

Incorporación de drenaje sustentable en planes y proyectos Urbanos de Uruguay

Master of Science in Water and Sustainable Development
Programa de Posgrado en Agua y Desarrollo Sostenible

Juan Pablo Martínez

Abril de 2025



Incorporación de drenaje sustentable en planes y proyectos Urbanos de Uruguay

Tesis de Maestría
de
Juan Pablo Martínez
CI3.919.468-8

Supervisor
Ing. Msc. PhD Árlex Sánchez
Ing. Msc. Pablo Kok

Mentores
Ing. Msc. Alejandra Szabo

Examination Committee
Hector Garcia
María Mena
Franz Rojas

Esta investigación se realiza para el cumplimiento parcial de los requisitos del título de la Maestría en Agua y Desarrollo Sostenible de la Universidad Tecnológica del Uruguay (UTEC) en colaboración IHE Delft Institute for Water Education, Delft, Países Bajos

ITR Centro Sur, Durazno
15/04/2025

Declaración de Autoría

Yo, Juan Pablo Martínez Penadés, CI 3.919.468-8, declaro bajo juramento que el presente trabajo titulado " Incorporación de drenaje sustentable en planes y proyectos Urbanos de Uruguay" es de mi exclusiva autoría. Afirmo que ha sido elaborado íntegramente por mí y que todas las fuentes de información utilizadas, ya sean citadas textualmente o empleadas como base para el desarrollo del contenido, se encuentran debidamente referenciadas en el cuerpo del trabajo y han sido incluidas en la Lista de Referencias Bibliográficas.

Firmo la presente en conformidad, asumiendo plena responsabilidad por la veracidad de lo declarado.

Montevideo, 15 de abril de 2025



Juan Pablo Martínez Penadés

Aunque el autor y la UTEC han hecho todos los esfuerzos para asegurar que la información en esta tesis fuera correcta al momento de su publicación, el autor y la UTEC no asumen y por la presente renuncian a cualquier responsabilidad ante cualquier parte por cualquier pérdida, daño o interrupción causada por errores u omisiones, ya sean dichos errores u omisiones resultado de negligencia, accidente o cualquier otra causa.

© Juan Pablo Martínez Marzo 2025

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



Resumen

Esta tesis aborda la incorporación de sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) en Uruguay, en un contexto donde las inundaciones causadas por deficiencias en el drenaje pluvial generan pérdidas económicas significativas, estimadas en 211 millones de dólares anuales, lo que equivale al 0,3% del PIB del país. Estas inundaciones afectan entre el 2% y el 4% de la población de cada departamento, con un impacto mayor en los grupos más vulnerables, problemática que se espera que se agrave debido al cambio climático y la expansión urbana.

A nivel internacional, los SUDS han demostrado ser herramientas efectivas no solo para mitigar inundaciones, sino también para ofrecer cobeneficios, como mejoras en la calidad del agua y la creación de espacios verdes. Sin embargo, su implementación enfrenta barreras técnicas, normativas y socioeconómicas, incluso en países donde ya han sido integrados en la planificación urbana. En Uruguay, el Plan Nacional de Aguas Pluviales Urbanas (PNAPU) resalta la necesidad de actualizar la normativa para fomentar la adopción de SUDS, especialmente por actores privados.

El objetivo de esta tesis es proponer lineamientos para promover la implementación de SUDS por privados en Uruguay. Para ello, se analiza el contexto internacional y nacional, se revisa la normativa vigente y se toma como caso de estudio la ciudad de Montevideo, evaluando cómo la normativa local ha influido en la adopción de estos dispositivos y su impacto en la inversión privada en SUDS.

El análisis muestra que en Uruguay hay un contexto favorable a la implementación de SUDS. Entre 2008 y 2022, la proporción de intendencias que incluyen SUDS en sus sistemas de drenaje público pasó del 21% al 58%. Sin embargo, solo cuatro intendencias han implementado normativas que exigen a los privados incorporar SUDS al superar ciertos límites de impermeabilización.

En Montevideo, la normativa local ha incentivado la adopción de SUDS en proyectos privados. Estas iniciativas representan una inversión privada anual estimada en USD 2.2 millones, equivalente al 14% de la inversión pública en drenaje pluvial. A pesar de estos avances, se identifican desafíos importantes, como la limitada adopción de dispositivos innovadores, por ejemplo, pavimentos permeables, debido a restricciones técnicas y de conocimiento.

A partir de estos hallazgos, se proponen lineamientos para la modificación de la normativa nacional y departamental de modo de fomentar la integración de SUDS en las ciudades. También se sugiere la elaboración de guías técnicas que orienten tanto a privados como a instituciones públicas en la implementación efectiva de estos sistemas.

En conclusión, la implementación de SUDS en Uruguay tiene un potencial transformador para enfrentar los desafíos asociados al cambio climático y el aumento del área urbanizada. Este trabajo constituye un aporte clave para avanzar hacia una gestión hídrica urbana sostenible, pero su éxito dependerá de un enfoque interdisciplinario que integre aspectos técnicos, sociales y normativos, tal como lo plantean experiencias internacionales exitosas.

Palabras Clave

Drenaje sustentable, SUDS, Aguas Pluviales Urbanas, Inundaciones urbanas, Normativa SUDS, Soluciones Basadas en la Naturaleza.

Abstract

This thesis addresses the incorporation of Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) in Uruguay, in a context where floods caused by deficiencies in stormwater drainage result in significant economic losses, estimated at 211 million dollars annually, equivalent to 0.3% of the country's GDP. These floods affect between 2% and 4% of the population in each department, with a greater impact on the most vulnerable groups—a problem expected to worsen due to climate change and urban expansion.

Internationally, SUDS have proven to be effective tools not only for mitigating floods but also for offering co-benefits such as improved water quality and the creation of green spaces. However, their implementation faces technical, regulatory, and socio-economic barriers, even in countries where they have already been integrated into urban planning. In Uruguay, the National Urban Stormwater Plan highlights the need to update regulations to promote the adoption of SUDS, especially by private actors.

The objective of this thesis is to propose guidelines to encourage the implementation of SUDS by private entities in Uruguay. To achieve this, the international and national context is analyzed, current regulations are reviewed, and Montevideo is taken as a case study to evaluate how local regulations have influenced the adoption of these systems and their impact on private investment.

The analysis shows that Uruguay has a favorable context for the implementation of SUDS. Between 2008 and 2022, the proportion of departments incorporating SUDS into their public drainage systems increased from 21% to 58%. However, only four municipalities have implemented regulations requiring private entities to incorporate SUDS when exceeding certain impermeability thresholds.

In Montevideo, local regulations have encouraged the adoption of SUDS in private projects. These initiatives represent an estimated annual private investment of USD 2.2 million, equivalent to 14% of public investment in stormwater drainage. Despite these advances, significant challenges remain, such as the limited adoption of innovative devices—e.g., permeable pavements—due to technical and knowledge-related constraints.

Based on these findings, guidelines are proposed for modifying national and departmental regulations to foster the integration of SUDS into cities. Additionally, the development of technical guidelines is suggested to assist both private and public institutions in the effective implementation of these systems.

The implementation of SUDS in Uruguay has the potential to transform urban water management to address challenges associated with climate change and urbanization. This work represents a key contribution to advancing sustainable urban water management, but its success will depend on an interdisciplinary approach that integrates technical, social, and regulatory aspects.

Keywords

Sustainable Drainage, SUDS, Urban Stormwater, Urban Flooding, SUDS Policy, Nature-Based Solutions.

Agradecimientos

Quisiera agradecer a un conjunto de instituciones y personas sin las cuales no hubiese sido posible realizar esta tesis:

A UTEC e IHE-Delft por haberse animado a implementar en Durazno-Uruguay un plan de estudios internacional de este nivel. Al Ministerio de Ambiente que permitió que un grupo de compañeros pudiésemos participar. A la ANII que confió en la propuesta y apoyó financieramente la elaboración de esta tesis. A la Intendencia de Montevideo por compartir los datos necesarios para llevar adelante la investigación.

A los docentes, que desde distintos lugares del mundo compartieron sus conocimientos y experiencia. A Héctor García, Alejandra Szabo, y a través suyo a todo el equipo de UTEC. Su calidez y confianza demuestran que hay formas cálidas y amables de impartir clases en ingeniería. A mis compañeros de generación, que espalda con espalda nos sostuvimos y disfrutamos del proceso.

A Pablo Kok y Arlex Sánchez por su apoyo y orientación.

A Adriana Piperno, Matilde Saravia, Marcos Lisboa, Elizabeth Acuña y Analía Gandolfi por los aportes, comentarios y correcciones.

A mis compañeros de la División de Inundaciones y Drenaje Urbano de Dinagua y en especial a Adriana por impulsarme y apoyarme en el proceso. ¡Cuánto más divertido es trabajar con ustedes!

A mi familia, por el cariño. Y en especial a Bettina, porque cuando todo está gris sabe cómo levantarme el ánimo.

