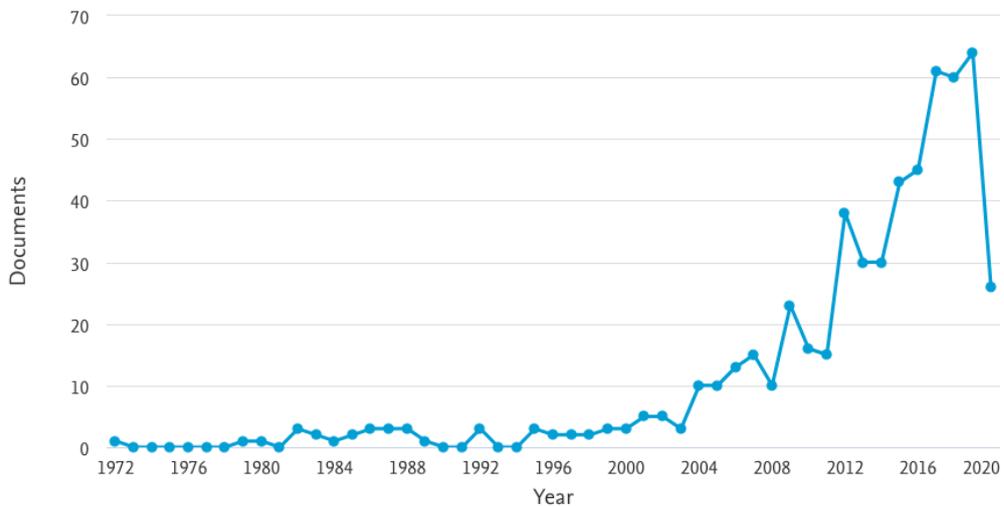


Figura 3.7 Documentos por año de *Stormwater Control Measures*. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).

Desde 2004 se empieza a notar una subida del interés hacia el tema con un pico de 64 artículos en 2019.

Documents by subject area

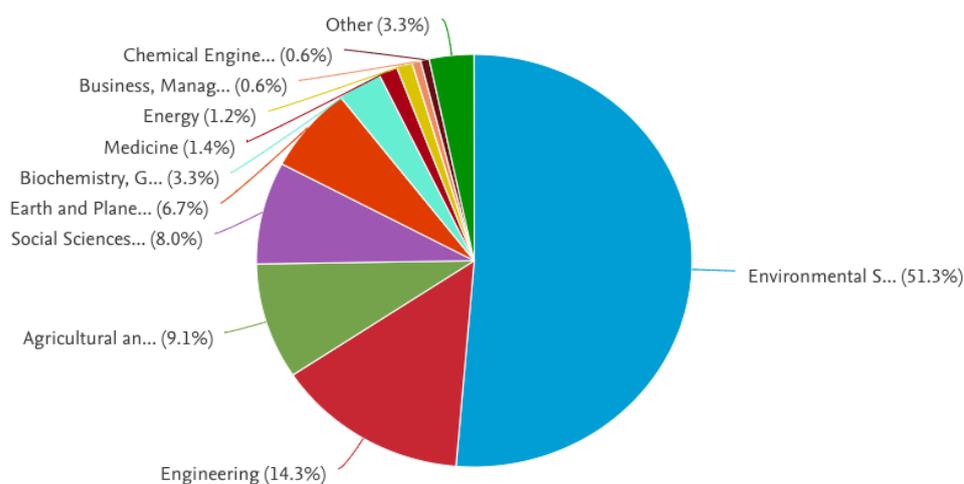


Figura 3.8 Documentos por área de *Stormwater Control Measures*. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).

Ciencia medioambiental con 480 representa el 51.3%. Ingeniería y Ciencias Agropecuarias y Biológicas

### 3.2. PERCEPCIÓN SOCIAL DE LOS SUDS

Las palabras clave utilizadas para la vertiente de la percepción social de los SUDS dentro de este estudio fueron las siguientes:

- Búsqueda 1: *SUDS implementation social*.
- Búsqueda 2: *WSUD implementation social*.
- Búsqueda 3: *Stormwater BMP implementation social*.
- Búsqueda 4: *Stormwater control measures implementation social*.

Solo se incluyeron los documentos tipo artículo científico, excluyéndose el resto (ej.: conferencias, libros, capítulos de libros, etc.).

El motivo de modificar el acrónimo SUDS en las búsquedas es que se utilizan diferentes acrónimos en el mundo para referirse a las mismas técnicas, con pequeñas divergencias conceptuales entre ellas, como manifestaron Fletcher et al. (2015) en su trabajo sobre las distintas denominaciones para los SUDS.

El resultado obtenido fue de 19 artículos publicados en la franja temporal de 2016 a 2020, mostrando la importancia que está adquiriendo la temática del TFG en los últimos años.

### 3.1.1 SUDS IMPLEMENTATION SOCIAL

La búsqueda de *SUDS implementation social* da como resultado 17 artículos publicados.

Documents by year

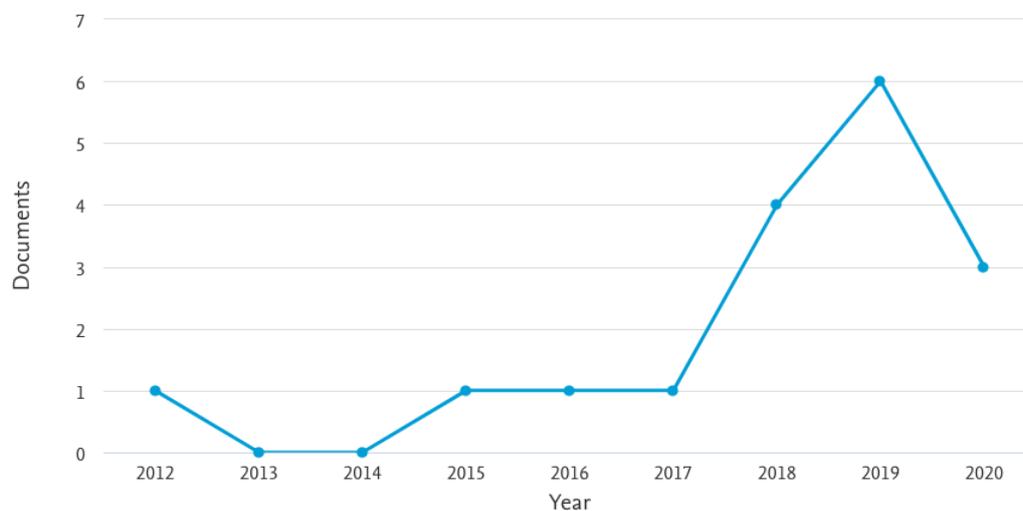


Figura 3.9 Documentos por año de *SUDS implementation social*. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).

Con el paso del tiempo se incremental el número de artículos. Consigue un máximo en 2019 con 6 documentos.

Documents by subject area

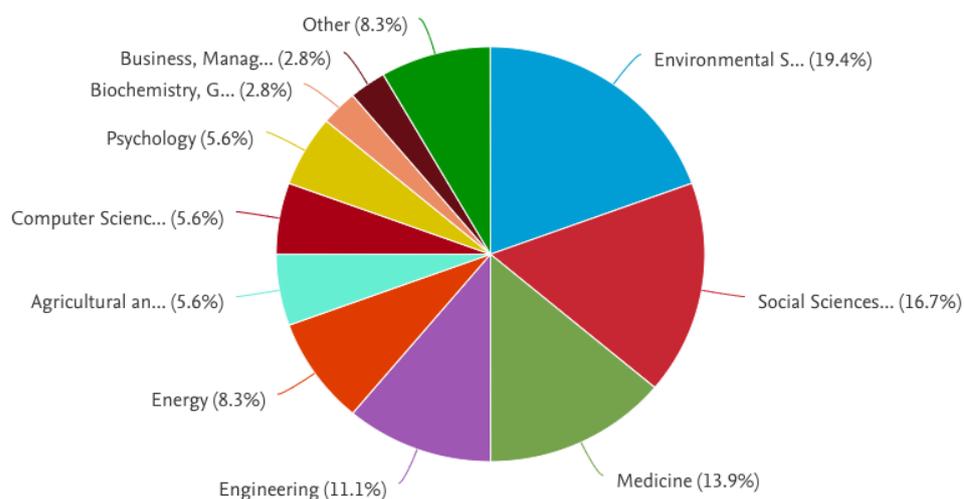


Figura 3.10 Documentos por área de *SUDS implementation social*. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).

Ciencia medioambiental con 7 representa el 19.4%.

### 3.2.2 WSUD IMPLEMENTATION SOCIAL

La búsqueda de *WSUD implementation social* da como resultado 4 artículos publicados.

Documents by year



Figura 3.11 Documentos por año de *WSUD implementation social*. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).

Documents by subject area

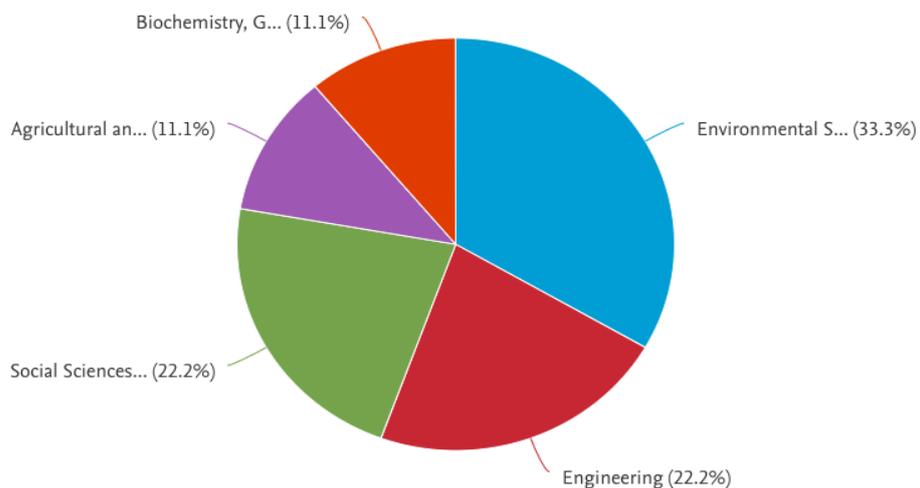


Figura 3.12 Documentos por área de *WSUD implementation social*. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).

Ciencias medioambientales 3 Ingeniería y Ciencias Sociales 2 y 2 Ciencia medioambiental con 3 Ingeniería y Ciencias Sociales con 2 y 2 respectivamente.

### 3.2.3 STORMWATER BMP IMPLEMENTATION SOCIAL

La búsqueda de *Stormwater BMP implementation social* da como resultado 4 artículos publicados.

Documents by year

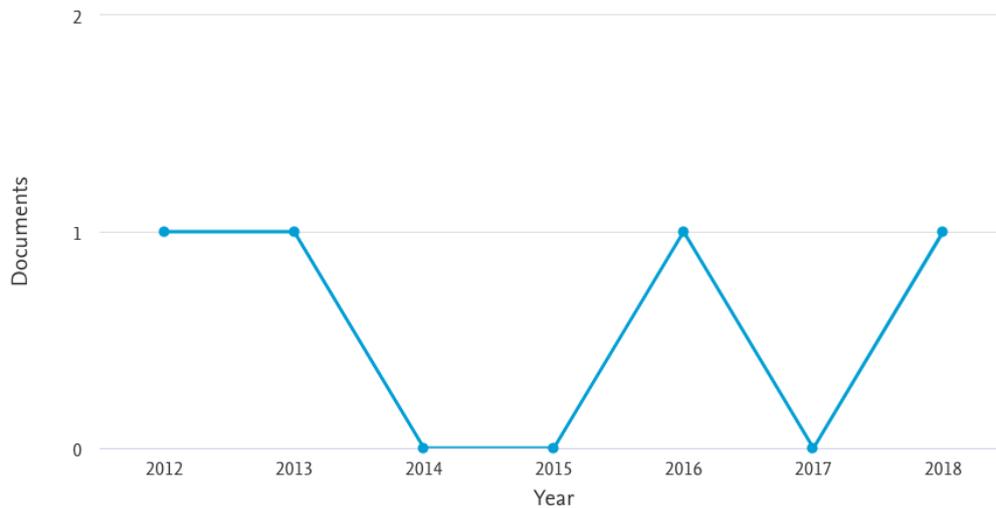


Figura 3.13 Documentos por año de *Stormwater BMP implementation social*. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).

Documents by subject area

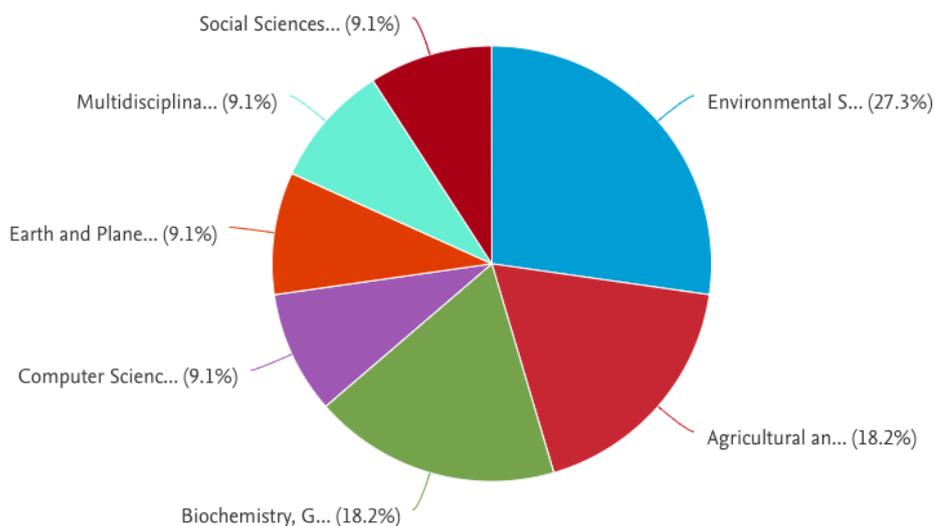


Figura 3.14 Documentos por área de *Stormwater BMP implementation social*. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).

Ciencia medioambiental con 3 representa el 27.3%. Ciencias Agropecuarias y Biológicas con 2 y 2 respectivamente.

### 3.2.4 STORMWATER CONTROL MEASURES IMPLEMENTATION SOCIAL

La búsqueda de *Stormwater Control Measures* da como resultado 15 artículos publicados.