Tabla de Contenidos

Resumen	1
Palabras Clave	2
Abstract	3
Keywords	4
Agradecimientos.....	5
Tabla de Contenidos	6
Lista de Figuras	8
Lista de Tablas.....	9
Abreviaturas.....	10
Capítulo 1. Introducción	11
1.1 Contexto.....	11
1.2 Planteamiento del problema	13
1.3 Objetivos.....	13
Capítulo 2. Revisión de literatura	14
2.1 Sistemas de drenaje sustentable	14
2.2 Dispositivos SUDS	15
2.3 Funciones, beneficios y cobeneficios	19
2.4 Obstáculos a la implementación de SUDS	21
2.5 Metodologías para evaluar el avance en la incorporación de SUDS	22
2.6 Normativa que fomenta SUDS en otros países.....	23
2.7 Estudios sobre SUDS en Uruguay	24
2.8 Reflexiones sobre la revisión bibliográfica	26
Capítulo 3. Metodología.....	28
3.1 Estado del arte y análisis del contexto	31
3.2 Análisis de normativa nacional y departamental	34
3.3 Análisis de proyectos con SUDS en caso de estudio Montevideo	35
3.4 Barreras y oportunidades para la implementación de SUDS y elaboración de propuestas.....	38

Capítulo 4. Resultados obtenidos	40
4.1 Estado del arte en la inclusión de SUDS en Uruguay	40
4.1.1 Consideración de SUDS por investigadores y profesionales del sector	40
4.1.2 Incorporación de dispositivos SUDS en obras públicas de drenaje pluvial.....	41
4.2 SUDS en normativa nacional y departamental	42
4.2.1 Competencias	43
4.2.2 Normativa nacional sobre aguas, ambiente, cambio climático y ordenamiento territorial.....	43
4.2.3 Instrumentos de ordenamiento territorial	46
4.2.4 Análisis temporal de incorporación de drenaje pluvial y SUDs en IOTs	54
4.2.5 Normativa de Montevideo	54
4.3 Dispositivos SUDS en proyectos privados de Montevideo	57
4.3.1 Tipos de dispositivos implementados	57
4.3.2 Evolución temporal y vinculación con cambios en normativa	59
4.3.3 Estimación de costos por dispositivo e inversión total realizada por privados.....	60
4.3.4 Distribución espacial de dispositivos SUDS privados	62
4.3.5 Impactos de la normativa de Montevideo en la implementación de dispositivos SUDS por parte de privados.....	69
4.4 Barreras y oportunidades sobre modificación de normativa	70
Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones.....	75
5.1 Resumen de resultados	75
5.2 Implicancias.....	78
5.3 Limitaciones	78
5.4 Recomendaciones	78
5.5 Reflexión final	79
Capítulo 6. Bibliografía.....	80
Capítulo 7. Anexos.....	85
Apéndice A. Ponencias en congresos nacionales de ingeniería.	85
Apéndice B. Variables consideradas en análisis de SUDS realizados por privados en Montevideo.	87

Lista de Figuras

Figura 1 Pilares conceptuales de SUDS. Adaptado de Woods Ballard et al. (2015) en FADU-UdelaR (2021).	15
Figura 2 Laguna de retención con espejo de agua permanente, Parque Dionisio, Treinta y Tres.	15
Figura 3 Laguna de retención sin espejo de agua permanente, Ruta Interbalnearia y Cno. Los Horneros, Canelones.	15
Figura 4 Cuneta amortiguadora, Ciudad de la Costa, Canelones.	16
Figura 5 Pavimento permeable, Facultad de Ingeniería UdelaR, Montevideo.	16
Figura 6 Estanque de retención subterráneo Liceo 26, Montevideo (Fuente: Intendencia de Montevideo).	16
Figura 7 Plaza sobre tanque de retención subterráneo, Montevideo (Fuente: Intendencia de Montevideo).	16
Figura 8 Techo verde, Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República, Montevideo.	16
Figura 9 Jardín de lluvia, Avda. Luis Alberto de herrera, Montevideo.	16
Figura 10 Funciones de los dispositivos en relación a las aguas pluviales urbanas (FADU-UdelaR, 2021)	19
Figura 11 Beneficios de dispositivos verdes y SUDS(Center for Neighborhood Technology, 2020).	20
Figura 12 Esquema simplificado de metodología	28
Figura 13 Esquema detallado de metodología	30
Figura 14 Esquema de revisión de literatura	32
Figura 15 Evolución temporal de cantidad de ponencias en congresos nacionales de ingeniería según temática	41
Figura 16 Línea de tiempo sobre normativa nacional de aguas, ambiente y ordenamiento territorial relacionada con gestión de aguas pluviales y SUDS.	44
Figura 17 Evolución temporal de cantidad de instrumentos de ordenamiento territorial aprobados que incluyen limitaciones a impermeabilización de suelo y SUDS en Uruguay....	54
Figura 18 Cantidad de dispositivos SUDS implementados por privados en Montevideo según tipo.	57
Figura 19 Evolución temporal de dispositivos SUDS implementados por privados en Montevideo y su vinculación con la aprobación de normativa discriminados por tipo	59
Figura 20 Evolución temporal de dispositivos SUDS implementados por privados en Montevideo y su vinculación con la aprobación de normativa discriminados por categoría de suelo.	60
Figura 21 Ubicación de padrones con medidas SUDS implementadas por privados y zonas inundables de Montevideo según PDSUM.	63
Figura 22 Ubicación de padrones con medidas SUDS implementadas por privados y cuencas de Montevideo.	64
Figura 23 Tipología de dispositivos SUDS implementadas por privados y zonas inundables de Montevideo según PDSUM.	66
Figura 24 Tipología de dispositivos SUDS implementadas por privados y zonas inundables de Montevideo según PDSUM (área céntrica).	67
Figura 25 Tipología de dispositivos SUDS implementadas por privados y sistema de saneamiento unitario, mixto y separativo.	68

Lista de Tablas

Tabla 1 Clasificación de dispositivos según distintos autores.	18
Tabla 2 Categorías utilizadas para la sistematización de entrevistas a informantes calificados sobre incorporación de SUDS en sistema de drenaje público.....	33
Tabla 3 Categorías utilizadas para la sistematización de información de IOTs.....	35
Tabla 4 Utilización de dispositivos SUDS en obras públicas de drenaje pluvial según encuestas realizadas en 2008 y 2022	42
Tabla 5 Normativa nacional de aguas, ambiente y ordenamiento territorial y relación con gestión de aguas pluviales y SUDS.	45
Tabla 6 Instrumentos de Ordenamiento Territorial y sus características. Adaptado de Saravia (2017)	47
Tabla 7 Categorías de suelo y FOSV propuesto según Ordenanza de Construcción de Canelones.	51
Tabla 8 Parámetros típicos de impermeabilización máxima autorizadas según categoría de suelo en instrumentos de ordenamiento territorial de Uruguay	51
Tabla 9 Cantidad de dispositivos SUDS implementados por privados en Montevideo según tipo	58
Tabla 10 Costos de Medidas de Control de Escurrimientos ejecutadas por privados en Montevideo.....	61
Tabla 11 Cantidad de permisos, área controlada e inversión en SUDS realizada por privados en Montevideo.....	62
Tabla 12 Cantidad de padrones y área gestionada por cuenca.	65
Tabla 13 Resumen de lineamientos para modificación de normativa.	77
Tabla 14 Ponencias relacionadas con drenaje pluvial urbano en ponencias del congreso de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria.....	85
Tabla 15 Campos con información para sistematización de SUDS en Montevideo. Datos de proyecto.	87
Tabla 16 Campos con información para sistematización de SUDS en Montevideo. Datos de dispositivo.	89
Tabla 17 Campos con información para sistematización de SUDS en Montevideo. Datos de padrón.....	90

Abreviaturas

CIRIA - Construction Industry Research and Information Association

Dinagua – Dirección Nacional de Aguas del Ministerio de Ambiente de Uruguay

IDU – División de Inundaciones y Drenaje Urbano de Dinagua

IMM – Intendencia de Montevideo

IOT – Instrumento de ordenamiento territorial

IMPO – Dirección Nacional de Impresiones y Publicaciones Oficiales

IPCC - Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

LOTyDS – Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible

MITECO – Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de España

MVD – Montevideo

NAP Ciudades – Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático en Ciudades e Infraestructuras

PAI – Programa de Actuación Integrado

PE – Poder Ejecutivo

PIB – Producto Bruto Interno

PNAPU – Plan Nacional de Aguas Pluviales Urbanas de Uruguay

PLOT – Plan Local de Ordenamiento Territorial

OT – Ordenamiento Territorial

SBN – Soluciones basadas en la naturaleza

SEPS – Servicio de Estudios y Proyectos de Saneamiento de la Intendencia de Montevideo

SUDS – Sistemas Urbanos de Drenajes Sostenibles

UdelaR – Universidad de la República Oriental del Uruguay

En este capítulo se desarrolla un análisis general del contexto de las aguas pluviales urbanas en Uruguay, los problemas vinculados a una inadecuada relación entre éstas y planes y proyectos urbanos, así como los objetivos centrales de esta tesis.

1.1 Contexto

Según Naciones Unidas, más de la mitad de la población mundial vive en áreas urbanas y se espera que esta proporción aumente en los próximos años (Department of Economic and Social Affairs Population Division, 2019; United Nations, 2022). El aumento de las áreas urbanas presiona sobre el ambiente, en particular aumentando las áreas impermeables y la población expuesta a inundaciones (Kang et al., 2016). Se espera también que el calentamiento global intensifique el ciclo global del agua, aumentando la frecuencia e intensidad de las precipitaciones extremas y la ocurrencia de inundaciones urbanas que afectan particularmente a la población con peores condiciones socioeconómicas (Calvin et al., 2023). Continúa habiendo una gran incertidumbre en cuanto la magnitud del incremento en las precipitaciones extremas, en particular en las precipitaciones de corta duración (Arnbjerg-Nielsen et al., 2013), sin embargo, estudios han logrado cuantificar este incremento, como los realizados por Larsen et al. (2009), Grum et al. (2006) y Marcelo Barreiro (2020) para Uruguay.

El sistema de drenaje urbano desarrollado en el siglo XIX y establecido como el estándar global para la hidrología urbana en el siglo XX se enfocaba en mitigar los riesgos de inundación al conducir rápidamente las aguas pluviales fuera de las zonas urbanizadas. Este enfoque convencional implica la captación, conducción y descarga de aguas pluviales urbanas hacia cuerpos de agua naturales (Benzerra et al., 2012).

A nivel internacional en las últimas décadas se están promoviendo enfoques integrales, que incorporen también otros aspectos, como el control de la calidad de agua y otros beneficios que las aguas pluviales pueden dar a los habitantes de las ciudades. Esta evolución en los principios, procesos y objetivos de la gestión ha producido a su vez una evolución en los términos que se utilizan para nombrarlos: Sistemas Urbanos de Drenajes Sostenibles (SUDS), Desarrollo de Bajo Impacto (LID), Mejores Prácticas de Gestión (BMPs) y Diseño Urbano Sensible al Agua (WSUD), entre otros (Fletcher et al., 2015).

A estas conceptualizaciones deben agregarse otras que han surgido de otros ámbitos pero que están relacionadas: Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN), Adaptación basada en Ecosistemas (AbE), Infraestructura azul y verde (Cohen-Shacham et al., 2016; Ruangpan et al., 2020). Las medidas azules y verdes, de las que forman parte los SUDS, son consideradas relevantes por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), ya que aportan a la absorción y retención de carbono, la reducción del uso de energía y la adaptación de las ciudades a los cambios esperados en el clima (Calvin et al., 2023). De un modo más general, este cambio es compatible con un modelo de transición ecológica que involucra cambios profundos a nivel social, institucional y político (Brown & Farrelly, 2009; Gimenez-Maranges et al., 2020).

En Uruguay las inundaciones son un problema frecuente, siendo una de sus causas los desbordes de sistemas de aguas pluviales urbanas. Según la Dirección Nacional de Aguas (2022) 64 localidades presentan problemas graves de drenaje pluvial y otras 68 de gravedad media. Algunos de los problemas identificados son inundaciones de predios, interrupción de tránsito en calles, agua estancada, aguas residuales en colectores pluviales y existencia de predios atravesados por cañadas y pequeños cursos de agua.

Se estima que en promedio se afectan anualmente 87.000 habitantes por aguas pluviales que representan entre un 2 y un 4% de la población total de cada departamento, con un daño medio anual de US\$ 211.000.000 que equivale a un 0,3% del producto bruto interno del país. Para solucionar estos problemas se estima necesaria una inversión del orden de US\$ 2.670 millones de dólares (CSI & DICA, 2023, p. 125).

En Uruguay se prevé que por efecto del cambio climático los máximos anuales de precipitaciones diarias aumenten en entre un 10 y un 30% (Banco Mundial, 2023); lo que es consistente con lo estudiado a escala local por Marcelo Barreiro (2020). Esto agudizará los problemas existentes; se estima que un incremento de un 10% de las precipitaciones podría significar un aumento del 20% en las necesidades de inversión según lo previsto en CSI & DICA, p. (2023, p. 125).

Por otro lado, según Piperno (2017), las aguas pluviales significan también una oportunidad para la mejora de calidad de vida de la población. En los últimos años Uruguay, siguiendo las tendencias internacionales, viene transitando hacia un cambio de paradigma en el manejo de las aguas urbanas, incorporando una visión integral de las mismas, con un enfoque de sustentabilidad, de forma coordinada con la planificación del territorio.

A pesar de esto, según el Plan Nacional de Aguas Pluviales Urbanas (PNAPU) dentro de la obra pública, “existe un predominio del uso de infraestructura gris (cordón cuneta, redes de colectores, rectificación y revestimiento de cursos de agua) con expresiones localizadas de obras de laminación y SUDS.” (Ministerio de Ambiente, 2023),

El PNAPU refleja estos cambios proponiendo líneas estratégicas y acciones concretas para “brindar un nivel de servicio que incluya un adecuado y razonable estándar de protección contra inundaciones, minimice el aporte de contaminantes a los cursos de agua urbanos y promueva la integración, consolidación y puesta en valor de la presencia del agua en la ciudad y los servicios que ella brinda” (Ministerio de Ambiente, 2023).

En este contexto varias de las líneas estratégicas planteadas en el PNAPU proponen impulsar la implementación de SUDS.

1.2 Planteamiento del problema

Como se mencionó anteriormente, los desbordes de los sistemas de aguas pluviales urbanas causan pérdidas y daños a miles de familias en Uruguay. Al mismo tiempo, pueden brindar importantes beneficios si se realiza un cambio de paradigma en la relación del agua y la ciudad, en particular con la incorporación de dispositivos de drenaje sustentable.

La incorporación de dispositivos SUDS puede ser realizada tanto dentro de la obra pública, encargada de los sistemas de drenajes pluviales de la ciudad, o por privados, dentro de sus propios predios o en el marco de nuevas urbanizaciones. Dado que se trata de actores con intereses y naturalezas distintas, las estrategias para fomentar que públicos y privados implementen SUDS también pueden ser diferentes. Sin desmedro de la importancia que la obra pública este estudio se focaliza especialmente en el rol que los privados pueden cumplir en la incorporación de dispositivos de drenaje sostenible.

Las propuestas a realizar están condicionadas por el contexto internacional y nacional sobre implementación de SUDS, en particular el grado de avance que Uruguay tiene en su implementación y la normativa existente.

Como se verá más adelante, la normativa nacional y departamental puede promover o inhibir la implementación de SUDS, en particular por parte de privados. Para comprender esta relación entre normativa y aplicación de dispositivos es posible, además de analizar la norma, tomar casos de estudio.

Si bien el PNAPU identifica la necesidad de modificar normativa y desarrollar guías técnicas, la generación de contenidos a incluir en cada una de ellas es un aspecto aún a desarrollar y que es identificado en varias de las líneas estratégicas que el plan propone. Esta tesis pretende ser un aporte en este sentido.

1.3 Objetivos

El objetivo del estudio es realizar recomendaciones para promover la incorporación de dispositivos de drenaje pluvial sustentable por parte de privados en Uruguay considerando los avances alcanzados en Uruguay hasta el momento

Para esto se propone:

- Conocer el contexto nacional e internacional respecto a la implementación de dispositivos SUDS, con especial interés en estimar el grado de avance en su incorporación dentro de los sistemas de drenaje de aguas pluviales urbanas en Uruguay.
- Analizar la normativa de aguas, ordenamiento territorial y planificación urbana en Uruguay y su relación con SUDS.
- A partir de un caso de estudio, analizar el impacto que la normativa ha tenido en la inclusión de dispositivos de drenaje sustentable por privados.
- Realizar propuestas de lineamientos sobre contenido a incluir en normativa y/o guías técnicas que fomenten la incorporación de dispositivos SUDS por privados.

La revisión bibliográfica busca explorar las definiciones y principales desafíos en torno a los sistemas de drenaje sustentable, los dispositivos que lo integran, sus funciones y beneficios. Se revisan también metodologías seguidas en estudios antecedentes para evaluar el avance en la incorporación de SUDS en otros países y finalmente se mencionan los estudios antecedentes en Uruguay.

2.1 Sistemas de drenaje sustentable

A nivel internacional existe una profusa bibliografía sobre SUDS y SbN, que se ha incrementado en los últimos años (Ruangpan et al., 2020; Ying et al., 2022).

Los sistemas de drenaje sustentable buscan reconstruir en entornos modificados las condiciones naturales de las cuencas, preservando el ciclo hidrológico natural y favoreciendo la retención e infiltración del agua, disminuyendo el pico de caudal y el volumen de escurrimiento. Esto no solo permite disminuir las necesidades de incrementar las dimensiones de infraestructura ubicada aguas abajo, sino que también mejora la calidad del agua, aumenta la humedad del suelo y la recarga de acuíferos (Woods Ballard et al., 2015).

Dentro de los dispositivos típicamente incluidos en SUDS, algunos son también infraestructuras verdes, como los techos verdes y las biorretenciones.

Los sistemas tradicionales de drenaje, que buscan alejar el agua de forma rápida y eficiente, persiguen como únicos objetivos disminuir el riesgo de inundaciones y evitar anegamientos. Sin embargo, los sistemas SUDS presentan múltiples beneficios, dentro de los que podemos encontrar la prevención de contaminación de cursos de agua, la generación de espacios recreativos, y la preservación y revalorización de ecosistemas naturales (Woods Ballard et al., 2015). En la Figura 1 se muestran los pilares conceptuales de la gestión de aguas a través de SUDS y los objetivos que busca. En dicha figura puede verse que desde una perspectiva SUDS el diseño de los dispositivos de drenaje deben responder a objetivos que contemplan cuatro dimensiones: cantidad, calidad de agua, biodiversidad, y amenidad.

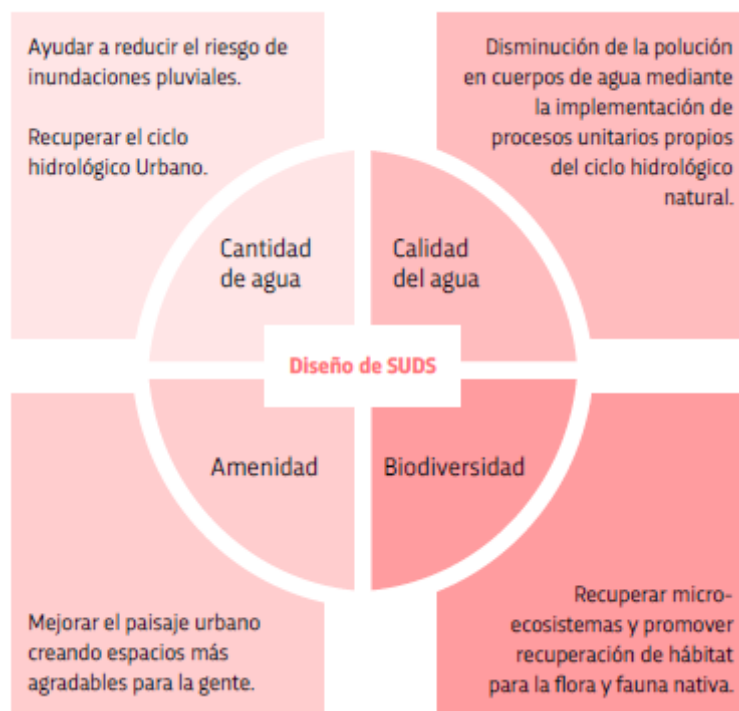


Figura 1 Pilares conceptuales de SUDS. Adaptado de Woods Ballard et al. (2015) en FADU-UdelaR (2021).

2.2 Dispositivos SUDS

A partir de esta conceptualización se han implementado distintos tipos de dispositivos que componen los sistemas de drenaje sustentable. En las figuras siguientes se muestran algunos implementados en Uruguay.



Figura 2 Laguna de retención con espejo de agua permanente, Parque Dionisio, Treinta y Tres.



Figura 3 Laguna de retención sin espejo de agua permanente, Ruta Interbalnearia y Cno. Los Horneros, Canelones.