Documents by year

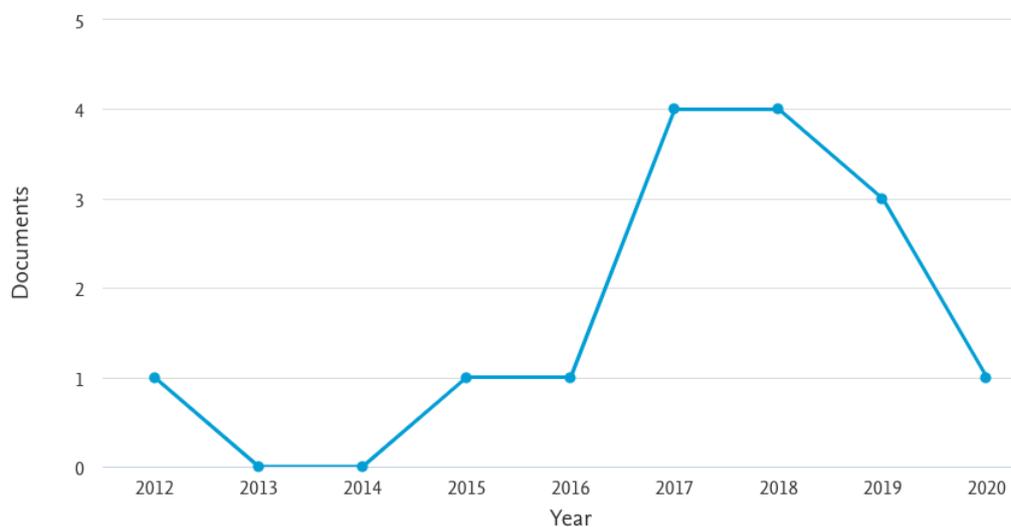


Figura 3.15 Documentos por año de *Stormwater control measures education*. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).

Documents by subject area

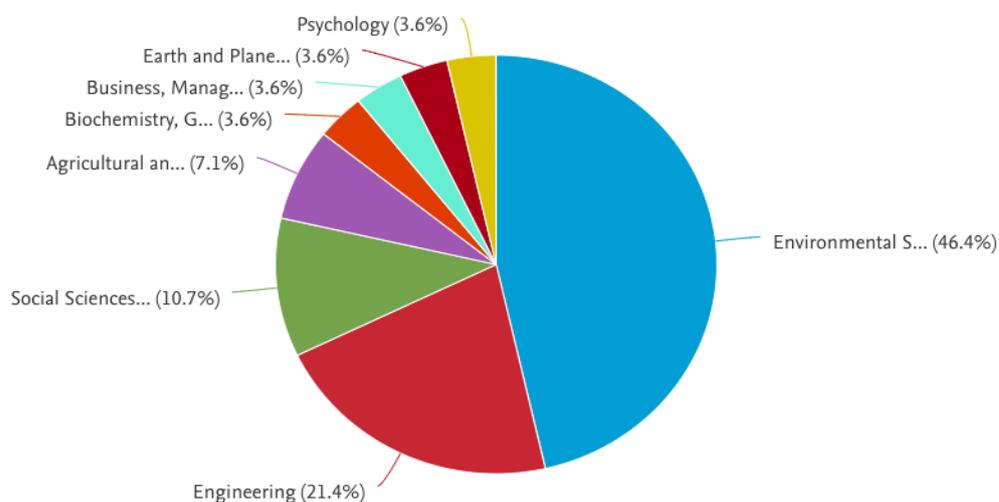


Figura 3.16 Documentos por área de *Stormwater control measures education*. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).

medioambiental 13 46.4%. Ingeniería y ciencias sociales, 6 y 3

Ciencia medioambiental con 13 representa el 46.4%. Ingeniería y Ciencias Sociales con 6 y 3 respectivamente.

### 3.3 ESTADO ACTUAL DE LA DOCENCIA UNIVERSITARIA EN SUDS

Las palabras clave utilizadas para la sección de la enseñanza SUDS dentro de este estudio fueron las siguientes:

- Búsqueda 1: *SUDS education*.
- Búsqueda 2: *WSUD education*.
- Búsqueda 3: *Stormwater BMP education*.
- Búsqueda 4: *Stormwater control measures education*.

Solo se incluyeron los documentos tipo artículo científico, excluyéndose el resto (ej.: conferencias, libros, capítulos de libros, etc.).

El motivo de modificar el acrónimo SUDS en las búsquedas es que se utilizan diferentes acrónimos en el mundo para referirse a las mismas técnicas, con pequeñas divergencias conceptuales entre ellas, como manifestaron *Fletcher et al.* (2015) en su trabajo sobre las distintas denominaciones para los SUDS.

El resultado obtenido fue de 6 publicaciones, siendo la mitad de ellas artículos y el resto contribuciones a conferencias publicadas en sus respectivos *Proceedings*. La mitad de dichas publicaciones corresponden a la Universidad de Oviedo y su proyecto de innovación docente en la temática.

### 3.3.1 SUDS EDUCATION

La búsqueda de SUDS en educación da como resultado 11 documentos.

Documents by year

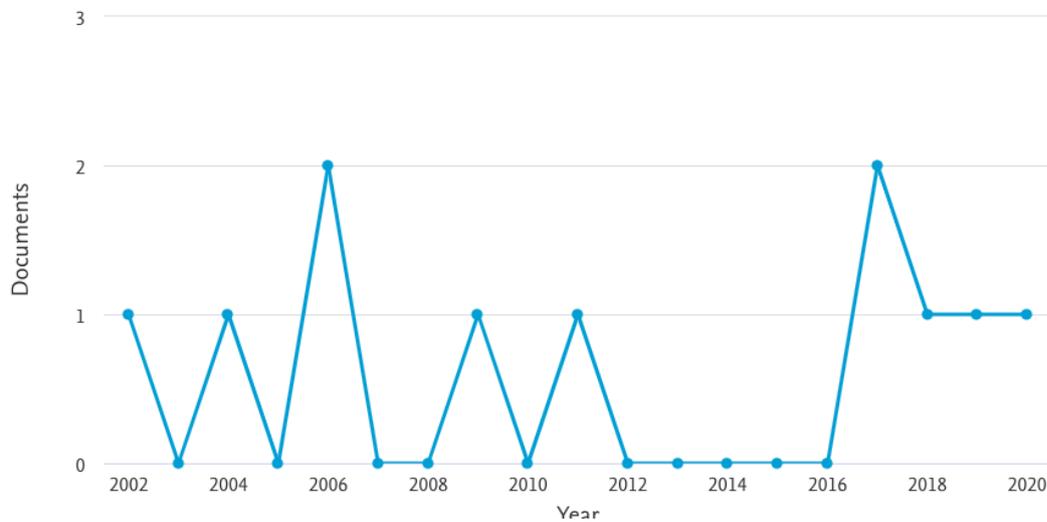


Figura 3.17 Documentos por año de *SUDS education*. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).

La gráfica es muy irregular pero se sigue notando una mayor aplicación respecto al tiempo.

Documents by subject area

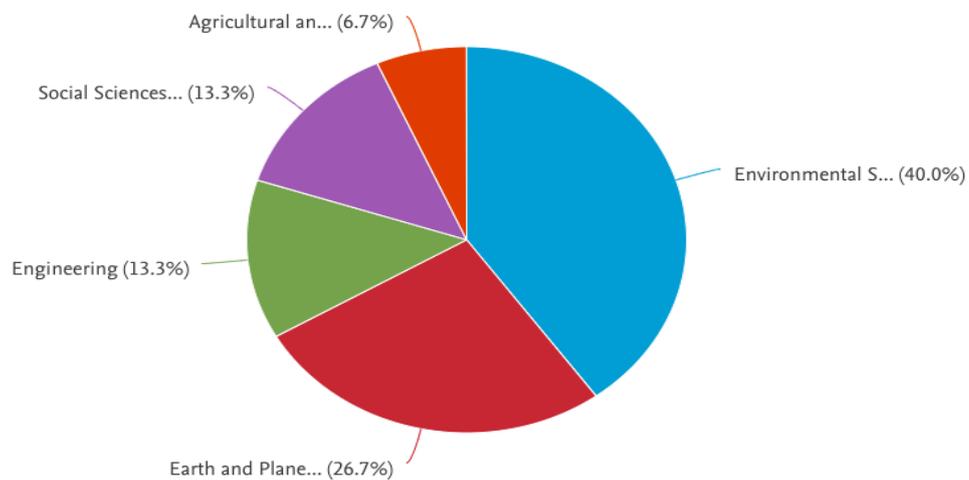


Figura 3.18 Documentos por área de *SUDS education*. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).

Ciencia medioambiental con 6 representa el 40.0%. Ciencia de la tierra y planetarias e Ingeniería con 4 y 2 respectivamente.

### 3.3.2 WSUD EDUCATION

La búsqueda de WSUD en educación da como resultado 10 artículos publicados.

Documents by year

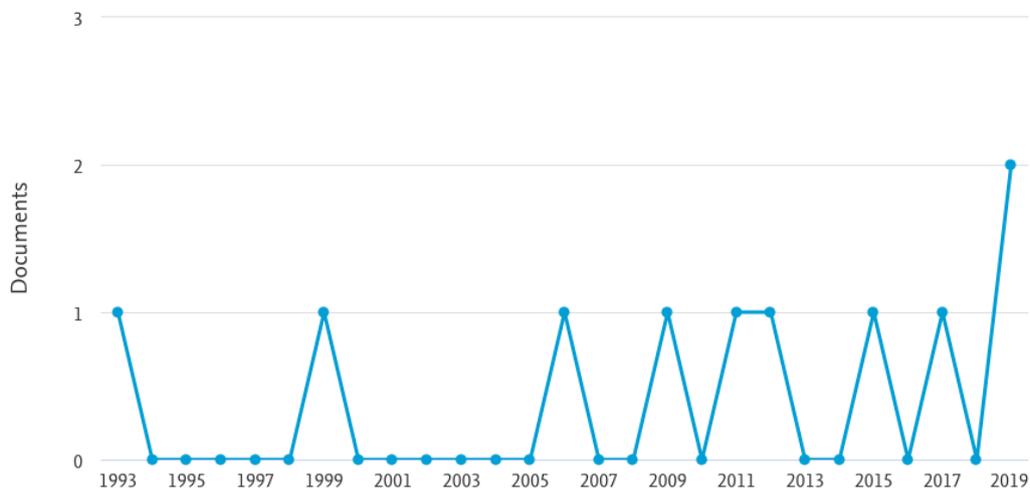


Figura 3.19

Documentos por año de *WSUD education*. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).

Documents by subject area

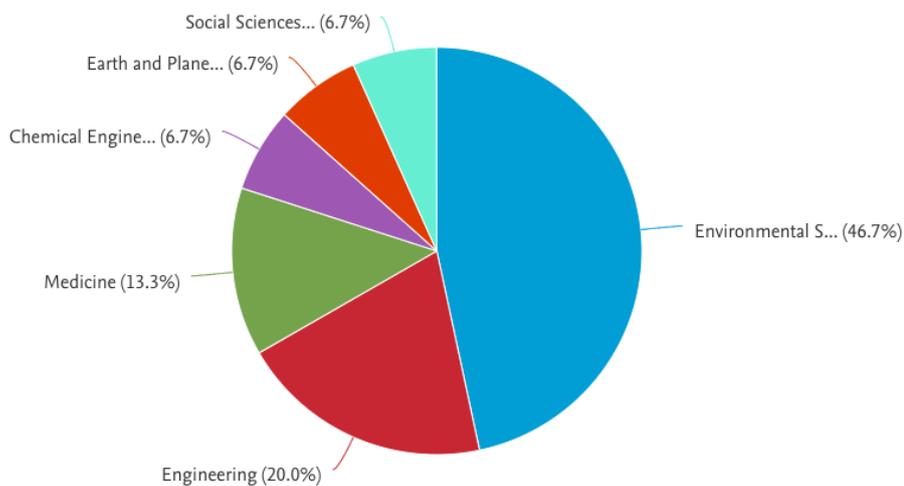


Figura 3.20 Gráfica de documentos por área de *WSUD education*. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).

Ciencia medioambiental con 7 artículos en su campo representa el 40.0%.

### 3.3.3 STORMWATER BMP EDUCATION

La búsqueda de *Stormwater Control Measures* da como resultado 18 artículos publicados.

Documents by year

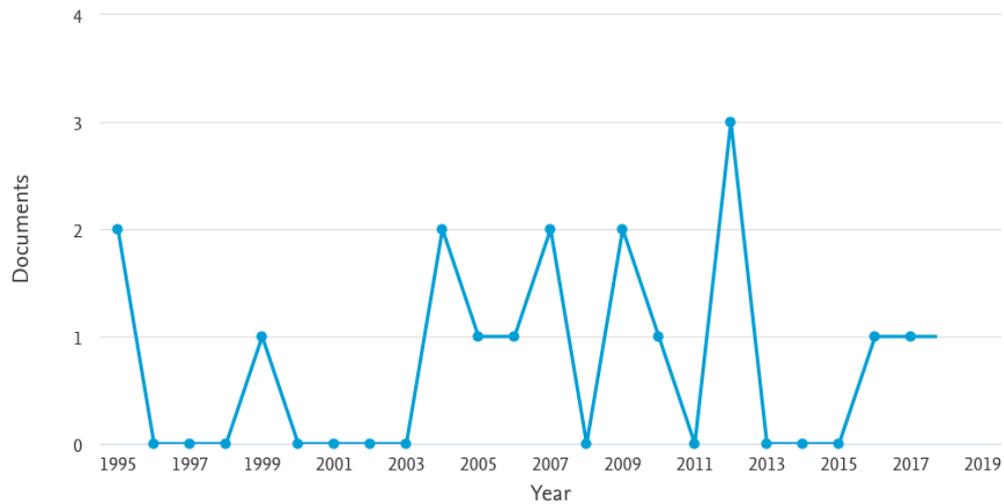


Figura 3.21 Gráfica de documentos por año de *Stormwater BMP education*. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).

Documents by subject area

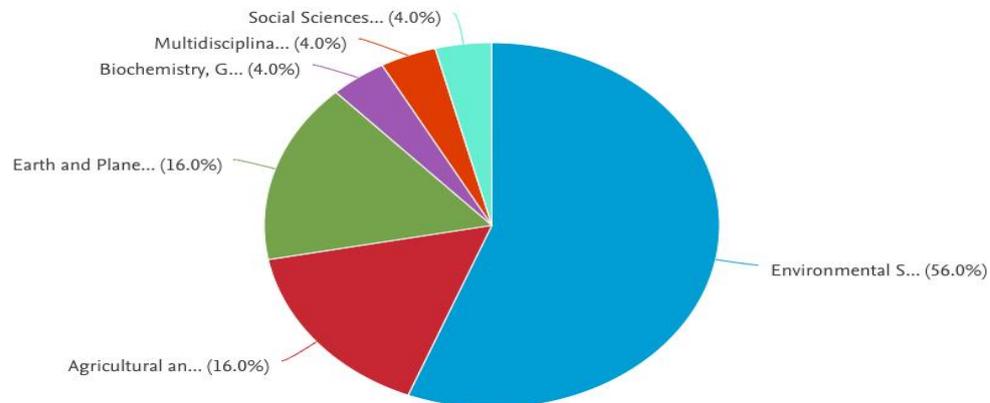


Figura 3.22 Documentos por área de *Stormwater BMP education*. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).

Ciencia medioambiental con 14 representa el 56.0%. Ciencia Agropecuarias y Biológicas y Ciencia de la tierra y planetarias con 4 y 4 respectivamente.

### 3.3.4 STORMWATER CONTROL MEASURES EDUCATION

La búsqueda de *Stormwater Control Measures education* da como resultado 11 artículos publicados.

Documents by year

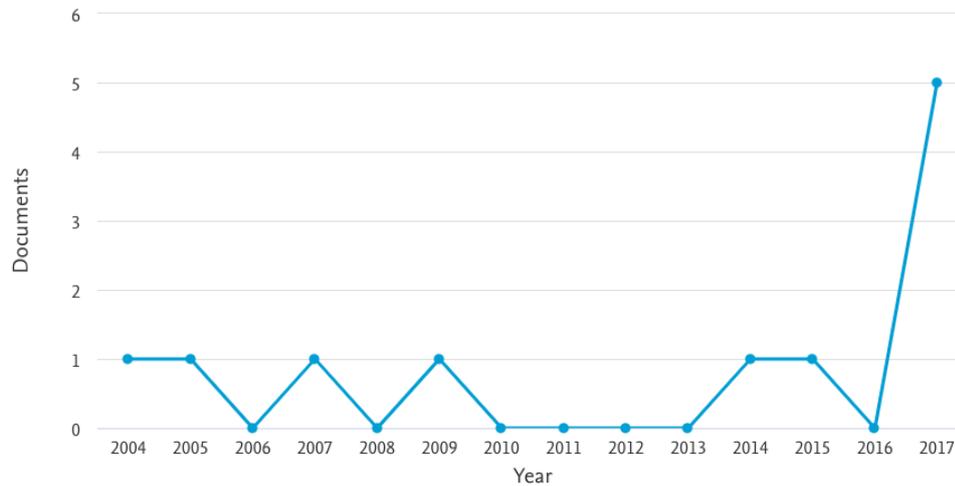


Figura 3.23 Documentos por área de *Stormwater control measures education*. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).

Documents by subject area

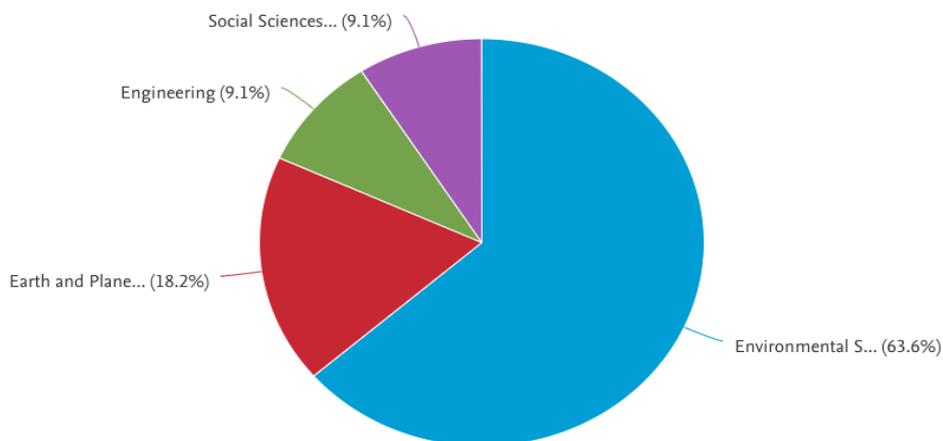


Figura 3.24 Documentos por área de *Stormwater control measures education*. Fuente: Scopus (Universidad de Oviedo).

Ciencia medioambiental con 7 representa el 63.6%. Ciencia de la tierra y planetarias e Ingeniería con 2 y 1 respectivamente

Con el paso del tiempo se nota un cierto interés en el campo de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS). Hay un avance respecto a la información y la tecnología para que podamos aprender los beneficios y la importancia de su implantación. El campo en el que más publicaciones hay es Ciencia Medioambiental y en Ingeniería. Cada vez es más la información ofrecida acerca de las ventajas y las propiedades de los SUDS. Su implementación se hace necesaria para mitigar los efectos medioambientales de la acción humanas.

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 SELECCIÓN DE LA PLATAFORMA PARA REALIZACIÓN DE CUESTIONARIOS

Es importante conocer la opinión de las empresas, los profesores y los alumnos sobre el conocimiento acerca de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible de los estudiantes recién graduados. Para ello es necesario realizar un cuestionario con el propósito de analizar los resultados para obtener respuestas para entender la calidad de la enseñanza respecto a este tema, descubrir el nivel de los estudiantes recién graduados al terminar sus estudios, comprender si son necesarias mejoras en el modelo de educación para que los estudiantes se beneficien sobre más ideas de los SUDS.

Para realizar el cuestionario me he dispuesto a analizar las mejores plataformas para su realización. Siendo el objetivo, disponer de un poco más de información acerca de sus características. Elegir una adecuada plataforma para realizar los cuestionarios es algo esencial. He analizado las siguientes plataformas: Google Forms, DataScope, Microsoft Forms, SurveyMonkey.

#### 4.1.1 GOOGLE FORMS

Con Google Forms podrás crear todo tipo de formularios y enviarlos después para que las personas que elijas y a las que añadas en las opciones de compartirlo puedan responderlos. Los formularios de Google son ampliamente usados para crear encuestas fácil y rápidamente, ya que permiten planificar eventos, hacer preguntas y recopilar diverso tipo de información de una manera simple y eficiente.

##### 4.1.1.1 CARACTERÍSTICAS

Es una herramienta gratis, a través de Internet, que permite recopilar información de forma fácil y eficiente.

Con los formularios de Google puedes crear en minutos encuestas y formularios para dar una clase, una charla o para preguntar a tus clientes y/o colaboradores.

La interfaz es muy fácil de usar. Cualquier usuario con conocimiento promedio de la computadora puede crear formularios y desplegarlo.

Formularios de Google guarda el feedback recibido para que podamos analizarlo, en especial si estamos hablando de encuestas a clientes o ayuda al usuario.

Los formularios se integran con las hojas de cálculo de Google lo que permite acceder a una vista de hoja de cálculo de los datos recopilados que facilita el análisis.

El tipo de datos que se pueden insertar en un campo se puede personalizar en función de expresiones regulares para usuarios avanzados. Esto te permite personalizar el formulario aún más.

Los formularios de Google permiten preguntas y respuestas ilimitadas sin ningún costo, mientras que otras alternativas requieren un pago basado en la audiencia y la cantidad de preguntas.

#### 4.1.2 DATASCOPE

*DataScope* está diseñado para trabajar sin conexión. Cuando los dispositivos no cuentan con una conexión a internet, los usuarios pueden continuar respondiendo formularios, sin pérdida de información.

##### 4.1.2.1 CARACTERÍSTICAS

- Reemplaza los formularios de papel con aplicaciones móviles personalizables,
- Optimiza la recolección de datos.
- Transforma la gestión de las operaciones comerciales con conocimientos de datos en tiempo real.
- Permite obtener fotos.
- Conecta con información del GPS.
- Asignación de tareas.
- Manejo del flujo de trabajo.
- Campo virtual de seguimiento.

#### 4.1.3 MICROSOFT FORMS

Microsoft Forms es la nueva herramienta creada por Microsoft enfocada a alumnos y profesores en la que tendrán la posibilidad de crear encuestas, así como ejercicios de evaluación.

Con esta nueva función de Office 365 Educación, los profesores podrán cuestionar a los estudiantes en tiempo real, creando una mejor colaboración entre ellos.

##### 4.1.3.1 CARACTERÍSTICAS

Se trata de una herramienta muy intuitiva para realizar cuestionarios que permite en muy poco tiempo crear encuestas con preguntas de opción múltiple, abiertas, clasificaciones, etc. Como complemento los resultados se mostrarán con estadísticas detalladas en forma de gráficos muy visuales con la información referente a cada pregunta y estudiante. Los resultados pueden consultarse al momento y descargarse en Excel para realizar un análisis más avanzado.

#### 4.1.4 SURVEY MONKEY

Es una de las plataformas de encuestas online más populares en el mundo, te da la posibilidad de crear cualquier tipo de encuesta con facilidad.

Ya sea que necesites realizar una simple votación o una exhaustiva investigación de mercado, tenemos herramientas para crear encuestas asombrosas. Además, te ofrecemos muchísimas maneras de obtener respuestas y analizar resultados para que puedas tomar decisiones informadas a partir de datos.

Formularios de Google también te permite crear encuestas y obtener respuestas. A continuación, haremos un análisis de Survey Monkey y Formularios de Google para que puedas decidir cuál es la plataforma más adecuada para ti.

#### 4.1.4.1 CARACTERÍSTICAS

Puedes elegir entre 15 tipos de preguntas diferentes, incluidas las de opción múltiple, cuadro de texto y comparaciones A/B.

Puedes enviar encuestas de muchas maneras. Se recibe un enlace web para copiar y pegar en los correos electrónicos, las publicaciones de tus redes sociales o tu sitio web. Utiliza el recopilador de correo electrónico para hacer un seguimiento de quién responde, o agrega recopiladores insertados o emergentes en cualquier sitio web.

#### 4.1.5 CONCLUSIÓN

Como hemos podido comprobar todas las anteriores plataformas tienen una alta capacidad para realizar el proyecto en cuestión. Tras un exhausto análisis de las opciones para realizar el cuestionario. La plataforma que mejor se adapta a nuestras actuales necesidades es Google Forms. He elegido esta plataforma por diversos motivos, pero los más importantes a destacar son: La simplicidad a la hora de trabajar, la calidad de sus servicios, la gran ventaja que la plataforma sea Google por lo tanto una mayor facilidad para compartir los datos obtenidos y sobre todo, es gratuita.

## 4.2 ANÁLISIS DE LAS DIFERENTES ASIGNATURAS EN LA ESCUELA POLITÉCNICA DE MIERES

En el apartado de anexos se exponen las asignaturas que incorpora el grado de Ingeniería Civil, el Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos y el grado de Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos. Tras un análisis en las guías docentes de cada asignatura, se pudo comprobar una tasa muy baja en la temática SUDS en cada una de ellas.

Como se puede comprobar en la Tabla 4.1, el grado de Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos tiene 61 asignaturas. De las 61 asignaturas sólo en una (Construcción) se imparte la temática de los SUDS. El grado de Ingeniería Civil tiene 41 asignaturas. Es el grado con mayor número de asignatura que involucran los SUDS en sus enseñanzas. Tienen 6 asignaturas en las que se imparte la temática, siendo Hormigón Pretensado y Prefabricación, TFG, Edificación, Caminos, Servicios Urbanos y Medioambientales e Historia de la Ingeniería Civil. El Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos tiene 37 asignaturas. Es el segundo con más asignaturas que contienen SUDS en sus guías docentes, 3 asignaturas. Las asignaturas son Cartografía Digital, Urbanismo y Ordenación del territorio TFM, Estructuras y Edificaciones de Obra Civil.

En la Escuela Politécnica de Mieres sólo un 8 % de las asignaturas implementan los SUDS en sus guías docentes. Dichas asignaturas no son exclusivamente de este tema, sino que dedican una parte del temario en intentar introducir dichas técnicas. Esto puede parecer insuficiente para la formación de un profesional que se pueda dedicar a este ámbito y que pueda hacer frente a futuros trabajos dedicados a este sector.

La Universidad de Extremadura tiene también una tasa muy baja de asignaturas en las que se implementan los SUDS.

### 4.3 INVESTIGACIÓN SOBRE EL ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO Y LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS SUDS EN ESPAÑA 2020

#### 4.3.1 INTRODUCCIÓN

El 55% de la población mundial vive en ciudades, siendo un 75% en el caso de Europa (United Nations 2019). Si bien el 3% de la superficie de la tierra está ocupada por ciudades, éstas representan el 80% del PIB global, el 60% del consumo energético y son responsables del 75% de las emisiones de carbono (Naciones Unidas 2020). Existe, además, una dependencia entre el transporte y la expansión geográfica de las ciudades, necesitando ésta última de infraestructuras que mantengan su conectividad. Dicha expansión ocupa grandes áreas, incluidas aquellas dedicadas previamente a cultivos, energía y recursos fundamentales. A este escenario se le suma el creciente deterioro de las infraestructuras urbanas, las cuales presentan una alta necesidad de conservación y mantenimiento. En el caso de España esta cifra alcanza un 25%, siendo este valor más preocupante en el caso de la red de alcantarillado, donde un 58% de dicha red presenta más de 30 años de antigüedad (AEAS 2016). La Asociación de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos e Ingeniería Civil (AIC) destacó esta necesidad de conservación en su informe “Las Obras y Servicios Públicos a Examen. España” (AIC 2019). Entre los puntos que afectan a las ciudades, se subrayaron la depuración de las aguas residuales, planes de contingencia resilientes frente a catástrofes provocadas por causas naturales, interconexión entre los modos de transporte, criterios de selección que faciliten y prioricen la I+D+i, y adaptación de las infraestructuras de obra pública a las nuevas tecnologías. La infraestructura y la gestión integral del ciclo del agua se encuentran en el centro de dichas líneas. Si a todo ello se le suma el reto que supone la adaptación de nuestras ciudades e infraestructura al cambio climático, el modelo de urbanismo que se ha seguido en las últimas décadas se muestra insostenible. Bajo esta premisa nace el objetivo de desarrollo sostenible nº 11 de las Naciones Unidas, centrado exclusivamente en ciudades y comunidades sostenibles (Naciones Unidas 2020), el cual propone un cambio hacia una urbanización guiada por la ecología y la protección de las fuentes de agua, así como en la transformación de los residuos en recursos, entre otros aspectos destacables.

Siguiendo este cambio conceptual, las nuevas tendencias relacionadas con el urbanismo proponen considerar a la ciudad como a un organismo complejo y dinámico, aplicando desarrollos innovadores de las ciencias de la naturaleza en la arquitectura y la ingeniería, dando paso a un ingeniero ecológico. El urbanismo regenerativo plantea el diseño biofílico, la bioarquitectura y la ingeniería biológica como elementos fundamentales de la regeneración del ámbito urbano. La oportunidad que aporta esta grave crisis de nuestras infraestructuras es que hay que plantearse su renovación en muchos casos, pudiendo introducir estas filosofías para lograr ciudades más resilientes. Esta oportunidad es, si cabe, más clara en la gestión del ciclo integral del agua, donde el agua de lluvia se ha considerado y tratado como un residuo por demasiado tiempo. Es por ello por lo que el cambio de paradigma en la gestión del agua de lluvia, pasando de residuo a recurso en el ámbito urbano, es crucial.

El máximo exponente de dicho cambio es el conocido como Diseño Urbano Sensible al Agua (DUSA), cuyo propósito es el de integrar la gestión del ciclo del agua en el entorno urbano ya construido a través del planeamiento y del diseño. La filosofía DUSA, así como su concepto homólogo de “ciudades esponja”, buscan la restauración de la capacidad de la ciudad de absorber, infiltrar, almacenar, purificar, drenar y gestionar el agua de lluvia; y la regulación del ciclo del agua, imitando al ciclo hidrológico natural. El correcto desarrollo de la DUSA en las ciudades requiere de un planeamiento urbano y de un marco legal apropiados. De la misma forma, se requiere de unas herramientas para implementar, mantener y adaptar la infraestructura para la gestión del agua de lluvia. Dichas técnicas son las denominadas Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS); soluciones basadas en la naturaleza que permiten imitarla para proporcionar los beneficios de los servicios de ecosistema a nuestra ciudad, creando una infraestructura verde resiliente. El Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (CICCP), consciente de esta problemática, desarrolló un número completo en la Revista de Obras Públicas sobre los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible, donde se muestran

multitud de experiencias prácticas en todos los ámbitos de la profesión, desde la consultoría y la construcción, hasta la docencia universitaria, pasando por la I+D+i (CICCP 2019).