Figura 4 Cuneta amortiguadora, Ciudad de la Costa, Canelones.



Figura 5 Pavimento permeable, Facultad de Ingeniería UdelaR, Montevideo.



Figura 6 Estanque de retención subterráneo Liceo 26, Montevideo (Fuente: Intendencia de Montevideo).



Figura 7 Plaza sobre tanque de retención subterráneo, Montevideo (Fuente: Intendencia de Montevideo).



Figura 8 Techo verde, Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República, Montevideo.



Figura 9 Jardín de lluvia, Avda. Luis Alberto de Herrera, Montevideo.

Los ejemplos presentados muestran, a partir de varios ejemplos, la diversidad de dispositivos que conforman los sistemas de drenaje sustentable.

En este estudio, no solo interesa evaluar el avance en la incorporación de SUDS, sino también qué tipo de dispositivos se han implementado en Uruguay. Para lograrlo, es necesario definir y clasificar los dispositivos. Cualquier clasificación que se proponga estará fuertemente condicionada por el objetivo del trabajo en el cual se aplique.

La Construction Industry Research and Information Association (CIRIA), una organización europea referente en el desarrollo y difusión de buenas prácticas de SUDS, ha elaborado un manual que se ha convertido en referencia a nivel mundial (Woods Ballard et al., 2015). En este

manual se abordan los distintos tipos de dispositivos, sus ventajas, criterios de selección y diseño, clasificándolos en 13 tipos y 41 subtipos.

Por otro lado, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de España (MITECO) ha creado un manual con objetivos similares (MITECO, 2019). En este documento se agrupan los dispositivos considerando su función (detención, ralentización, almacenamiento e infiltración) y su posición en la cadena de drenaje, resultando en 13 tipos y 26 subtipos.

La Water Research Fundation, ha desarrollado y mantiene una base de datos sobre el rendimiento de BMPs. Este proyecto, respaldado por la Enviromental Protection Agency (EPA), American Society of Civil Engineers (ASCE) y Wriqth Water Engineers (WWE), recopila información de más de 700 dispositivos que han sido monitoreados en cuanto a su eficiencia en la remoción de diversos contaminantes. En este caso se han considerado 14 tipos de dispositivos, mostrando mayor desagregación en aquellos vinculados a la mejora de la calidad del agua.

En Uruguay, el proyecto AdaptaFadu, realizado en el marco del NAP-Ciudades, propusieron 16 categorías; mientras que el Manual de Diseño de Sistemas de Aguas Pluviales Urbanas de Dinagua incluye 13 dispositivos SUDS.

En la Tabla 1 se comparan cada uno de ellos y se establecen algunas equivalencias entre las tipologías propuestas. Al analizar los tipos de dispositivos, se observa que algunas equivalencias son evidentes. Sin embargo, en otros casos pueden existir discrepancias, ya que algunos dispositivos han sido omitidos en ciertos estudios. A modo de ejemplo, “paredes verdes” es considerado una categoría de SUDS en MITECO y Adaptafadu, pero no es considerado por los demás. En algunos casos, varios dispositivos se unifican en categorías más generales como los alcorques de infiltración, que en algunos casos se consideran como un tipo específico de pozo de infiltración o de biorretención. Por último, al analizar un dispositivo existente, es posible que el mismo tenga rasgos característicos de varios tipos de dispositivos, dificultando su clasificación. Por ejemplo, una cuneta vegetada a la que por debajo se le instala un dren de infiltración o una laguna de retención con un humedal en la entrada.

Tabla 1 Clasificación de dispositivos según distintos autores.

Dinagua	CIRIA	AdaptaFadu	MITECO	WRF
Amortiguación subterránea	Attenuation storage tanks	Celdas y cajas reticulares	Depósitos de detención/Cubiertas aljibe/Áreas bajo pavimento	No lo considera
Amortiguación superficial (secos)	Detention basins	Cuencos de amortiguación y de retardo	Depósitos de detención	Detention Basin (dry)
Área de infiltración	Infiltration systems	Estanques de infiltración	Área Filtrante	No lo considera explícitamente, pero puede considerarse un caso de "Media filter"
Barriles de lluvia	Rainwater harvesting	Aljibes - Barriles de lluvia	Aljibes	No lo considera
Bio retención / jardines de lluvia	bioretention systems /trees/swales	Jardines de lluvia / Áreas de biorretencion/Cunetas vegetadas y de pasto/Árboles y alcorques de infiltración	Cunetas vegetadas o rellenas/Alcorques de infiltración	Bioretention/Grass Swale/Wetland Channel
Cunetas (y cunetas vegetadas)	bioretention systems	Cunetas vegetadas y de pasto	Cunetas vegetadas o rellenas	Grass Swale/Wetland Channel
Dispositivos de calidad de agua	Proprietary treatment systems	Algunos de los dispositivos son incluidos en otras categorías	Algunos de los dispositivos son incluidos en otras categorías	High Rate Biofiltration/High Rate Media Filtration/Hydrodynamic Separation Devices/Oil/Grit Separators and Baffle Boxes
Estanque de retención (agua permanente)	Pods and wetlands	Lagunas de infiltración	Estanques y Balsas de detención y/o infiltración	Retention Pond (wet)
Fajas de pasto / cubiertas vegetadas	Como parte de Infiltration systems	Fajas filtrantes	Cubiertas vegetadas	Grass Strip
Humedales	Pods and wetlands	Humedales	Humedales artificiales	Wetland Basin
Pavimentos permeables	pervious pavements	Pavimentos permeables	Pavimentos permeables	Porous Pavement/Permeable Friction Course (Overlay)
Pozo de infiltración	Infiltration systems	Pozos y zanjas de infiltración/Árboles y alcorques de infiltración	Alcorques de infiltración	Media Filter
Techo verde	Green Roofs	Techos verdes/cubiertas vegetadas	Cubiertas vegetadas	No lo considera
Zanja de infiltración	Filter drains/silter strip	Pozos y zanjas de infiltración/Drenes filtrantes/Filtros de arena	Zanjas de infiltración/Drenes filtrantes / Cunetas	Media Filter

			vegetadas o rellenas/Ralentización en taludes	
No lo considera	No lo considera	Muros y fachadas verdes	Cubiertas vegetadas	No lo considera

2.3 Funciones, beneficios y cobeneficios

Como se mencionó anteriormente, a diferencia de las infraestructuras grises tradicionales, los SUDS y las SbN ofrecen beneficios que van más allá de la disminución de riesgo de inundaciones. Numerosos autores han analizado este aspecto mediante el estudio de casos, abordando metodologías para estimar beneficios económicos (Ashley et al., 2018), procesos de optimización de medidas (Alves et al., 2019) y cómo la consideración de beneficios múltiples mejora el rendimiento económico del proyecto (Ashley et al., 2018; Ossa-Moreno et al., 2017).

Varios centros de estudios han elaborado guías para facilitar la selección de dispositivos, considerando sus funciones o asignando a cada uno beneficios potenciales.

La Figura 10 presenta una definición de beneficios adaptada de bibliografía internacional por Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FADU).

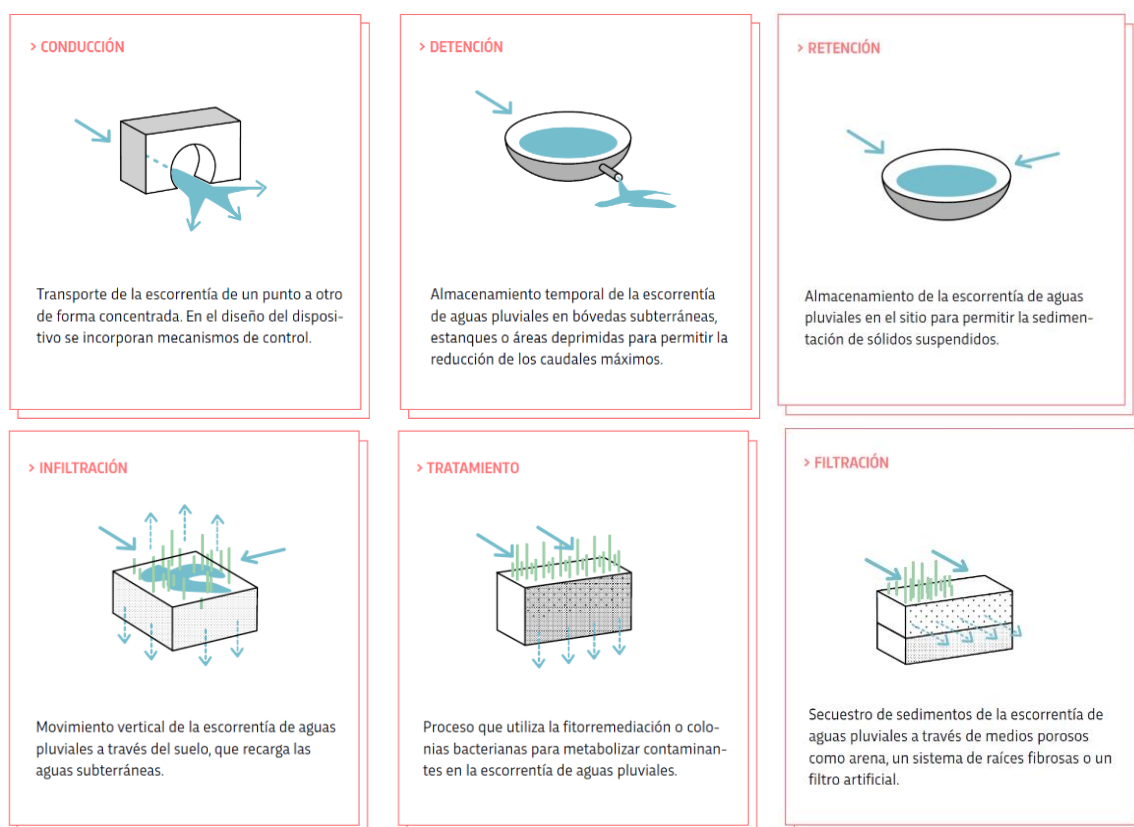


Figura 10 Funciones de los dispositivos en relación a las aguas pluviales urbanas (FADU-UdelaR, 2021)

A partir de las definiciones de la Figura 10 es posible analizar la función que cada dispositivo cumple individualmente o como parte de un tren de tratamiento.

La Figura 11 presenta una tabla resumen elaborada por Center for Neighborhood Technology (CNT).

	GREEN STORMWATER INFRASTRUCTURE									
	Linear Buffer Park / Trail	Stormwater Park	Stormwater Planter	Parkway Bioswale	Rain Garden	Street Trees	Green Roof	Permeable Pavement	Permeable Bike Lane	District Stormwater
HEALTH BENEFITS										
Improved Outdoor Air Quality	•••	•	••	•	••	••	•			••
Improved Indoor Environmental Quality	•	•••	••	•	•	•••	•	••	••	•
Reduced Noise Pollution	•••						•••	••	••	••
Reduced Heat Stress	••	•••	•	•	•	••	•			••
Improved Community Cohesion + Mental Health	•	•••	••	•	•	••	•			••
ECONOMIC BENEFITS										
Improved Workforce Development / Job Creation	•••	•••		•		•••	•	•	•	•••
Increased Vacant Land Reactivation	•••	•••			•••					•••
Increased Property Values	••	•••	•	••	•	••	•••			•••
Increased Sales Revenue			••	••	••	••			••	••
Increased Recreational Revenue	•••	•••							•••	
CLIMATE ADAPTATION / RESILIENCE										
Reduced Flooding	•••	•••	••	••	••	•••	••	•••	••	•••
Reduced Urban Heat Island Temperatures	••	•••	•	•	•	•••	•••	•	•	•••
Protected Water Quality (reduced runoff and combined sewer overflows)	•••	•••	••	••	••	•••	••	•••	••	•••
CLIMATE MITIGATION / AVOIDANCE										
Reduced Greenhouse Gases	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•	•	•••
Reduced Energy / Fuel Use	••	••				•••	•••			••
TRANSPORTATION BENEFITS										
Reduced On-Street Flooding	••	••	••	••	••	•••	•	•••	•••	•••
Improved Safety	••		•	•					••	••
Increased Opportunities for Active Transportation	•••	•••	••	•••	••				•••	••
••• high benefit •• medium benefit • low benefit										

Figura 11 Beneficios de dispositivos verdes y SUDS(Center for Neighborhood Technology, 2020)

La Figura 11 muestra como las infraestructuras verdes presentan beneficios múltiples, incluyendo aspectos vinculados a la salud, a la economía, a la mitigación y adaptación al cambio climático y al transporte.

Otras guías plantean listados similares (CIRIA, 2021; MITECO, 2019; Momparler et al., 2021). En Uruguay, la Guía de Diseño de Sistemas de Aguas Pluviales (Dirección Nacional de Aguas, 2009) adapta guías de otros países considerando aspectos de la práctica local.

Estas guías proporcionan una aproximación cualitativa al problema de la selección de dispositivos. Sin embargo, muchos proyectos requieren una estimación cuantitativa de los costos y beneficios de las infraestructuras a construir. A partir de estas metodologías, y de otras similares, se han desarrollado varias herramientas de software que facilitan esta toma de decisión (Jayasooriya & Ng, 2014).

Entre estas herramientas se encuentran el Storm Water Management Calculator de la CNT¹ y BestT² que aplica la metodología de CIRIA con valores obtenidos de más de 100 casos de Reino Unido (CIRIA, 2019, 2021; CNT, 2024).

A pesar de esto, en todas las guías mencionadas anteriormente se resalta lo limitado de la información disponible y la necesidad de considerar datos locales, dado que los costos unitarios, daños evitados y beneficios pueden variar significativamente entre regiones.

2.4 Obstáculos a la implementación de SUDS

A pesar de los beneficios mencionados anteriormente, la introducción de SUDS no es práctica habitual en el diseño. Varios autores han estudiado este aspecto, identificando obstáculos que dificultan su generalización (Brown et al., 2011; Brown & Farrelly, 2009; O'Donnell et al., 2017; Ortega et al., 2023; Vasconcelos et al., 2022).

Deely et al. (2020) realizaron una revisión bibliográfica sobre barreras para la implementación de medidas azules y verdes, la mayoría de las cuales son SUDS. Según los autores, las barreras identificadas pueden clasificarse en cinco categorías: técnicas y biofísicas, de conocimiento, socio-culturales, de mercado y financiamiento, e institucional y gobernanza.

Las barreras técnicas y biofísicas se deben a limitaciones de emplazamiento (disponibilidad de espacio, tipo de suelo, morfología urbana, clima), problemas de diseño, construcción, mantenimiento y desempeño. Sin embargo, las principales barreras no están vinculadas a aspectos técnicos (Niemczynowicz, 1999).

Las barreras de conocimiento se relacionan con la falta de comprensión sobre el funcionamiento y los beneficios de los SUDS. La falta de conocimiento de los residentes puede generar resistencia a su implantación o disminuir su disponibilidad a pagar. En el caso de los técnicos y tomadores de decisión, este aspecto puede llevar a una subvaloración de los beneficios en los análisis costo-beneficio o dificultar su adopción en favor de infraestructuras grises, cuyo desempeño, métodos de diseño, construcción y mantenimiento son bien conocidos y cuentan con guías, manuales, procedimientos y pliegos licitatorios establecidos.

Las barreras socioculturales se derivan de creencias de un grupo determinado, estando condicionado por el grupo de pertenencia, por ejemplo: residentes, profesionales, propietarios, funcionarios municipales, entre otros. Una barrera identificada es el valor que se le da al diferencial que aportan los SUDS; esto puede deberse a falta de conocimiento de los beneficios, o a que, aun conociéndolos, no se consideren relevantes para el grupo. Un problema similar es

¹ <https://greenvalues.cnt.org/>

² <https://www.ciriabest.com/>

la importancia que se le da a la equidad como valor social, ya que muchas veces los proyectos benefician a poblaciones que no pagan por la medida o lo hacen de forma desigual.

En cuanto a las barreras de financiamiento, además de la competencia normal por la asignación de fondos, generalmente públicos, se suman otros factores propios de este tipo de medidas. Los SUDS suelen requerir mayor espacio, por lo que el precio de la tierra o el de costo-oportunidad de no poder ser usada para otros fines, puede ser más relevante que en el drenaje tradicional. También se señala que la promoción de la participación de los usuarios puede implicar un costo extra en comparación a las infraestructuras grises. Las barreras de conocimiento también impactan como barreras de financiamiento, en particular en la dificultad para estimar los beneficios de las medidas. Desde el punto de vista del “mercado”, no hay una relación directa entre quien implementa la medida y el beneficiario; además, muchos de los beneficios, como el paisaje o la mejora de la calidad del aire, no tienen restricciones de uso, siendo de aprovechamiento gratuito. Ambos aspectos dificultan la transacción directa entre proveedor del servicio y usuario.

Entre las barreras institucionales se destacan la resistencia al cambio, la compartimentación de las instituciones y las necesidades de coordinación que requieren las medidas SUDS. En cuanto a la normativa, la legislación no solo puede no promover las soluciones azules y verdes, sino incluso inhabilitarlas (Brudermann & Sangkakool, 2017; Dhakal & Chevalier, 2017).

También se menciona que la normativa que no considera la incertidumbre sobre el cambio climático indirectamente favorece la implementación de soluciones grises, ya que se ha demostrado que las soluciones azules y verdes tienen mayor adaptabilidad. Un caso contrario es el de la normativa de la Comunidad Europea, que al reconocer la necesidad de adaptación favorece y recomienda SbN. Otra barrera institucional y política es la forma en que se realizan análisis de alternativas. Las prioridades políticas, de agenda pública y preferencias sociales, inciden en la adjudicación de fondos. Si la gobernanza del sector hace que los grupos beneficiarios no se vean representados en la toma de decisión, esto puede traducirse en una barrera a la implementación de SUDS.

2.5 Metodologías para evaluar el avance en la incorporación de SUDS

Existen varias metodologías para evaluar el progreso en la incorporación de SUDS. Algunos autores centran sus análisis en las publicaciones en revistas arbitradas. Aunque cada investigación tiene distintos énfasis, todas se basan en una recopilación, sistematización y análisis de las publicaciones.

Gimenez-Maranges et al. (2020) realizó una búsqueda sistematizada en revistas arbitradas a partir de palabras clave. Los resultados de las búsquedas fueron sistematizados y categorizados temáticamente, por área (local, regional) y por país. Las publicaciones se clasificaron y cuantificaron según línea de investigación, tipos de dispositivos, actores, escala y unidad de análisis. Por ejemplo, del análisis de la cantidad de publicaciones por país se concluyó que el mayor desarrollo en SUDS está concentrado en los países nórdicos, con un desarrollo nulo o incipiente en el resto de Europa. Para el análisis se utilizaron “arenas de desarrollo” (Jorgensen & Sorensen, 1999), buscando identificar avances en la transición hacia drenaje sustentable.

Al centrarse en investigación académica, los resultados reflejan más la capacidad y enfoque de los equipos de investigación propiamente dichos que la implementación en sí de las medidas SUDS.

En un estudio de Brown & Farrelly (2009) se emplean entrevistas a informantes calificados para identificar impulsores y barreras a la implementación de SUDS, lo que implícitamente permitió evaluar el avance en aplicación de SUDS. Se seleccionaron tres ciudades piloto de Australia, se distribuyó un cuestionario en línea, respondido por más de 800 profesionales del sector agua y se analizaron los resultados. Una de las preguntas fue el tiempo que estimaban necesario para que la implementación de algunas tecnologías SUDS fueran una práctica generalizada en sus ciudades. Se vio que las respuestas variaban en cada ciudad y se analizó el motivo de estas diferencias.