Una vez introducido el marco conceptual de aplicación de los SUDS, así como la justificación de su implementación, cabe exponerse los pilares fundamentales de diseño: gestión del volumen de agua, tratamiento de los contaminantes presentes en la escorrentía, recuperación de la biodiversidad y mejora de los espacios urbanos, haciendo la ciudad más habitable. De entre las técnicas más utilizadas e investigadas en los últimos años, cabe destacar las siguientes (Jato-Espino et al. 2017): cubiertas verdes / azules, áreas de biorretención y cunetas verdes, pavimentos permeables, jardines de lluvia / parterres inundables, estanques de retención / detención, humedales naturales / artificiales.

Dado el actual estado de alerta en el que España se ve sumida dentro de un confinamiento que se ha alargado desde el 13 de marzo hasta el 21 de junio, provocando un parón en la economía del país y afectando especialmente al sistema educativo universitario tanto en su forma de impartir la docencia como en la relación estudiante-profesorado.

Este estudio pretende entender el nivel de implementación de los SUDS en los estudios relacionados con la Rama de la Ingeniería y Arquitectura en las Escuelas Politécnicas de Cáceres y Mieres, Universidades de Extremadura y Oviedo, respectivamente. Para ello se lleva a cabo un estudio entre los estudiantes y profesores en ambas Escuelas dentro de los Grados de Edificación, Ingeniería Civil, Ingeniería Geomática, Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos, el Doble Grado en Ingeniería Civil e Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos, el Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, el Máster Universitario en Investigación en Ingeniería Civil y Arquitectura, el Máster Universitario en Metodología BIM Desarrollo Colaborativo de Proyectos, el Máster Universitario en Geotecnología y Desarrollo de Proyectos SIG, y el Programa de Doctorado en Ingeniería de los Recursos Naturales. Mediante el estudio se plantea un diagnóstico para definir cuáles son los “drivers” que definen la implementación de los SUDS en la educación universitaria en el año 2020, incluyendo el impacto de la presente crisis sanitaria en dicho análisis.

#### Problemática e hipótesis de partida

- Urbanismo insostenible.
- Problemas de conservación y mantenimiento (informes ACI, ASCE y saneamiento).
- Cambio climático e impacto en la práctica de urbanismo e infraestructura.
- Contexto actual de crisis sanitaria: pandemia.
- Docencia académica que no responde a la realidad de las necesidades sociales y de infraestructura verde. Mismos dogmas docentes y de diseño y gestión de la infraestructura que llevaron al actual problema. Resistencia de los actores responsables a cambial cambio de paradigma.
- Relación estudiante-profesorado basada en una docencia unívoca y rígida poco participativa y sin adaptación a la complejidad del contexto actual.
- Creciente daño medioambiental provocado por la gestión convencional del agua y las oportunidades pérdidas que los beneficios aportados por los SUDS ofrecen para combatir dicha amenaza medioambiental.

#### Caso de estudio: España, con detalle más concreto en las Escuelas Politécnicas de Cáceres y Mieres.

- Caso español donde el mundo académico ha ido, en general, por delante en el ámbito de la investigación que el grado de implementación empresarial y de las administraciones públicas. Sin embargo, la docencia en las universidades no responde a dicho empuje de I+D+i de la propia Universidad y al más reciente por parte de la industria. Análisis de planes de estudio en las Universidades españolas objeto de estudio.
- Aplicación de cuestionario en las Escuelas Politécnicas de Cáceres y Mieres, dentro de los Grados y Postgrados dentro de la Rama de Ingeniería y Arquitectura directamente asociados a la implementación actual de los SUDS.

### 4.3.2 METODOLOGÍA GENERAL

Se realizará una comparativa entre lo encontrado en el estudio académico I+D+i, el análisis de los planes de estudio de las Escuelas Politécnicas de Cáceres y Mieres, Universidades de Extremadura y Oviedo, respectivamente, en la Rama de Ingeniería y Arquitectura, y los resultados del cuestionario planteado a estudiantes y profesores en ambas Escuelas. Para el análisis de detallado sobre la implementación de SUDS en la literatura científica presente en bases de datos se utilizará principalmente la base de datos Scopus, ELSEVIER. En cuanto al análisis de los planes de estudio se utilizarán las guías docentes de las asignaturas de las titulaciones detalladas, las capacidades transversales asociadas al estudio de los SUDS y su impacto en el global de las titulaciones, así como las líneas de investigación aplicadas en el Programa de Doctorado.

Finalmente, la elaboración del cuestionario tendrá como base la teoría del Modelo de Activación de Normas (Schwartz, 1977), el cual medirá la actitud de los alumnos para definir, según su estado de conocimiento, dicho grado de implementación. La conciencia de las partes interesadas para emitir su opinión sobre su percepción sobre dicha implementación y las necesarias capacidades transversales para desarrollar los SUDS en el futuro se encuadra en la teoría del comportamiento de Schwartz (1997). Sus trabajos abordan la intención de comportamiento de los individuos hacia elecciones concretas. A partir del modelo de activación de normas conocido como "Norm Activation Model" (NAM). De acuerdo con Schwartz (1977) y Han (2014) el modelo de conducta comienza con la conciencia del problema (problemática mostrada en el apartado inicial de la introducción).

A partir de ahí, el individuo recurre a la realización de un acto responsable para resolver dicho problema, para lo cual desarrolla normas que influyen en su comportamiento:

(Conciencia del problema → responsabilidad atribuida → norma personal → intención de comportamiento) Han (2014).

Schwartz (1973) introdujo el modelo de activación de normas, que se ha probado con éxito en las elecciones que realizan alumnos en la universidad ante diferentes estudios (Landon, Kyle y Kaiser, 2017) En concreto, las normas personales implican la obligación moral de desarrollar conductas que contribuyan a un mejor desarrollo de la sociedad (Schwartz y Howard, 1981) con el objetivo de evitar consecuencias perjudiciales para esta misma. Según este modelo, el conocimiento de las consecuencias (conciencia de las consecuencias-daño medioambiental y social) mueve a los alumnos a actuar de manera responsable (atribución de responsabilidad-incorporar metodologías SUDS), desarrollando obligaciones (normas personales) para actuar correctamente. En el contexto de la implementación de metodologías SUDS, el problema se inicia con la incertidumbre del grado de conocimiento de estas técnicas en las titulaciones asociadas a la Rama de Ingeniería y Arquitectura de las dos universidades anteriormente mencionadas. Como estudiantes y futuros ingenieros y/o empresarios / emprendedores responsables, los estudiantes necesitan herramientas de conocimiento teórico-prácticas que les permitan tomar decisiones que respondan a los problemas de gran complejidad que se dan hoy en el ámbito de las infraestructuras de transporte y urbanas. De ahí que el estudiante sopesa las consecuencias que su decisión tendrá tanto en su futura empresa como en la sociedad a la que aportará su trabajo. Esta aproximación a las consecuencias desencadena actos responsables en los individuos. En este periodo de especial formación técnica y formación de una personalidad madura, y más concretamente referido a las metodologías de gestión del agua respetuosas con el medio ambiente, la responsabilidad del estudiante se focaliza en llegar a conocer cuáles son los variados beneficios transversales que dichas tecnologías ofrecen. Este punto les proveerá de una información competitiva dentro del mercado laboral para influir positivamente en la contención de la amenaza medioambiental representada fundamentalmente por los efectos del cambio climático y el urbanismo insostenible.

Este sentido de responsabilidad de los agentes decisores; en este caso representados por las Universidades, deben desarrollar plataformas de formación competitivas para aprovechar las oportunidades que los SUDS le ofrecen a la sociedad. Estas plataformas pueden orientarse hacia el

cumplimiento de varios objetivos que se traducen en normas de actuación, las cuales se presentan a continuación:

En **primer lugar**, la transferencia al estudiante de la información relativa a los beneficios que los SUDS aportan a su futura actividad profesional en la empresa o la Administración Pública, así como a la sociedad, con el objeto de poder responder los estudiantes a las siguientes preguntas:

1. ¿Tenía conocimiento sobre los SUDS antes de la realización de este cuestionario? (Valore de 1-nada informada- a 5-muy informada).
2. En su opinión, ¿En qué grado cree que está la sociedad informada sobre las técnicas SUDS, y las posibilidades y beneficios que aportan? (Valore de 1-nada informada- a 5-muy informada).
3. ¿Cree usted que los SUDS son herramientas/técnicas necesarias para la adaptación al cambio climático de las ciudades y contrarrestar los efectos negativos de las infraestructuras de transporte? (Valore de 1-nada necesarias- a 5-muy necesarias).
4. ¿En qué grado cree que los SUDS pueden apoyar en las medidas de transición ecológica de los Gobiernos Europeos? (Valore de 1-muy bajo- a 5-muy alto)

En **segundo lugar**, el estudio se centra en la formación que los profesionales del sector de la rama de ingeniería y arquitectura necesitan para llegar a implementar estas técnicas basadas en la naturaleza en las empresas y la administración pública. De ahí que es clave conocer las respuestas a las siguientes cuestiones:

1. ¿Cree que los/las estudiantes actuales están lo suficientemente formados/as para afrontar el diseño y la implementación de los SUDS de forma satisfactoria? (Valore de 1-nada formados- a 5-muy formados).
2. ¿Cree necesaria la creación de nuevas asignaturas que recojan estos conocimientos o prefiere la implementación de estos dentro de las asignaturas ya existentes en su titulación? (Valore de 1-nuevas asignaturas- a 5-asignaturas ya existentes).
3. ¿Cree necesaria la creación de una titulación en la que se adquiera esta formación de manera especializada? (Valore de 1-nada necesaria- a 5-muy necesaria).
4. ¿Cree necesaria la creación de un manual en detalle técnico sobre SUDS? (Valore de 1-nada necesario- a 5-muy necesario).
5. ¿Cree necesario conocer la relación coste vs beneficio de la implementación de los SUDS en relación con las estrategias convencionales de drenaje? (Valore de 1-nada necesario- a 5-muy necesario).
6. ¿Cree que la formación en capacidades / competencias profesionales transversales como adaptación, coordinación, iniciativa, innovación comunicación, etc. son relevantes para el futuro desarrollo de los SUDS? (Valore de 1-nada relevantes- a 5-muy relevantes).

En **tercer lugar**, el estudio pretende valorar la disponibilidad de recursos por parte de los agentes decisores para la implementación de los SUDS. Para ello se proponen las siguientes cuestiones:

1. ¿Cree que hay suficientes recursos en la Administración Pública para la implementación de los SUDS? (Valore de 1- ningún recurso disponible- a 5-una gran cantidad de recursos disponibles).
2. ¿Cree que hay suficientes recursos en la Universidad para afrontar la formación en los SUDS? (Valore de 1- ningún recurso disponible- a 5-una gran cantidad de recursos disponibles).
3. ¿Cree que hay suficientes recursos en su titulación para afrontar la formación en los SUDS? (Valore de 1- ningún recurso disponible- a 5-una gran cantidad de recursos disponibles).
4. ¿Cree que España está apostando decididamente por la implementación de los SUDS? (Valore de 1-nada- a 5-decididamente).

5. ¿Cree que su región está apostando decididamente por la implementación de los SUDS? (Valore de 1-nada- a 5-decididamente).

En **cuarto lugar**, el estudio pretende identificar las barreras existentes en la docencia para el diseño y la implementación de SUDS. Para ello se proponen las siguientes cuestiones:

1. ¿Tiene en su titulación asignaturas que le aporten conocimientos sobre el planeamiento urbano / territorial? (Valore de 1-ninguna a 5-muchas).
2. ¿Tiene en su titulación asignaturas que le aporten conocimientos sobre el diseño y construcción de estructuras hidráulicas para la gestión de escorrentía superficial? (Valore de 1-ninguna a 5-muchas).
3. ¿Tiene en su titulación asignaturas que le aporten conocimientos sobre la operación y mantenimiento de infraestructura? (Valore de 1-ninguna a 5-muchas).
4. ¿Tiene en su titulación asignaturas que le aporten conocimientos sobre el medioambiente y su protección? (Valore de 1-ninguna a 5-muchas).

Las tres opciones anteriormente mencionadas contribuyen a soluciones actualizadas al mismo tiempo que al problema planteado de “la influencia de los SUDS en la mejora de la sociedad y el entorno en que se desarrolla toda empresa”. Este problema se abordará con un determinado nivel de responsabilidad, que cristalizará en normas concretas de actuación. Al final de todo este proceso evolutivo se obtiene el rédito esperado: la formación de la conducta o comportamiento visible desde el exterior.

(Conciencia del problema → responsabilidad atribuida → norma personal → intención de comportamiento) (Han 2014; Schwartz 1977).

Estas normas, relativas al tercer estadio de la teoría de Han (2014) y Schwartz (1977), permiten medir el impacto en la conducta del alumno.

**TABLA 4.4 Traducción del Modelo de Schwartz a los estudios de la rama de ingeniería y arquitectura**

Curso	Pregunta	Objetivo
1º	¿Por qué los estudiantes eligen desarrollar e implementar los SUDS?	Resolver el problema inicial
2º	¿Qué tipo de objetivos han fijado los estudiantes para traducirlos en normas has desarrollado?	Adquirir conocimientos y habilidades para afrontar el reto de desarrollar e implementar técnicas de ingeniería sostenibles con el medio ambiente y la sociedad que permiten la gestión del agua de forma resiliente
3º	¿Cómo han incidido esas normas en tu conducta (estudiantes)?	Haber sido capaz de experimentar cambios en los modos de enfocar el problema inicial, a partir de las normas autoimpuestas, adaptando mejor los sistemas de drenaje a los nuevos retos medioambientales que la sociedad plantea.

Fuente: Elaboración propia

Siguiendo la metodología descrita anteriormente, se proponen desarrollar los constructos y los drivers como se detalla a continuación.

**Modelo de Schwartz. Responsabilidad-Normas-Comportamiento (NAM)**

Junto a todo lo anterior, se añaden dos constructos independientes, pero que afectan al modelo planteado. Los constructos e indicadores son los siguientes:

**4.4 EXPLICACIÓN DEL MODELO**

Para conocer cuáles son los Drivers para la promoción de los SUDS en la universidad (DPU) aplicaremos un modelo de análisis de variables (ver Figura 1).