Brillinger et al. (2020) analizaron el avance en aplicación de SbN para la reducción de riesgo de inundaciones a partir del análisis de documentos. Seleccionaron tres ciudades de Alemania, recopilaron y analizaron los informes de los Planes de gestión de riesgo de inundaciones (FRMPs por sus siglas en inglés). Clasificaron estos documentos según si han incluido SbN, y en caso afirmativo, algunas características de los mismos: tipo, frecuencia de mención, escala, nivel de riesgo, método de evaluación de las medidas, ubicación en la cuenca, nivel de desempeño esperado (costo/beneficio). A partir de estas variables intentaron identificar las variables que inciden en el grado de aplicación de SbN.

El Ministerio de Vivienda, Comunidades y Gobierno Local del Reino Unido evaluó el grado de cumplimiento de normativa nacional que obliga a los planes locales y nuevos desarrollos habitacionales y comerciales en Inglaterra (MHCLG, 2018). La evaluación se realizó en dos fases: evaluación de documentos (planes locales, solicitudes aprobadas) y entrevistas estructuradas con una selección de autoridades locales encargadas de planificación. Posteriormente se realizaron análisis cuantitativos: cantidad de planes que incluían SUDS, proporción de planes que superan el mínimo exigido a nivel nacional, inclusión de mantenimiento entre otros. Las entrevistas estructuradas exploraron aspectos de relacionamiento institucional: necesidad de revisión de la norma, relación entre autoridades nacionales y locales, necesidad de asesoramiento por parte de los emprendedores.

2.6 Normativa que fomenta SUDS en otros países

Existen numerosos instrumentos jurídicos relacionados con SUDS en Europa y Reino Unido (Woods Ballard et al., 2015). La Directiva marco sobre el agua de la Unión Europea (Directiva 2000/60/CE) plantea objetivos de protección del medio acuático fomentando un enfoque SUDS ya que establece:

- un enfoque holístico basado en las cuencas fluviales incluyendo calidad y cantidad
- objetivos de calidad para todas las aguas receptoras
- un sistema de clasificación de la calidad de las aguas superficiales a partir de parámetros químicos, hidromorfológicos y ecológicos

Según Woods Ballard et al. (2015), las medidas para prevenir o controlar las fuentes difusas de contaminación incluidas en la Directiva (artículo 11 (h)) impide de hecho el uso del enfoque tradicional para el drenaje a menos que se utilicen controles especiales para ralentizar los flujos y tratar la escorrentía.

Según Melville-Shreeve et al. (2018), uno de los principales instrumentos que promueven los SUDS en Reino Unido es la “Schedule 3 of the Flood and Water Management Act 2010”, que

impulsa la aplicación de SUDS en nuevos desarrollos de más de 10 viviendas. La obligatoriedad de implementar SUDS se basaba en que los gobiernos locales podían denegar la conexión de sistemas de drenaje de estos nuevos desarrollos; sin embargo, esta medida quedó sin efecto en 2011 limitando el impacto de la norma. A pesar de esto existe en Reino Unido normativa que apoya la implementación de SUDS. La plataforma Susdrain presenta una recopilación de la normativa vigente en Europa, Reino Unido, Inglaterra, Gales, Irlanda del Norte y Escocia³.

En el caso de España los SUDS son incluidos en todos los niveles de normativa urbanística: Plan Territorial (comunidades autónomas y confederaciones hidrográficas), Plan General de Ordenación Urbana (Término municipal) y Ordenanzas municipales (Localidad). En los primeros se incluye en qué contexto deben implementarse SUDS: nueva urbanización que incrementa caudales de vertido, núcleos rurales con más de 1000 habitantes o 500 en zonas protegidas, industriales, estacionamientos con área mayor a 0.5 ha, vías con tránsito diario mayor a 20.000 vehículos diarios, industrias y zonas con estaciones de servicio o estaciones de transporte colectivo. En el nivel más bajo, a nivel de Ordenanza municipal se establecen restricciones más exigentes, incluyendo obligatoriedad de reutilización de agua, uso de especies autóctonas o uso de pavimentos permeables entre otros MITECO (2019).

En Buenos Aires, el Código de Edificación de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires⁴ incluye un capítulo específico sobre diseño sustentable con medidas que persiguen objetivos de sustentabilidad: disminuir efecto de isla de calor, prevención riesgo hídrico, biodiversidad, calidad ambiental, mejora de hábitat construido, eficiencia energética. Plantea una implementación progresiva de la norma según características del emprendimiento, con disposiciones diferenciadas para construcciones existentes y obra nueva. Los parámetros a cumplir se definen en el Código Urbanístico⁵, junto con la obligatoriedad de implementar medidas de retención. La infiltración se plantea como optativa. La utilización de agua de lluvia es optativa u obligatoria dependiendo del tipo de edificación y la etapabilización mencionada anteriormente. El Código de Edificación establece también “Parámetros de la Calificación de Calidad Aplicables al Edificio” que es un indicador del grado de cumplimiento con los objetivos de sustentabilidad propuestos. Los ponderadores y coeficientes mínimos deben establecerse en el Código Urbanístico en función de la zona y tipo de emprendimiento.

2.7 Estudios sobre SUDS en Uruguay

En cuanto a publicaciones en revistas arbitradas y tesis de grado o postgrado son escasas las referencias que se encontraron en la búsqueda.

Piperno (2017) analizó la transición que se está produciendo en Uruguay hacia una gestión integral y sustentable de las aguas urbanas, identificando barreras y factores generadores de cambio. Dentro de sus conclusiones, plantea algunos “atajos” para alcanzar con mayor rapidez una gestión sustentable de las aguas urbanas: “Continuar con el proceso de incorporación de las aguas en los instrumentos de planificación (territorial) será un proceso lento y permanente en función de los recursos nacionales y locales, el desarrollo tecnológico y del conocimiento disponibles. Pero el instrumental disponible, con su capacidad de actualización y la caja de herramientas de la LOTDS (Ley 18.308 de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible) permite un campo de acción no transitado aún.”

³ <https://www.susdrain.org/resources/policy.html>

⁴ https://static.cpau.org/newsite/noticias/2021/noviembre/codigo_de_edificacion_-_texto_ordenado_ley_6100_ley_6438.pdf

⁵ https://cdn2.buenosaires.gob.ar/desarrollourbano/codigo_urbanistico/texto_cpu_al_21_de_dic_2018.pdf

En este mismo sentido Bas (2021) analiza la relación entre el desarrollo urbano y la infraestructura hidráulica a partir del análisis de cuatro casos del área metropolitana de Montevideo, incluyendo parques lineales en torno a cursos de agua, lagos de amortiguación pluvial, estanques de retención enterrados sobre los que se instalan espacios públicos de calidad y el sistema de cunetas amortiguadoras y lagos de retención de Ciudad de la Costa. Se concluye que la presencia de la infraestructura hidráulica puede tener una incidencia notable y positiva en la conformación de la ciudad. Señala también que “Estas infraestructuras tienen la aptitud para convertirse en componentes fundamentales de los instrumentos de ordenación territorial por su capacidad para generar espacio abierto público urbano de calidad, especialmente cuando esta capacidad es considerada desde el principio.”

Laino (2022) realiza un estudio comparativo entre un caso de éxito de recuperación ambiental de una cañada urbana ubicada en Victoria, Australia y el proceso que se está realizando en la Cda. Iyúí en Montevideo. Se hace foco en los procesos de participación y el co-diseño.

En cuanto a dispositivos de drenaje pluvial se destacan los siguientes estudios:

Urrestarazu (2018) explora la cuantificación del valor monetario de servicios ecosistémicos de dispositivos SUDS, tomando como caso de estudio una cuenca urbana de Montevideo con problemas frecuentes de inundaciones.

Alves et al. (2016) desarrolla una metodología de optimización para el diseño de infraestructura gris-verde, tomando como caso de estudio la reducción de vertidos de sistemas unitarios, que conducen conjuntamente aguas de saneamiento y pluviales, en una cuenca urbana de Montevideo.

Gandolfi (2019) analiza la utilización de bioretenciones y su uso para disminuir vertidos de saneamiento en sistemas unitarios. Para esto propone un modelo que representa los procesos físicos de retención y detención evaluando su rendimiento para datos climáticos del Uruguay.

Marrero et al. (2023) han desarrollado una metodología para la construcción de pavimento permeable, ajustando las dosificaciones y metodología constructiva al Uruguay y desarrollando el primer pavimento poroso a escala real del país.

A nivel de tesis de grado solo se encontraron dos trabajos que abordan temas de drenaje pluvial (García & Pérez, 2021; Jaurena et al., 2018). Ambos casos son proyectos de obras de drenaje pluvial que buscan resolver una problemática de inundaciones. En ambos casos se consideran dentro de las alternativas dispositivos de drenaje sustentable y medidas SUDS.

Abellán (2021) en el marco de una consultoría de apoyo a la Intendencia de Montevideo, presenta y compara los resultados de diferentes modelos creados para simular alternativas de SUDS en varios emplazamientos de la ciudad de Montevideo. Incluye el prediseño de alternativas de dispositivos para cinco casos incluyendo rendimiento hidráulico, costos y potenciales beneficios de cada alternativa. Para el diseño propone la utilización del “volumen de calidad”, que implica controlar la escorrentía generada por la lluvia de percentil del 80-90% de la serie de precipitaciones del año medio, lo que permite una reducción de la contaminación vertida hacia el medio receptor de entre el 80%-90%.

En cuanto a diagnósticos generales sobre la implementación de SUDS en Uruguay existen tres antecedentes relevantes.

En 2008, Dinagua realizó un diagnóstico general del sector a partir de entrevistas semi-estructuradas a informantes calificados (Cuadrado et al., 2008).

En 2023, en el marco del PNAPU, se realizó un diagnóstico sobre la incorporación de SUDS en las obras realizadas por intendencias, la relación entre planificación territorial y aguas pluviales, una revisión del marco normativo nacional y la incorporación de SUDS. Para esto vuelven a realizarse entrevistas a técnicos de las intendencias departamentales, tomando como base la consulta realizada en 2008.

En FADU-UdelaR (2021) se realizó un análisis de la normativa. Para esto se recopiló normativa nacional y departamental, se generó una base de datos y a partir de un software de procesamiento de texto se identificó la inclusión de medidas de adaptación al cambio climático, dentro de los que se incluyeron las medidas SUDS.

Tanto los análisis realizados en 2008 por Dinagua como los realizados en el marco del PNAPU en 2023 se basaban en entrevistas a informante calificado. Una de las limitaciones de esta metodología es que los resultados pueden estar sesgados por la opinión de los entrevistados: principalmente directores de obra e ingenieros más dedicados a proyectos viales que a proyectos hidráulicos que pueden no estar familiarizados con SUDS. Por otro lado, algunos de los aspectos de interés fueron consultados de forma general. Uno de ellos es el tipo de dispositivos implementados por privados en el marco de cambios de categoría de suelo, nuevas urbanizaciones y fraccionamientos.

2.8 Reflexiones sobre la revisión bibliográfica

Varios autores y publicaciones definen y agrupan los SUDS con diferentes criterios, dependiendo de sus objetivos. Se ha encontrado una relación entre las categorías de varias de estas publicaciones internacionales y las propuestas en Uruguay por Dinagua, lo que será de utilidad para la realización de los estudios de la presente tesis.

Aunque existen dificultades para cuantificar y valorar los beneficios de los SUDS, hay investigación, manuales y herramientas recientes que facilitan esta tarea.

En cuanto a las barreras para la adopción de SUDS, se han identificado barreras técnicas, de conocimiento, socio-culturales, de mercado y financiamiento e institucionales y de gobernanza. Dentro de las de gobernanza se encuentran la normativa.

La normativa de otros países muestra cómo la implementación de SUDS está muy relacionada con la normativa de Ordenamiento Territorial y de Construcción. En las experiencias analizadas de Reino Unido, España y Ciudad Autónoma de Buenos Aires la norma propuesta es progresiva y multiescalar, lo que justifica en parte el enfoque de la presente tesis, con evaluación de evolución temporal y el trabajo en escala nacional, por departamento y localidad.

La evaluación del avance en la implementación de SUDS se realiza frecuentemente como una manera de identificar las barreras existentes. Se ha revisado la metodología utilizada en varias investigaciones, encontrando que suelen emplear una o una combinación de las siguientes técnicas:

- revisión de revistas arbitradas
- análisis de documentación
- entrevistas a informantes calificados

Estas metodologías serán tomadas más adelante para la evaluación de los avances alcanzados en Uruguay.

La investigación en este tema se ha concentrado en unos pocos países. A nivel nacional, la producción académica es muy limitada, destacándose estudios recientes sobre aspectos técnicos como diseño de bioretenciones y pavimentos porosos, así como sobre aspectos relacionados con la toma de decisión (optimización, participación y co-diseño, estimación de beneficios).

En cuanto a la relación entre drenaje sustentable y planificación urbana, han surgido algunos estudios académicos relevantes, principalmente originados por la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la UdelaR.

Los principales antecedentes sobre el avance en la incorporación SUDS en el país son los presentados en Cuadrado et al. (2008), Ministerio de Ambiente (2023) y FADU-UdelaR (2021), todos ellos impulsados por el Ministerio de Ambiente. Los tres estudios son utilizados como base para el desarrollo de esta tesis.

La revisión de la bibliografía demuestra que el tema es relevante a nivel internacional y nacional, siendo que la forma en que los privados participan en la implementación de dispositivos SUDS no ha sido suficientemente investigada, en particular cómo la normativa ha incidido y puede incidir en la cantidad y tipo de dispositivos SUDS y cómo pueden optimizarse los beneficios que éstos brindan a las ciudades.

Como se mencionó en la sección 1.3, el objetivo de la tesis es realizar recomendaciones de cambios en normativa para promover la implementación de dispositivos de drenaje sustentable en Uruguay. En la Figura 12 se presenta un esquema del marco metodológico y las principales actividades desarrolladas en el estudio.

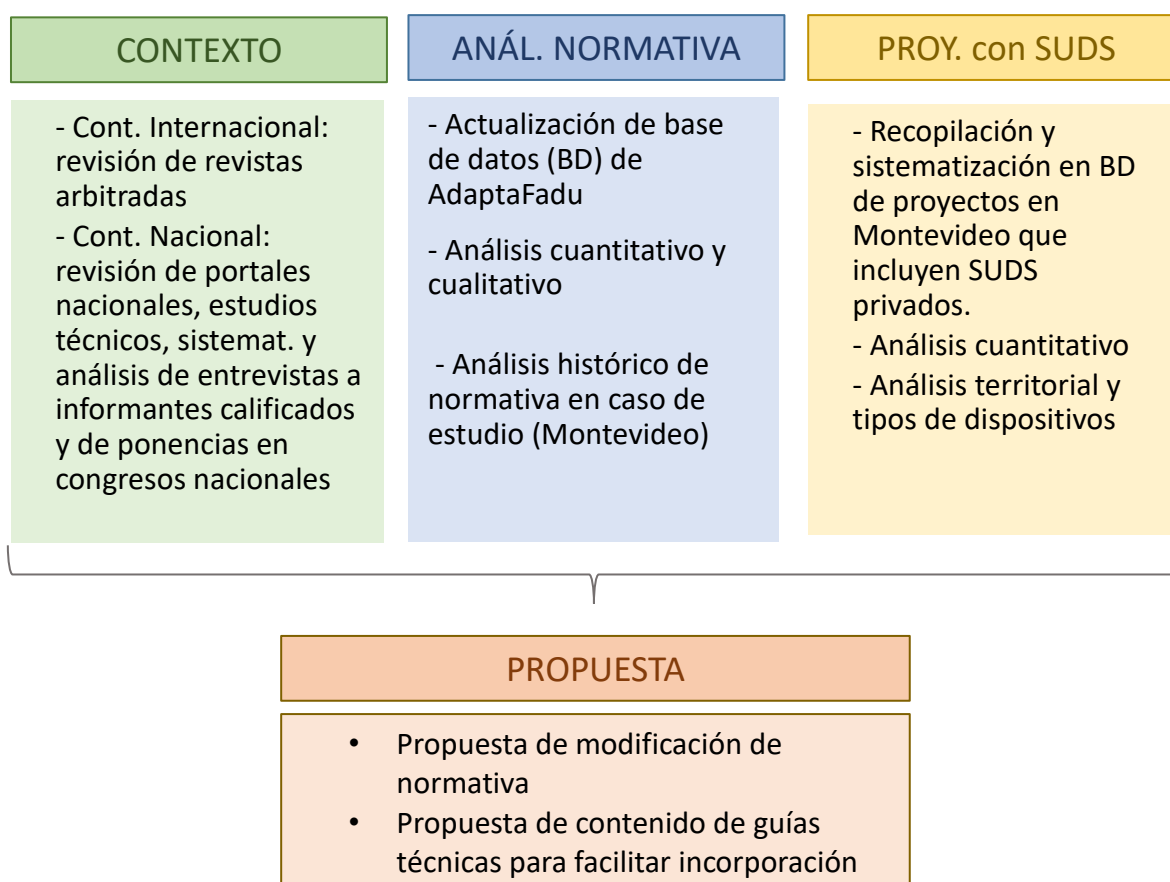


Figura 12 Esquema simplificado de metodología

El análisis del contexto nacional e internacional de implementación de SUDS permite tener una visión general del estado del arte en la materia y contar con algunos insumos necesarios para las etapas siguientes del estudio, como una uniformización de la definición de dispositivos, sus funciones y beneficios, y experiencias internacionales de aplicación de normativa que impulse SUDS. En cuanto al contexto nacional, interesa conocer cómo se está abordando el tema, y el grado de avance en la aplicación de SUDS.

La forma en que se está incorporando la obligatoriedad de implementar dispositivos SUDS en normativa nacional y departamental se realiza a través de un análisis cuantitativo y cualitativo apoyado en el uso de una base de datos.

Para analizar cómo esta normativa se traduce en obras se realiza un análisis detallado de proyectos que incluyen SUDS en emprendimientos privados tomando como caso de estudio el Departamento de Montevideo. Para el análisis, los proyectos se sistematizan en una base de datos que facilita la realización de análisis cuantitativos y relacionar sus características con los aspectos normativos estudiados previamente. Se toma Montevideo porque es el departamento que presenta mayores avances en el tema y puso a disposición la información necesaria para la realización de los análisis.

A partir de los resultados del análisis del “estado del arte” a nivel internacional, los avances en incorporación de SUDS en la normativa de Uruguay y la caracterización de los proyectos resultantes de su aplicación, se identifican oportunidades de mejora y se realiza una propuesta de contenidos a incluir en futuras modificaciones de la normativa. En este sentido, los análisis de contexto, de normativa nacional y departamental y de proyectos con SUDS además de ser de por sí un aporte a la comprensión del avance de los SUDS en Uruguay, son el sustento de las propuestas.

Estas se centran en aspectos específicos de ingeniería hidráulica, por lo que posteriormente deberán ser complementados con los aportes de otras disciplinas, en particular especialistas en ecología, derecho y urbanismo.

En la Figura 13 se presentan los pasos metodológicos y herramientas utilizadas en el desarrollo de la investigación, incluyendo la información utilizada para el estudio, la metodología, los resultados y los capítulos y secciones en que se presentan cada uno de estos.