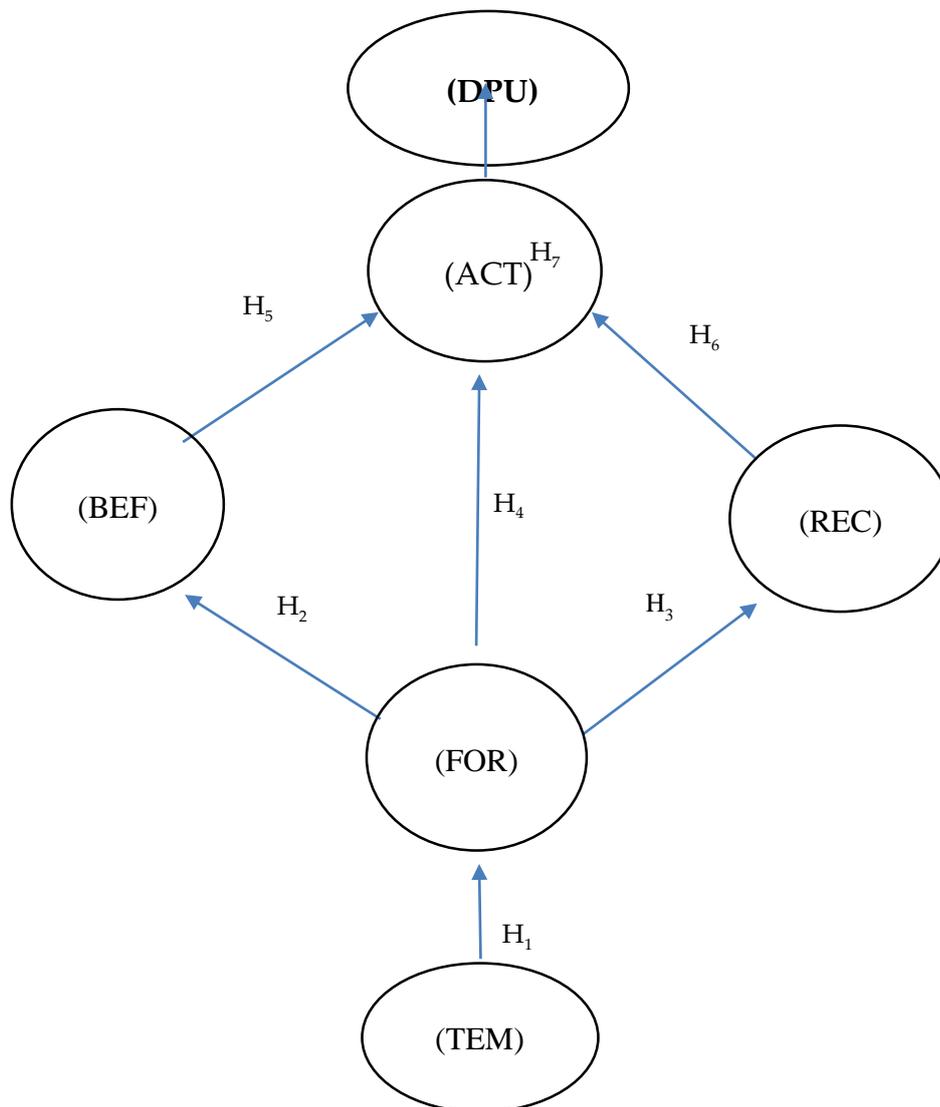


Figura 4.1. Variables endógenas y exógenas del modelo

Este modelo parte de la necesidad de incorporar las adecuadas temáticas que abordan diversos aspectos transversales de la construcción sostenible (TEM). A partir de ahí el nivel de formación que adquieren los alumnos ayudará a una mejor implementación de los SUDS (FOR).

Fruto de ese mayor conocimiento en los alumnos los serán más conscientes de sus beneficios (BEF), así como de los recursos existentes para su exitosa implementación (REC). Estos dos factores facilitarán el desarrollo de actitudes y hábitos de conducta para respetar el medio ambiente (ACT). Lo cual finalmente redundará en una mejor implantación de los drivers que todo alumno necesita para aplicar exitosamente el sistema de drenaje SUDS en el ámbito de la construcción.

#### 4.4.1 HIPÓTESIS DE TRABAJO A PARTIR DEL MODELO DE PARTIDA

- Hipótesis 1 (H1): La incorporación de temáticas transversales (TEM) influye positivamente en la formación adquirida sobre SUDS (FOR).
- Hipótesis 2 (H2): La formación adquirida sobre SUDS (FOR) facilitará conocer sus beneficios multidisciplinares que reporta su implementación (BEF).
- Hipótesis 3 (H3): La formación adquirida sobre SUDS (FOR) facilitará conocer la disponibilidad de recursos para su implementación (REC).
- Hipótesis 4 (H4): La formación adquirida sobre SUDS (FOR) facilitará el desarrollo de actitudes y hábitos de conducta para respetar el medio ambiente (ACT).
- Hipótesis 5 (H5): El conocimiento de los beneficios que reporta implementar los SUDS (BEF) facilitará el desarrollo de actitudes y hábitos de conducta para respetar el medio ambiente (ACT).
- Hipótesis 6 (H6): El conocer la disponibilidad de recursos para su implementación (REC) facilitará el desarrollo de actitudes y hábitos de conducta para respetar el medio ambiente (ACT).
- Hipótesis 7 (H7): El desarrollo de actitudes y hábitos de conducta para respetar el medio ambiente (ACT) facilitará desarrollar los drivers para la implantación exitosa de los SUDS.

#### 4.4.2 SECCIONES DEL ESTUDIO

##### 4.4.2.1. Sección 1

Perfil de origen del/la encuestado/a

En esta sección se le preguntará por su perfil de origen en el ámbito académico de su Universidad.

1. ¿Cuál es su actividad en la Universidad? (En caso de poder elegir entre varias de ellas, por favor, seleccione aquella donde su desarrolle su actividad principal en este momento)

- Estudiante
- Personal Docente e Investigador (PDI)
- Personal de Administración y Servicios (PAS)

2. ¿En qué Universidad desarrolla su actividad como estudiante, PDI o PAS?

- Extremadura
- Oviedo

3. ¿En qué titulación desarrolla su actividad? (En el caso de estudiantes, PDI o PAS que desarrollen su actividad en varias titulaciones, por favor, seleccionar las dos más representativas de su actividad en la actualidad)

- Grado en Edificación
- Grado en Ingeniería Civil

- Grado en Ingeniería Geomática
- Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos
- Doble Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos e Ingeniería Civil
- Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural
- Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos
- Máster Universitario en Investigación en Ingeniería y Arquitectura
- Máster Universitario en Metodología BIM Desarrollo Colaborativo de Proyectos
- Máster en Geotecnología y Desarrollo de Proyectos SIG
- Doctorado en Ingeniería de los Recursos Naturales

4. ¿Tenía conocimiento sobre los SUDS antes de la realización de este cuestionario? (En el caso de responder negativamente, por favor consultar el documento adjunto al cuestionario para más información)

- Sí
- No
- No sabe / No contesta

**En las secciones siguientes, valore por favor de 1 (menos importante) a 5 (muy importante) los siguientes factores:**

#### **4.4.2.2 Sección 2**

Drivers para la promoción de los SUDS en la universidad (DPU)

Díganos, por favor, cómo valora la importancia de los siguientes factores para el conocimiento y la posterior implementación exitosa de los SUDS en la formación universitaria en ingeniería y arquitectura. Por favor, valore de 1 a 5 en las preguntas de la Sección 2 (entre la 5 y la 9, ambas inclusive) en función del nivel de importancia que usted le otorga a cada factor.

5- Ser consciente de los beneficios que aportan los SUDS en la formación universitaria

6- Mejorar el nivel de formación para la implementación de los SUDS en los estudios universitarios

7- Conocer qué recursos y herramientas docentes existen para la implementación de los SUDS

8- Conocer las temáticas concretas sobre el diseño e implementación efectiva de los SUDS en el proceso holístico de la construcción sostenible y su relación con el medioambiente en ingeniería y arquitectura

9. Adaptar las actitudes personales y hábitos de conducta en la Universidad para proteger el medio ambiente

#### **4.4.2.3 Sección 3**

Percepción sobre el nivel de conocimiento sobre los SUDS (BEF)

En esta sección se le preguntará por su percepción relativa a los beneficios que los SUDS aportan al ámbito empresarial y a la sociedad.

10. En su opinión, ¿en qué grado cree que la sociedad está informada sobre las técnicas SUDS, y las posibilidades y beneficios que aportan?

11. Valore la importancia de los SUDS como herramientas / técnicas necesarias para la adaptación al cambio climático de las ciudades y las infraestructuras de transporte

12. Valore la importancia de los SUDS en el apoyo a las medidas de transición ecológica implementadas por los Gobiernos Europeos para revertir los problemas causados por el cambio climático

13. ¿Cree necesario conocer la relación coste vs beneficio de la implementación de los SUDS en relación a las estrategias convencionales de ingeniería?

#### 4.4.2.4 Sección 4

Percepción sobre el nivel de formación para la implementación de los SUDS (FOR)

En esta sección se le preguntará por su percepción relativa a aspectos estructurales necesarios para mejorar la formación que las y los estudiantes, como futuras y futuros profesionales del sector, necesitan para llegar a implementar estas técnicas en el ejercicio de sus profesiones.

14. Valore en función de la relevancia que le otorgue a la introducción de una formación en capacidades / competencias profesionales transversales como adaptación, coordinación, iniciativa, innovación comunicación, etc. para el futuro desarrollo de los SUDS en la docencia universitaria

15. Valore la necesidad de introducir nuevas asignaturas que recojan la formación en SUDS en su titulación

16. Valore la necesidad de implementar los conocimientos de los SUDS dentro de asignaturas ya existentes en su titulación

17. ¿Cree necesaria la creación de una titulación en la que se adquiriera esta formación de manera especializada?

18. ¿Cree necesaria la elaboración de un manual / publicación con suficiente detalle técnico sobre SUDS para apoyar la implementación de éstos en la formación universitaria?

#### 4.4.2.5 Sección 5

Percepción sobre los recursos existentes para la implementación de los SUDS (REC)

En esta sección se le preguntará por su percepción relativa a la disponibilidad de recursos por parte de los agentes decisores (Universidad y Administración Pública) para la implementación de los SUDS.

19. ¿Cómo valora la actual dotación de recursos en la Administración Pública para la implementación de los SUDS?

20. ¿Cómo valora la actual dotación de recursos existentes en España para la implementación de los SUDS?

21. ¿Cómo valora la actual dotación de recursos existentes en su región para la implementación de los SUDS?

22. ¿Cómo valora la actual dotación de recursos docentes recogidos en la Universidad para afrontar la formación en los SUDS?

23. ¿Cómo valora la actual dotación de recursos docentes existentes en su titulación para afrontar la formación en los SUDS?

#### 4.4.2.6 Sección 6

Percepción sobre la importancia de temáticas concretas sobre aspectos relacionados con la implantación efectiva de los SUDS en proceso holístico de construcción (TEM)

En esta sección se le preguntará por su percepción relativa a la existencia de barreras para la implementación de los SUDS.

24. Valore la importancia de la existencia de asignaturas que le aporten conocimientos sobre el planeamiento urbano / territorial para la implementación de SUDS

25. Valore la importancia de la existencia de asignaturas que le aporten conocimientos sobre el diseño y construcción de elementos de ingeniería para la implementación de SUDS

26. Valore la importancia de la existencia de asignaturas que le aporten conocimientos sobre la operación, monitorización y mantenimiento de infraestructura para la implementación de los SUDS

27. Valore la importancia de la existencia de asignaturas que le aporten conocimientos sobre el medioambiente, su protección y regeneración para la implementación de SUDS

#### **4.4.2.7 Sección 7**

Desarrollo de actitudes y hábitos de conducta para respetar el medio ambiente a partir del conocimiento de los SUDS en estudios universitarios de ingeniería y arquitectura (ACT)

28. Valore si el aprendizaje de los SUDS puede contribuir a incrementar la conciencia social sobre la amenaza que representa la crisis climática actual

29. En su opinión, ¿cree que el aprendizaje sobre los SUDS puede ayudarle a desarrollar hábitos de conducta de respeto a la naturaleza, tanto personales como en otros procesos relacionados con la ingeniería y la arquitectura?

30. Finalmente, ¿cree que el conocimiento de los beneficios multidisciplinares que aportan los SUDS puede activar en usted su responsabilidad para proteger el medio ambiente mediante el ejercicio de su profesión en ingeniería / arquitectura?



## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS GENERALES

En este apartado se analizarán los resultados del cuestionario. Es importante conocer la opinión del alumnado y la del profesorado para saber cómo se está enfocando la educación y cómo podemos mejorar la situación académica de nuestras universidades. La colaboración hacia el cuestionario ha sido un éxito, consiguiendo 73 respuestas.

La participación ha sido de 73 personas, siendo 74% estudiantes y 26% personal docente. Es muy importante conocer cual es la opinión del estudiantado, ya que al final son los que más de cerca sienten los resultados de la enseñanza en la Universidad y tienen que hacer frente con sus conocimientos al mundo laboral.

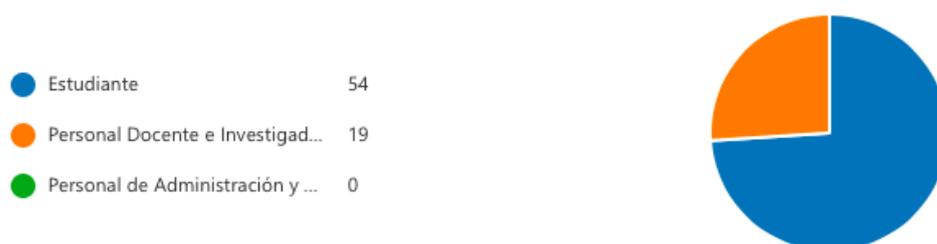


FIGURA 5.1 ¿Cuál es su actividad en la Universidad?

Para este trabajo se ha colaborado con la Universidad de Extremadura, para así conocer también la situación en la que se encuentra. La colaboración por parte de la Universidad de Oviedo ha sido del 90% mientras que para la de Extremadura ha sido del 10%.

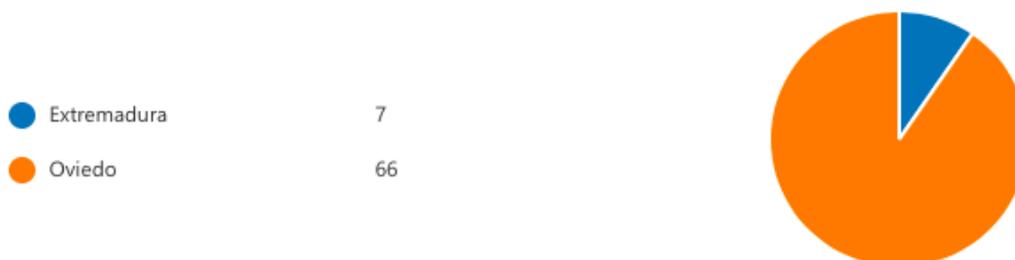


FIGURA 5.2 ¿En qué Universidad desarrolla su actividad como estudiante, PDI o PAS?

Como se puede apreciar en la figura x, los participantes fueron de diferentes grados. Es importante conocer el criterio de los alumnos y profesores de diferentes áreas, para así conocer mejor la situación de nuestras universidades. El grado con mayor participación fue el de Ingeniería Civil con un 40% de la participación, seguido por el Master Universitario en ingeniería de caminos, canales y puertos con un 32%.

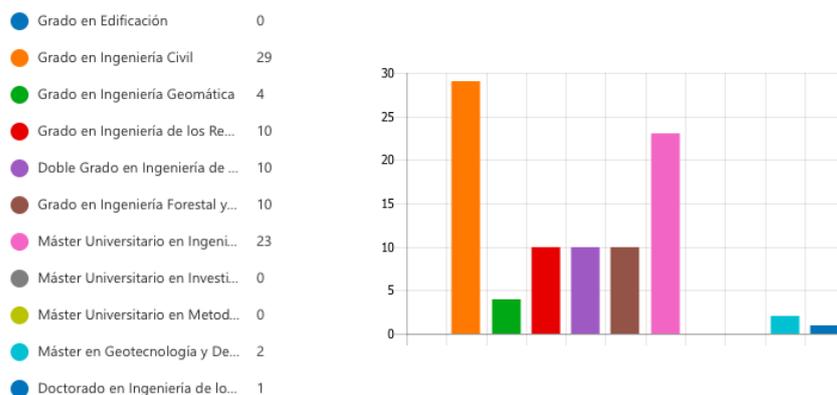


FIGURA 5.3 ¿En qué titulación desarrolla su actividad?

En la figura 5.4 se puede apreciar que la casi todos los encuestados tenían conocimientos sobre los SUDS antes de realizar el cuestionario. Un 80% de los participantes, ya sea por cuenta propia o por las asignaturas impartidas en la universidad, disponen de conocimientos sobre la materia.

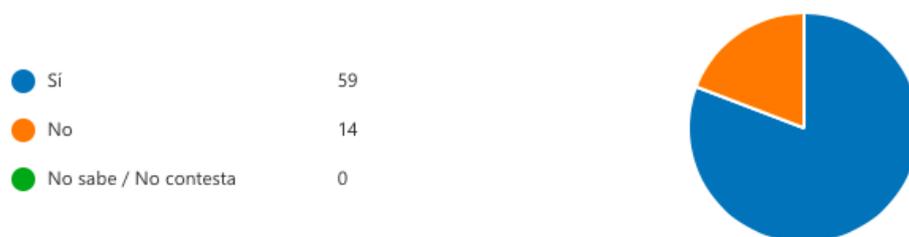


FIGURA 5.4 ¿Tenía conocimiento sobre los SUDS antes de la realización de este cuestionario?

El 63% de los encuestados están de acuerdo en que la dotación de recursos existentes para la implementación de los SUDS es bastante baja o inexistente. España necesita adaptarse a las necesidades de nuestro ecosistema y adaptar sus recursos a las necesidades climatológicas

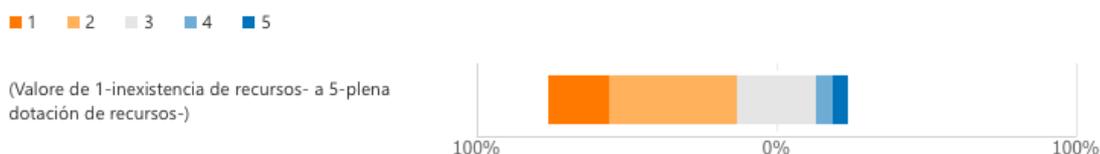
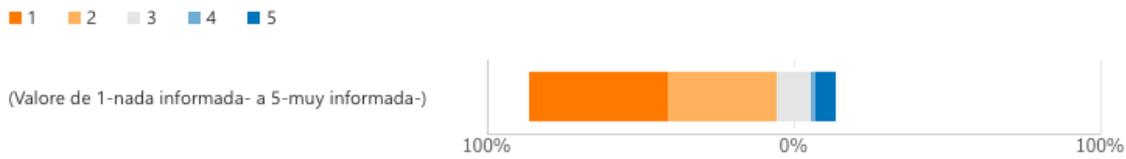


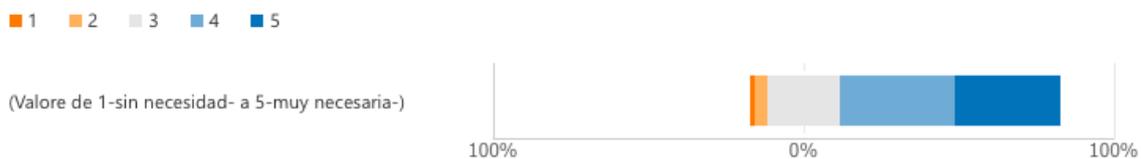
FIGURA 5.5 ¿Cómo valora la actual dotación de recursos existentes en España para la implementación de los SUDS?

El 80% de los encuestados cree que la sociedad no está informada sobre las técnicas SUDS y los beneficios que aportan. Es algo importante concienciar a las personas ya que es algo fundamental que estos sistemas se encuentren lo antes posible entre nosotros.



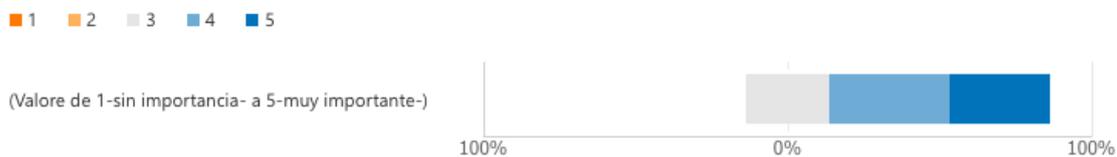
**FIGURA 5.6** ¿En qué grado cree que la sociedad está informada sobre las técnicas SUDS, y las posibilidades y beneficios que aportan?

Un 76% de los participantes valoran una necesidad muy alta en una aportación de dedicación sobre el tema a asignaturas ya presentes en los grados. Siendo insuficientes para una adecuada formación de los alumnos en la materia.



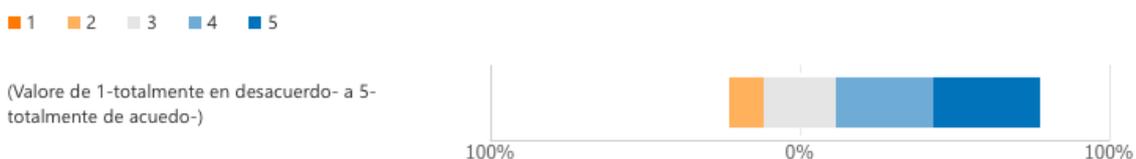
**FIGURA 5.7** Valore la necesidad de implementar los conocimientos de los SUDS dentro de asignaturas ya existentes en su titulación

Es importante ser consciente de los beneficios que aportan los SUDS en la formación universitaria y el 75% han estado de acuerdo en ello.



**Figura 5.8** Ser consciente de los beneficios que aportan los SUDS en la formación universitaria

El respeto a la naturaleza es algo imprescindible. Cada vez la contaminación es más alta y concienciar a nuestra sociedad para ayudar a combatirla es fundamental. Los SUDS pueden ayudar a desarrollar hábitos de conducta de respeto hacia la naturaleza. Como Ingenieros es nuestra labor conocer los peligros que pueden conllevar nuestra actividad y colaborar para mitigarlos. El 35% de los participantes están de acuerdo en ello.



**FIGURA 5.9** ¿Cree que el aprendizaje sobre los SUDS puede ayudarle a desarrollar hábitos de conducta de respeto a la naturaleza, tanto personales como en otros procesos relacionados con la ingeniería y la arquitectura?

## 5.2 COMPARACIÓN ENTRE RESULTADOS

En el cuestionario han participado 54 estudiantes y 19 profesores. El grado con mayores estudiantes encuestados ha sido el Grado de Ingeniería Civil con 18 alumnos seguido del Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos con 14. Los profesores que más han participado han sido de los del grado de Ingeniería Civil y de Ingeniería de Minas con 3 cada uno. Los 13 restantes están repartidos en el resto de las titulaciones.

En este apartado se expondrá la comparación entre respuestas de los alumnos y del personal docente a las mismas preguntas elegidas en el apartado anterior. También se comentarán los resultados de las dos titulaciones con más participación. Con el objetivo de comprobar cuáles son las opiniones, y si esas opiniones son parecidas o hay cierta discrepancia entre ellos.

Uno de los objetivos también era analizar las diferencias entre las dos universidades, Universidad de Oviedo y Universidad de Extremadura. Sin embargo, los resultados de los cuestionarios en la Universidad de Extremadura fueron de una cantidad mucho menor de lo esperado. Resultaría poco representativo intentar hacer la comparación entre dichas respuestas. En la Universidad de Oviedo han colaborado 66 personas frente a 7 de la Universidad de Extremadura.

### 5.2.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS PROFESOR/ALUMNO

La primera pregunta es sobre el conocimiento sobre los SUDS antes de realizar el cuestionario. El 76% de los alumnos encuestados ya disponían de información y eran conscientes de la existencia de los SUDS frente a un 95% del personal docente que ya estaban familiarizados con la temática.

Son bastantes los beneficios que aportan los SUDS a la formación universitaria. El 70,3% de los estudiantes están de acuerdo en que la formación al respecto es imprescindible mientras que el 80% del personal docente son conscientes del beneficio que aportan los SUDS a nuestra formación universitaria.

Actualmente, la sociedad no tiene apenas conocimiento sobre la existencia de los SUDS, ni mucho menos de los beneficios que pueden llegar a aportarnos. El 74% de los alumnos encuestados valora que la sociedad no está nada informada. El 95% del personal docente tiene el mismo criterio.

Respecto a la valoración de implementar los conocimientos de los SUDS dentro de las asignaturas ya existentes en sus respectivas titulaciones, el 65% de los estudiantes están de acuerdo en que es muy necesaria mientras que el 84% del personal docente también comparte esa idea.

¿Será adecuada la dotación de recursos existentes en España para la implementación de los SUDS? Las respuestas de los encuestados dictaminan que hay una inexistencia de los recursos y de la implementación de los mismos. En ello están de acuerdo el 60% y el 74% del personal docente.

Los SUDS tienden a ayudar al medioambiente y a los problemas de contaminación. El 65% de los estudiantes y el 69% del personal docente encuestado creen que el aprendizaje sobre los SUDS puede ayudar a desarrollar hábitos de conducta de respeto a la naturaleza, tanto personales como en otros procesos relacionados con la ingeniería y la arquitectura.

### 5.2.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS POR FORMACIÓN UNIVERSITARIA

La siguiente comparación será entre las opiniones de las dos formaciones universitarias con mayor tasa de respuestas. En primer lugar, se encuentra el grado de Ingeniería Civil con 29 respuestas y en segundo lugar se encuentra el Máster de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos con 23 respuestas.

En el conocimiento de los SUDS antes de realizar el cuestionario, un 95% de los participantes del Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos ya disponían de conocimientos al respecto, frente a un 81% de los de Ingeniería Civil.

El 73% de los participantes del Máster de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos y el 81% de los del Grado de Ingeniería Civil están de acuerdo en la importancia de ser consciente de los beneficios que aportan los SUDS en la formación universitaria.

Referidos a la pregunta sobre el grado en que la sociedad está informada sobre las técnicas de los SUDS, y sus beneficios. El 80% Máster y el 71% de los del Grado están de acuerdo en que la sociedad no está nada informada.

El 53% de los participantes del Máster y el 67% de los del Grado están de acuerdo de que es muy necesaria la implementación de conocimientos sobre los SUDS dentro de asignaturas ya existentes.

En este apartado hay algo más de discrepancia entre la valoración de la actual dotación de recursos existentes en España para la implementación de los SUDS. El 74% de los del Máster y el 57% de los del Grado creen en una inexistencia de recursos al respecto.

Respecto a la pregunta de si el aprendizaje sobre los SUDS puede ayudarle a desarrollar hábitos de conducta de respeto a la naturaleza, tanto personales como en otros procesos relacionados con la ingeniería y la arquitectura. El 40% de los participantes del máster y el 52% del grado opinan que están totalmente de acuerdo con esa afirmación.

En general todos los encuestados están de acuerdo en que se necesita una mejora en el sistema de implementación de los SUDS. Es importante dicha implementación tanto a nivel docente como profesional. Es importante enseñar a la sociedad su importancia, beneficios y cualidades. Por otra parte, una mejor preparación de los estudiantes universitarios al respecto sería también una buena medida debido a que la mayoría de las opiniones están de acuerdo en que es insuficiente la enseñanza al respecto de una tecnología tan beneficiosa que en un futuro será muy común encontrárnosla por todos lados. España debería ser uno de los países pioneros en la incorporación de estas medidas.



## 6. PLANIFICACIÓN Y PRESUPUESTO

A continuación, se presenta una descripción del tiempo empleado en las tareas realizadas para la elaboración de este proyecto, así como el presupuesto del mismo.

### 6.1 PLANIFICACIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

En este apartado se detalla la planificación y programación de tareas realizadas durante tres meses que concluyeron con la realización del presente Trabajo Fin de Grado. Se ha estimado que el tiempo invertido para la elaboración del proyecto fue de 300 horas correspondientes a jornadas semanales de 25 horas distribuidas en 5 horas diarias y en cinco días semanales. Los días trabajados se repartieron de la siguiente forma: 20 días en Marzo, 20 días en Abril y 20 días en Mayo.

Como se indicó al comienzo de este apartado la mayor parte de las tareas realizadas siguieron unas pautas comunes que se desglosan a continuación.

- a. Recopilación de información (30 h)
  - General-Introducción (5 h)
  - Fundamentos de los SUDS (10 h)
  - Tipos de SUDS (10 h)
  - Beneficios de los SUDS (5 h)
- b. Estudio y aprendizaje (100 h)
  - General-Introducción (10 h)
  - Fundamentos de los SUDS (20 h)
  - Tipos de SUDS (20 h)
  - Beneficios de los SUDS (15 h)
  - Búsqueda en SCOPUS (10)
  - Búsqueda de asignaturas (15)
  - Búsqueda de casos reales (10)
- c. Creación y análisis de los cuestionarios (75 h)
  - Creación de cuestionarios (40 h)
  - Envío de cuestionarios (5 h)
  - Análisis de cuestionarios (30 h)
- d. Redacción y maquetación (80 h)
  - Introducción-Índices-Referencias (10 h)
  - Fundamentos de los SUDS (20 h)
  - Tipos de SUDS (20 h)
  - Beneficios de los SUDS (15 h)
  - Búsqueda en SCOPUS (5 h)
  - Búsqueda de casos reales (5 h)
  - Búsqueda de asignaturas (5)
- e. Planificación y presupuesto (15)

A continuación, se refleja la distribución de tareas a lo largo de los tres meses de trabajo (Tabla 6.1).