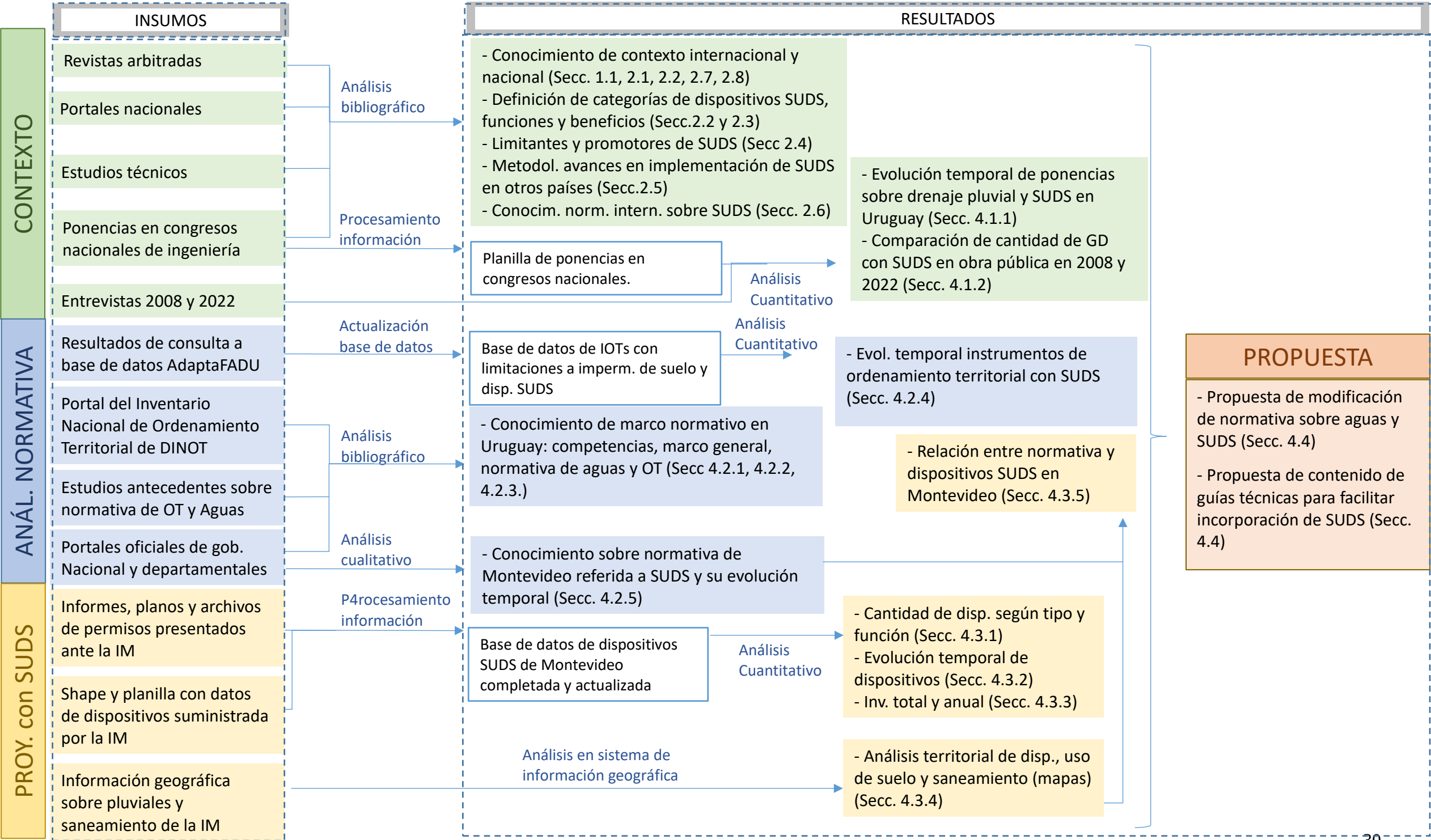


Figura 13 Esquema detallado de metodología

3.1 Estado del arte y análisis del contexto

El análisis de contexto busca contar con un panorama general del avance de la temática a nivel nacional e internacional, identificar nuevas conceptualizaciones y cómo los SUDS se relacionan con otros abordajes como las SbN, infraestructura azul y verde, adaptación al cambio climático, entre otras. Se busca también evaluar cómo estas conceptualizaciones están siendo desarrolladas o adaptadas en Uruguay.

Para establecer este panorama general se realiza una revisión y análisis bibliográfico. Ésta se realiza en dos etapas:

-Recopilación y sistematización de estudios: se realiza una búsqueda en revistas arbitradas utilizando el portal Google Scholar⁶ a partir de las siguientes palabras clave: “sustainable drainage”, “SUDS”, “SUDS” and “Climatic change”, “SUDS” and “normative”, “SUDS” and “Review”, “SUDS” and “Policy”. Para la búsqueda de estudios a nivel nacional se complementa con la utilización del portal “Silo”⁷ de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación del Uruguay. Los artículos que no estaban vinculados con drenaje sustentable fueron descartados. Los restantes son sistematizados en una planilla electrónica que incluye los siguientes campos: Autor, año, título, resumen, palabras clave, país, identificador (doi). A partir de la lectura del resumen se seleccionan aquellos artículos que resultan relevantes para la elaboración de la tesis y se agrega un comentario a la planilla.

-Lectura de estudios relevantes: los estudios relevantes son leídos y analizados para su utilización. Cuando se encuentran citas que resultan de interés para la tesis se incorporan en la planilla de estudios mencionada anteriormente.

En la imagen siguiente se presenta un esquema con el procedimiento seguido.

⁶ <https://scholar.google.com/>

⁷ <https://silo.uy/>

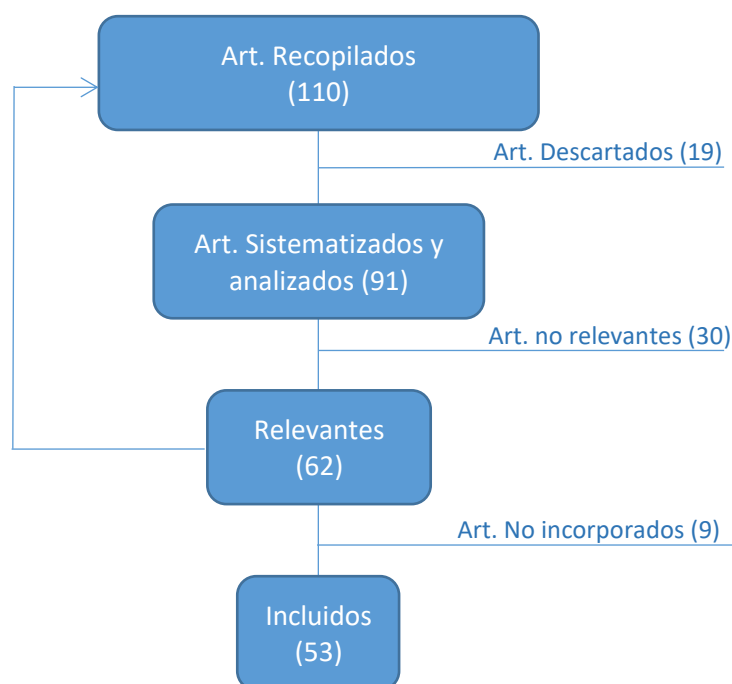


Figura 14 Esquema de revisión de literatura

Tal como se muestra en la figura 14, se recopilamos 110 publicaciones, de las cuales 19 fueron descartadas por no estar relacionadas con la tesis; a partir de la lectura de los abstracts de cada una de las restantes fueron seleccionadas y leídas 62 de ellas, de las cuales 53 fueron finalmente incorporadas como bibliografía de la tesis.

Como se mencionó anteriormente, interesa conocer el grado de avance que presenta Uruguay en la incorporación de sistemas de drenaje sustentable. En la sección 2.5, se describieron tres enfoques metodológicos para estimar el avance que tienen los países o ciudades en la incorporación de SUDS: cuantificación y análisis de publicaciones científicas, entrevistas a informantes calificados y revisión de documentos de proyectos. Para la revisión del contexto nacional, se realiza una combinación de estos tres enfoques.

En una primera instancia se busca evaluar la atención que el tema está teniendo entre los científicos y profesionales especializados en drenajes pluviales a partir de revisión de publicaciones en revistas arbitradas y portales científicos. Tal como se señaló en la sección 2.8, la cantidad de publicaciones nacionales es muy limitada, por lo que no es posible realizar un estudio cuantitativo de cantidad de publicaciones o temáticas abordadas similar a la realizada por otros estudios internacionales como el realizado por Gimenez-Maranges et al. (2020). Para ampliar el espectro se analizan las ponencias del Congreso Nacional de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria sección Uruguay (AIDIS). Este es el principal y único punto de encuentro de los profesionales vinculados a la ingeniería sanitaria y ambiental del Uruguay. Para el análisis se descargan los trabajos presentados a partir del 2005, y que están disponibles en el sitio web de AIDIS Uruguay⁸. Considerando el nombre de la mesa en la que se había incluido la ponencia, su título y resumen se le asigna un valor de categoría temática. La información es sistematizada en una tabla con los siguientes campos: Título, Autores, Año, Link, Temática.

⁸ <https://aidis.org.uy/>

Una vez realizado el análisis, la información se elabora una gráfica de cantidad de ponencias por tema según año y dos indicadores que dan muestra de la relevancia que se le da al tema: “cantidad ponencias drenaje pluvial/ cantidad ponencias totales” y “cantidad de ponencias sobre SUDS/ cantidad de ponencias sobre drenaje pluvial”.

En cuanto al avance de la implementación de dispositivos SUDS en espacio público se utilizan entrevistas a informantes calificados desarrolladas en dos instancias:

Año 2008 – La División de Inundaciones y Drenaje Urbano de Dinagua realiza una recorrida por todo el país entrevistando a técnicos y tomadores de decisión de todas las intendencias departamentales encargadas de la gestión del drenaje pluvial de las ciudades. Las entrevistas semi-estructuradas, que tuvieron un carácter general sobre la gestión de los drenajes pluviales, incluyeron una pregunta específica sobre el uso de dispositivos SUDS dentro de las obras que realiza la intendencia. La información recabada en cada intendencia fue resumida en planillas electrónicas y documentos de texto.

Año 2022 – En el marco de la realización del PNAPU el consorcio CSI-DICA, a solicitud de Dinagua, vuelve a realizar entrevistas a técnicos y tomadores de decisión. Un resumen de las respuestas es incluido en planillas electrónicas.

En el marco del presente estudio se revisan las planillas y documentos de texto realizados en 2008 y 2022 y se sistematizan en una nueva planilla electrónica. Las categorías utilizadas son presentadas en la Tabla 2.

Tabla 2 Categorías utilizadas para la sistematización de entrevistas a informantes calificados sobre incorporación de SUDS en sistema de drenaje público.

Categoría	Descripción
Departamento	Nombre del departamento.
Dispositivos SUDS construidos por intendencias departamentales en