Nombre de la tarea	Fecha de inicio	Fecha final	Duración (días)
1 Búsqueda de generador de cuestionarios	01/03/2018	01/03/2018	1
2 Comparación entre generadores de cuestionarios	02/03/2018	05/03/2018	2
3 Información sobre los SUDS	06/03/2018	06/03/2018	1
4 Estudio y aprendizaje de los SUDS	07/03/2018	12/03/2018	4
5 Realización de los cuestionarios	13/03/2018	20/03/2018	6
6 Recopilación de documentos en Scopus	21/03/2018	28/03/2018	6
7 Análisis de los documentos en Scopus	29/03/2018	30/03/2018	2
8 Recopilación de los resultados de los cuestionarios	02/04/2018	11/04/2018	6
9 Análisis de los resultados de los cuestionarios	12/04/2018	23/04/2018	8
10 Recopilación de información general	24/04/2018	30/04/2018	5
11 Búsqueda de casos reales	01/05/2018	01/05/2018	1
12 Estudio y aprendizaje de la información	02/05/2018	04/05/2018	3
13 Dar formato al documento	07/05/2018	11/05/2018	5
14 Búsqueda de asignaturas en la EPM	14/05/2018	16/05/2018	3
15 Búsqueda de asignaturas en la UNEX	17/05/2018	21/05/2018	3
16 Búsqueda de imágenes	22/05/2018	25/05/2018	4
17 Próximas líneas de investigación	28/05/2018	28/05/2018	1
18 Conclusiones	29/05/2018	29/05/2018	2
19 Planificación	30/05/2108	30/05/2018	1
20 Presupuesto	30/05/2018	31/05/2018	2

**TABLA 6.1 Planificación de tareas.**



## 6.2 PRESUPUESTO

El presente proyecto, redactado como Trabajo Fin de Grado, ha consistido en un estudio analítico y comparativo a partir de criterios y fundamentos exclusivamente técnicos y teóricos.

Si bien se utilizaron múltiples datos obtenidos a partir de ensayos específicos, estos fueron recogidos de la bibliografía manejada y por tanto no serán imputables gastos vinculados a la realización de ensayos.

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado la justificación del presupuesto de este trabajo se realiza considerando cuatro partidas, a saber:

La primera "INFORMÁTICA" engloba, por una parte, el hardware manejado, prácticamente amortizado, ya que la torre, pantalla e impresora-escaner son adquiridas en 2009 y el portátil en 2007 aproximadamente y por otra, el software objeto de valoración que consistió en el paquete Microsoft Office 2007 y el sistema operativo Windows 2007 de Microsoft.

La segunda se refiere al "MATERIAL FUNGIBLE" tal como papelería, cartuchos de tinta, fotocopias y encuadernación.

La tercera y fundamental son los "GASTOS DE PERSONAL" como consecuencia de las horas invertidas en la recopilación de información, en la lectura y aprendizaje, en la planificación, cálculos y análisis, en la redacción y maquetación, y en las sucesivas correcciones y mejoras.

La elaboración del proyecto se realizó durante tres meses invirtiendo unas 330 horas.

Finalmente, la cuarta partida son aquellos gastos que no encajaron en las tres partidas anteriores tales como adquisición de bibliografía, gastos de desplazamiento para tutorías, telefonía, etc.

### 6.2.1 CÁLCULO DE COSTES

A continuación, se desglosan los costes imputables a las partidas siguientes:

- INFORMÁTICA (HARDWARE y SOFTWARE)
- MATERIAL FUNGIBLE
- GASTOS DE PERSONAL
- OTROS GASTOS

#### 6.2.1.1 INFORMÁTICA

Para la estimación de costes se tendrá en cuenta todo el material informático utilizado y valorable. Se realizará a partir de la siguiente expresión:

$$C = C_A \cdot T_U \cdot U \cdot T_A \cdot 100$$

Donde:

C Coste imputable (€)

C<sub>A</sub> Coste de adquisición (€)

T<sub>U</sub> Tiempo estimado de uso (años)

T<sub>A</sub> Tiempo estimado de amortización (años)

U Utilización del equipo (%)

<b>HARDWARE</b>	$C_A$	$T_U$	$T_A$	U	C
SAMSUNG S24R350FHU 23.8" LED IPS FULLHD FREESYNC	120	4	10	30	14,4
Impresora multifunción HP Laser 137fnw	140	2	8	25	5,6
PORTÁTIL HP PAVILION NOTEBOOK 15-BC507NS	700	5	10	15	52,5
<b>COSTE DEL HARDWARE</b>					<b>72,5</b>

**TABLA 6.3 Coste del Hardware.**

<b>SOFTWARE</b>	$C_A$	$T_U$	$T_A$	U	C
WINDOWS 7 HOME PREMIUM	20	4	10	30	5
MS OFFICE 2019	600	5	10	25	90
<b>COSTE DEL SOFTWARE</b>					<b>90,5</b>

**TABLA 6.4 Coste del Software.**

### 6.2.1.2 MATERIAL FUNGIBLE

En esta partida se contemplan los gastos en papelería, tinta de impresora, fotocopias externas y encuadernación.

<b>MATERIAL FUNGIBLE</b>	Cantidad	Precio unitario	Coste
Papelería	1000	0,015	15
Fotocopias Color	500	0,16	80
Encuadernación	10	31	310
Cartuchos tinta HP 301	3	20	60
<b>COSTE DE MATERIAL FUNGIBLE</b>			<b>465 €</b>

**TABLA 6.5 Coste de material fungible.**

### 6.2.1.3 GASTOS DE PERSONAL

Es el coste derivado de la valoración del trabajo personal.

<b>GASTOS DE PERSONAL</b>	Coste unitario (€/h)	Tiempo invertido (h)	Coste
Recopilación de información	50	30	1500
Estudio y Aprendizaje	50	100	5000
Creación de Encuestas	50	75	3750
Redacción y Formato	50	80	4000
Correcciones y mejoras	50	15	750
<b>COSTE DE PERSONAL</b>			<b>15000 €</b>

**TABLA 6.6 Gastos de personal.**

#### 6.2.1.4 OTROS GASTOS

En esta partida se incorporan los gastos por adquisición de bibliografía, telefonía, transporte para acudir a tutorías y todos aquellos que no fueron incluidos con anterioridad se estima en **200 €**.

#### 6.2.2 COSTE TOTAL DEL PROYECTO

El coste total del proyecto será la suma de los costes justificados en las partidas anteriores a los que habrá que añadir un 10 % de beneficio industrial y el 21 % de IVA.

	<b>Coste (€)</b>
Informática. Coste del Hardware	72,5
Informática. Coste del Software	90,5
Coste de material fungible	465
Gastos de personal	15000
Otros gastos	200
<b>Coste bruto del proyecto</b>	<b>15828</b>
Beneficio Industrial (10%)	1582,8
<b>TOTAL</b>	<b>17410,8</b>
IVA (21 %)	3656,3
<b>Coste total del proyecto</b>	<b>21067,1</b>

TABLA 6.7 Coste total del proyecto.

En Mieres, Julio 2020

El ingeniero

Fdo: Pablo López Melgar



## 7. CONCLUSIONES

### 7.1 CONCLUSIONES

Los SUDS son elementos imprescindibles para nuestra sociedad. Es importante que se vayan conociendo poco a poco e incorporarlos para una mejor actuación contra la acción humana. Como se ha podido comprobar a lo largo de este documento, las ventajas y los beneficios de su utilización son muchas. Pese a eso todavía no se han podido implantar con éxito en lugares donde son necesarios. Hay muchos países los que son líderes en estas técnicas, dejando atrás los métodos convencionales que han demostrado una clara desventaja en comparación con los SUDS. España es un país con mucho potencial y que puede estar entre los países líderes en investigación y desarrollo.

Según el estudio realizado, muestra que los grados y másteres necesitan más asignaturas y más enfoque al respecto. Es fundamental que grados tan asociados a temas ecológicos y medioambientales posean las competencias necesarias para afrontar y desarrollar este tipo de problemas. Siendo posible la incorporación de más información en asignaturas ya existentes y la creación de nuevas asignaturas que ofrezcan dicha temática. Analizando la opinión de los encuestados, tanto de la Universidad de Oviedo como la de Extremadura, esta temática aporta muchos beneficios en la formación universitaria, la sociedad necesita estar más informada sobre las ventajas y beneficios del uso de estas técnicas. Los encuestados creen que la introducción de nuevas asignaturas al respecto es necesaria, sobre todo la incorporación de más documentación en las ya existentes. También están de acuerdo en que las habilidades adquiridas mediante la formación en los SUDS pueden ayudar a desarrollar hábitos de respeto a la naturaleza tanto personales como en otros procesos relacionados con la ingeniería.

Un punto para destacar es que nuestro planeta cada vez está más contaminado, sufre poco a poco un envenenamiento a consecuencia de la acción del ser humano. Cada año todo esto va a peor y problemas como las inundaciones van a ser cada vez más frecuentes. La sociedad ya está sufriendo consecuencias de dicha contaminación y si no se hace nada cada año supondrá un mayor problema. Los ríos y embalses se secarán y las ciudades estarán atormentadas por elevadas temperaturas. La fauna vegetal se reducirá poco a poco debido a las sequías y a la desertización de los terrenos. Las lluvias serán cada vez menos frecuentes, pero cuando ocurran tendrán mayor volumen y provocará inundaciones. Los SUDS son una solución para mitigar estos efectos. Pudiendo reducir temperaturas, mejorando los ecosistemas. Dando un mejor uso y provecho al agua que hasta ahora ha sido desperdiciada. Revegetando y mejorando los paisajes de las ciudades. Dando así una oportunidad a la lucha contra el cambio climático y a las sequías e inundaciones que sufren anualmente ciertas ciudades en España.

En mi opinión las técnicas SUDS es algo fundamental para nuestro progreso y disponer de más formación, documentación y aplicación es necesario para nuestro adecuado desarrollo.



## REFERENCIAS

- AA.VV. (1995). Preliminary Data Summary of Urban Stormwater Best Management Practices. Washington: US. Environmental Protection Agency.
- AA.VV. (2002). Water sensitive urban design (WSUD). Melbourne: Melbourne Water.
- AA.VV. (2007). Urban Stormwater Retrofit Practices. Center for Watershed Protection. Washington. D.C.: Office of Wastewater Management U.S. Environmental Protection Agency.
- AA.VV. (2009). Street Design Manual. New York: New York City Department of Transportation.
- AA.VV. (2010). The Oregon Raingarden Guide. Oregon: Oregon Sea Grant's watershed education.
- Acot, P. (1990). Historia de la ecología. Madrid: Taurus Ediciones S.A. • Agencia Catalana del Agua, Generalitat de Catalunya (2015). Guia per a la millora de la resiliència per fer front a les inundacions. España.
- Aguilar Fernández, S. (1997). El reto del medio ambiente: Conflictos e intereses en la Política. Madrid: Alianza Editorial.
- ALCAZAR, S.S. (2015). Efecto de las cubiertas ajardinadas sobre el microclima urbano de verano. Tesis Doctoral. Univ. Madrid.
- America's Prepare Athon. (2014) How to prepare for a flood.
- Aqua España. Guía de Aprovechamiento de Aguas Pluviales en la Edificación (2011). Barcelona: Asociación Española de Empresas de Tratamiento y Control de Aguas.
- Aqua España. Guía técnica española de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios (2012). Barcelona: Asociación Española de Empresas de Tratamiento y Control de Aguas.
- Asociación de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos y de la Ingeniería Civil (AIC) (2019). Las Obras y Servicios Públicos a Examen. España, Informe 2019. Accesible en: <http://ingenieria-civil.org/informe-2019/>. Consultado: 06/06/2020.
- Asociación Española de Abastecimiento de Aguas y Saneamiento (AEAS) (2016). XIV Estudio Nacional Suministro de agua potable y saneamiento en España. Resumen Ejecutivo.
- Asian Development Bank – ADB (2013). Investing in Resilience. Ensuring a Disaster-Resistant Future.
- Asian Development Bank – ADB (2016). Green solutions for livable cities. • Association of British Insurers (2005) – ABI. Flood resilient homes. What homeowners can do to reduce flood damage. • Bailey, R. (1996). Ecosystem geography. New York: Springer-Verlag.
- Bailey, T. (1998). Ecoregions, the ecosystem geography of the oceans and continents. New York: Springer-Verlag. • Balmforth, D.; Digman, C.; Kellagher, R. y Butler, D. (2006) "Designing for exceedance in urban drainage: good practice". CIRIA, London: CIRIA. Publication C635.
- Ballester-Olmos, J.F., Peris-García, P.P., Perales-Momparler, S., Andrés-Doménech, I., Escuder-Bueno, I. (2015): El agua en Benaguasil. Un viaje en el tiempo. Ajuntament de Benaguasil, España. ISBN: 978-84-606-9596-7.
- Bannerman, R.; Considine, E. (2003). Rain gardens. Wisconsin: Wisconsin Department of Natural Resources.
- Bayon, Joseba R.; Rodríguez Hernández, J. y Castro Fresno, D. (2005) "Previous pavement research in Spain" Proceedings of the Third Nacional Conference on Sustainable Drainage Coventry University, Coventry, England.
- Beck, J., & Richardson, E. (1997). Tourism education directory 1998. Sydney, Australia: New Hobson Press.
- Busby, G. (2003). Tourism degree internships: A longitudinal study. Journal of Vocational Education & Training, 55(3), 319–334. doi:10.1080/13636820300200232
- Checa, S.M.(2018). Guía Básica de Diseño de Sistemas de Gestión Sostenible de Aguas Pluviales en Zonas Verdes y otros Espacios Libres. Universidad Politécnica de Madrid (UPM).
- Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (CICCP) (2019). Monográfico "Consolidando el drenaje sostenible en España". Revista de Obras Públicas 3607. Madrid, España.
- Eraut, M. (1994). Developing professional knowledge and competence. London, UK: Falmer Press
- Erickson, J.A.(2019).Survey of Stormwater BMP Maintenance Practices. Southern Illinois University Carbondale.

- Han, H. (2014). The norm activation model and theory-broadening: Individuals' decision-making on environmentally responsible convention attendance. *Journal of Environmental Psychology*, 40, 462-471.
- Han, H. (2015). Travelers' pro-environmental behavior in a green lodging context: Converging value-belief-norm theory and the theory of planned behavior. *Tourism Management*, 47, 164-177.
- Harrison, R., Newholm, T., & Shaw, D. (Eds.). (2005). *The ethical consumer*. Sage.
- Laidlaw, J. (2002). For an anthropology of ethics and freedom. *Journal of the Royal Anthropological Institute*, 8(2), 311-332.
- Landon, A.C.; Kyle, G.T.; Kaiser, R. A. An augmented norm activation model: The case of university students. *Society & natural resources*, 2017, vol. 30, no 8, p. 903-918.
- Melville-Shreeve, P.(2017). State of SUDS delivery in the United Kingdom. *Water and Environment Journal*
- Ministerio para la Transición Ecológica (2019) .Guías de adaptación al riesgo de inundación: Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible. Gobierno de España
- Naciones Unidas (2020). 11 Ciudades y comunidades sostenibles. Objetivos de desarrollo sostenible. Accesible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>. Consultado: 06/06/2020.
- O'Mahony, G. B., McWilliams, A. M., & Whitelaw, P. A. (2001). Why students choose to enroll in a hospitality degree course: An Australian case study. *The Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*, 42(1), 92–96. Naciones Unidas (2020). 11 Ciudades y comunidades sostenibles. Objetivos de desarrollo sostenible. Accesible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>. Consultado: 06/06/2020.
- Perales, M.S, Calcerrada, R.E, Beltrán P.I. (2019). *Básica de Diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible para el Término Municipal de Castellón de la Plana*. Ayuntamiento de Castellón de la Plana.
- Perales, S. (2019). Consolidando el drenaje sostenible en España. ROP
- Robina, R.R, Amelio, M.J.(2019) .Transforming students environmental attitudes in schools though external communities. *Journal of Cleaner Production*.
- Sañudo-Fontaneda, L.A., Bobina,R.R. (2018). Human Aspects of Water Management at Impoverished Settlements. The Case of Doornkop, Soweto. MDPI
- Sañudo-Fontaneda, L.A., Bobina,R.R. (2019). Bringing community perceptions into sustainable urban drainage systems: The experience of Extremadura, Spain. ELSEVIER.
- Schwartz, S. H. (1973). Normative explanations of helping behavior: A critique, proposal, and empirical test. *Journal of Experimental Social Psychology*, 9(4), 349-364.
- Schwartz, S. H. (1977). Normative influences on altruism. *Advances in experimental social psychology*, 10(1), 221-279.
- Schwartz, S. H., & Howard, J. A. (1981). A normative decision-making model of altruism. *Altruism and helping behavior*, 189-211.
- Smoker D. (2015). How can we make SUDS work?. ICE SUDS Survey
- Teichler, U. (1992). Occupation structures and higher education. In B. Clark & G. Neave (Eds.), *The encyclopedia of higher education*. Oxford, UK: Pergamon Press
- United Nations (2019). The 2019 Revision of World Population Prospects. Department of Economic and Social Affairs. Population Dynamics. Accesible en: <https://population.un.org/wpp/>. Consultado: 06/06/2020.
- Urban Water Journal. (2014). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. Research Article. - Valter Amaral.(2016). A creative collaboration between the science of ecosystem restoration and art for sustainable stormwater management on an urban college campus. Opinion Article
- Valls, D.P.(2017). Técnicos municipales y SUDS ¿En contra o a favor?. Línea temática M.
- Jato-Espino, D.; Sañudo-Fontaneda, L.A.; Andrés-Valeri, V.C. (2017). Green Infrastructure: Cost-Effective Nature-Based Solutions for Safeguarding the Environment and Protecting Human Health and Well-Being. Capítulo de libro en *Handbook of Environmental Materials Management*. Editorial Springer International Publishing, Suiza.
- Woods-Ballard, B.; Wilson, S.; Udale-Clark, H.; Illman, S.; Ashley, R; Kellagher, R. (2015). *The SuDS manual, CIRIA 753*. CIRIA, Londres, Reino Unido.



Universidad de Oviedo  
*Universidá d'Uviéu*  
*University of Oviedo*



# **UNIVERSIDAD DE OVIEDO**

**ESCUELA POLITÉCNICA DE MIERES**

**GRADO EN INGENIERÍA DE LOS RECURSOS MINEROS Y ENERGÉTICOS**

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

**ÁREA DE INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**

# **ESTUDIO TÉCNICO SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS SUDS EN ESPAÑA**

**DOCUMENTO DE ANEXOS**

**ANEXOS**  
**ASIGNATURAS DEL GRADO DE INGENIERÍA DE LOS RECURSOS MINEROS Y ENERGÉTICOS**

<b>NOMBRE</b>	<b>CURSO</b>	<b>TITULACIÓN</b>	<b>UNIVERSIDAD</b>	<b>SUDS</b>
<b>CÁLCULO</b>	1	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>ALGEBRA LINEAL</b>	1	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>EMPRESA</b>	1	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>INFORMÁTICA</b>	1	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>MECÁNICA Y TERMODINÁMICA</b>	1	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>ESTADÍSTICA</b>	1	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>ONDAS Y ELECTROMAGNETISMO</b>	1	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>EXPRESIÓN GRÁFICA</b>	1	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>QUÍMICA</b>	1	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>MÉTODOS NUMÉRICOS</b>	1	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>AMPLIACIÓN DE CÁLCULO</b>	2	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>TECNOLOGÍA ELÉCTRICA Y TEORÍA DE CIRCUITOS</b>	2	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No

<b>RESISTENCIA DE MATERIALES Y TEORÍA DE ESTRUCTURAS</b>	2	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>GEOLOGÍA</b>	2	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>MECÁNICA DE FLUIDOS E HIDRÁULICA</b>	2	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>TOPOGRAFÍA</b>	2	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>MECÁNICA DE ROCAS Y SUELOS</b>	2	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>CIENCIA DE LOS MATERIALES</b>	2	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>INGENIERÍA TÉRMICA</b>	2	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN</b>	3	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>TRANSMISIÓN DE CALOR Y MÁQUINAS TÉRMICAS</b>	3	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>FUNDAMENTOS DE MÁQUINAS Y MANTENIMIENTO</b>	3	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>CONSTRUCCIÓN</b>	3	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	Si
<b>PROYECTOS</b>	4	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>SEGURIDAD E INGENIERÍA DEL MEDIOAMBIENTE</b>	4	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No

## ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN ACADÉMICA DE LOS SUDS EN ESPAÑA

Pablo López Melgar

<b>MAQUINARIA DE CONSTRUCCIÓN</b>	4	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>OBRAS HIDRÁULICAS</b>	4	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>TECNOLOGÍA DEL LABOREO DE MINAS</b>	3	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>OBRAS A CIELO ABIERTO Y MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>	3	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>TECNOLOGÍA DE EXPLOSIVOS</b>	3	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>TECNOLOGÍA MINERALURGICA</b>	3	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>INGENIERÍA GEOTÉCNICA</b>	3	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>TECNOLOGÍA DE SONDEOS</b>	3	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>MINERALURGIA DE CONSTRUCCIÓN Y DEL RECICLAJE</b>	4	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>OBRAS SUBTERRÁNEAS EN MINERÍA Y OBRA CIVIL</b>	4	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>PROSPECCIÓN DE RECURSOS MINEROS</b>	4	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>HIDROGEOLOGÍA MINERA Y AMBIENTAL</b>	4	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>INGENIERÍA DE LOS MATERIALES, ENSAYOS Y CONTROL</b>	3	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No

<b>METALURGIA</b>	3	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>MATERIALES POLIMÉRICOS Y COMPUESTOS</b>	3	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>MATERIALES CERÁMICOS Y REFRACTARIOS</b>	3	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>MATERIALES METÁLICOS</b>	3	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>SIDERURGIA</b>	4	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN</b>	4	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>INGENIERÍA DE SUPERFICIES Y TECNOLOGÍAS DE UNIÓN</b>	4	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>RECURSOS ENERGÉTICOS</b>	3	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>GENERACIÓN, TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA</b>	3	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>CENTRALES TERMOELÉCTRICAS</b>	3	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>MÁQUINAS ELÉCTRICAS</b>	3	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>INGENIERÍA NUCLEAR</b>	3	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>TRANSPORTE, USO Y SEGURIDAD DE LOS EXPLOSIVOS</b>	4	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>CENTRALES HIDRÁULICAS, EÓLICAS Y MARINAS</b>	4	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>TECNOLOGÍA NUCLEAR Y PROTECCIÓN RADIOLÓGICA</b>	4	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No

<b>TECNOLOGÍA ENERGÉTICA SOSTENIBLE Y EFICIENCIA</b>	4	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>INVESTIGACIÓN Y EVALUACIÓN DE RECURSOS</b>	3	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>PROSPECCIÓN GEOFÍSICA</b>	3	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA-MINERA Y SIG</b>	3	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS</b>	4	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA</b>	4	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>INGENIERÍA GEOLÓGICA AMBIENTAL</b>	4	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No
<b>INVESTIGACIÓN Y GESTIÓN DEL SUBSUELO</b>	4	Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos	Universidad de Oviedo	No

TABLA 4.1 Asignaturas Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos.

**ASIGNATURAS DEL GRADO DE INGENIERÍA CIVIL**

<b>NOMBRE</b>	<b>CURSO</b>	<b>TITULACIÓN</b>	<b>UNIVERSIDAD</b>	<b>SUDS</b>
<b>CÁLCULO</b>	1	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	No
<b>ALGEBRA LINEAL</b>	1	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	No
<b>EMPRESA</b>	1	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	No
<b>INFORMÁTICA</b>	1	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	No
<b>MECÁNICA Y TERMODINÁMICA</b>	1	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	No
<b>ESTADÍSTICA</b>	1	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	No
<b>ONDAS Y ELECTROMAGNETISMO</b>	1	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	No
<b>EXPRESIÓN GRÁFICA</b>	1	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	No
<b>QUÍMICA</b>	1	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	No
<b>MÉTODOS NUMÉRICOS</b>	1	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	No
<b>MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN</b>	2	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	No
<b>GEOLOGÍA</b>	2	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	No
<b>TECNOLOGÍA ELÉCTRICA</b>	2	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	No
<b>RESISTENCIA DE MATERIALES</b>	2	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	No
<b>HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA</b>	2	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	No
<b>TOPOGRAFÍA</b>	2	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	No
<b>HISTORIA DE LA INGENIERÍA CIVIL</b>	2	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	Si
<b>MECÁNICA DE ROCAS Y SUELOS</b>	2	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	No
<b>CÁLCULO DE ESTRUCTURAS</b>	2	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	No
<b>PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN</b>	2	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	No
<b>MAQUINARIA DE CONSTRUCCIÓN</b>	2	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	No
<b>SEGURIDAD Y SALUD EN LA OBRA CIVIL</b>	2	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	No

<b>SISTEMA DE ABASTECIMIENTO Y SANEAMIENTO</b>	3	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	No
<b>OBRAS GEOTÉCNICAS</b>	3	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	No
<b>ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN</b>	3	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	No
<b>HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA</b>	3	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	No
<b>OBRAS HIDRÁULICAS</b>	3	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	No
<b>ECOLOGÍA E IMPACTO AMBIENTAL</b>	3	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	No
<b>SERVICIOS URBANOS Y MEDIOAMBIENTALES</b>	3	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	Si
<b>ESTRUCTURAS METÁLICAS</b>	3	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	No
<b>CAMINOS</b>	3	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	Si
<b>PROYECTOS</b>	4	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	No
<b>SISTEMAS DE DEPURACIÓN</b>	4	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	No
<b>SISTEMAS ENERGÉTICOS</b>	4	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	No
<b>FERROCARRILES</b>	4	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	No
<b>EDIFICACIÓN</b>	4	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	Si
<b>OBRAS MARÍTIMAS</b>	4	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	No
<b>GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS</b>	4	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	No
<b>HORMIGÓN PRETENSADO Y PREFABRICACIÓN</b>	4	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	Si
<b>URBANISMO</b>	4	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	No
<b>TFG</b>	4	Ingeniería Civil	Universidad de Oviedo	Si

TABLA 4.2 Asignaturas Ingeniería Civil.

<b>NOMBRE</b>	<b>Curso</b>	<b>Titulación</b>	<b>Universidad</b>	<b>SUDS</b>
<b>ECOLOGÍA E IMPACTO MEDIO AMBIENTAL</b>	1	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Universidad de Oviedo	No
<b>SERVICIOS URBANOS Y MEDIOAMBIENTALES</b>	1	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Universidad de Oviedo	No
<b>SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO Y SANEAMIENTO</b>	1	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Universidad de Oviedo	No
<b>PROYECTOS</b>	1	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Universidad de Oviedo	No
<b>SISTEMAS ENERGÉTICOS Y APROVECHAMIENTOS HIDRÁULICOS</b>	1	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Universidad de Oviedo	No
<b>EDIFICACIÓN</b>	1	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Universidad de Oviedo	No
<b>CALCULO NUMÉRICO AVANZADO</b>	1	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Universidad de Oviedo	No
<b>MODELIZACIÓN MATEMÁTICA</b>	1	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Universidad de Oviedo	No
<b>MECÁNICA DE MEDIOS CONTINUOS</b>	1	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Universidad de Oviedo	No
<b>MATERIALES DE MEDIOS CONTINUOS</b>	1	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Universidad de Oviedo	No
<b>MATERIALES EN OBRA CIVIL</b>	1	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Universidad de Oviedo	No
<b>CIMENTACIONES</b>	1	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Universidad de Oviedo	No
<b>TÚNELES Y OBRAS DE CONTENCIÓN</b>	1	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Universidad de Oviedo	No
<b>CÁLCULO AVANZADO DE ESTRUCTURAS</b>	1	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Universidad de Oviedo	No
<b>ESTRUCTURAS Y EDIFICACIONES DE OBRA CIVIL</b>	1	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Universidad de Oviedo	Si
<b>AMPLIACIÓN DE OBRAS HIDRÁULICAS E HIDROLOGÍA</b>	1	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Universidad de Oviedo	No
<b>RESIDUOS Y TERRENOS CONTAMINADOS</b>	1	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Universidad de Oviedo	No
<b>INGENIERÍA DEL TRANSPORTE</b>	1	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Universidad de Oviedo	No
<b>CARTOGRAFÍA DIGITAL, URBANISMO Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO</b>	1	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Universidad de Oviedo	Si
<b>PUERTOS Y COSTAS</b>	1	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Universidad de Oviedo	No

<b>DIRECCIÓN DE PROYECTOS</b>	1	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Universidad de Oviedo	No
<b>PUNTES</b>	2	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Universidad de Oviedo	No
<b>INGENIERÍA SANITARIA</b>	2	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Universidad de Oviedo	No
<b>PLANIFICACIÓN, GESTIÓN Y EXPLOTACIÓN DE INFRAESTRUCTURA</b>	2	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Universidad de Oviedo	No
<b>MODELIZACIÓN NUMÉRICA DE FLUJO Y TRANSPORTE EN MEDIO POROSO</b>	2	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Universidad de Oviedo	No
<b>EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO DE OBRAS HIDRÁULICAS</b>	2	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Universidad de Oviedo	No
<b>SISTEMAS AVANZADOS Y SOSTENIBILIDAD EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS</b>	2	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Universidad de Oviedo	No
<b>GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS</b>	2	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Universidad de Oviedo	No
<b>COMPORTAMIENTO EN SERVICIO Y ANÁLISIS DE FALLO</b>	2	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Universidad de Oviedo	No
<b>ANÁLISIS DINÁMICO Y SÍSMICO DE ESTRUCTURAS</b>	2	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Universidad de Oviedo	No
<b>ESTRUCTURAS MIXTAS</b>	2	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Universidad de Oviedo	No
<b>INGENIERÍA DE LA CALIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN</b>	2	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Universidad de Oviedo	No
<b>INGENIERÍA DEL VIENTO</b>	2	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Universidad de Oviedo	No
<b>INGENIERÍA DEL TERRENO</b>	2	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Universidad de Oviedo	No
<b>INSTRUMENTACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA OBRA CIVIL</b>	2	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Universidad de Oviedo	No
<b>TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS EN OBRA CIVIL</b>	2	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Universidad de Oviedo	No
<b>TFM</b>	2	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Universidad de Oviedo	Si

TABLA 4.3 Asignaturas Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos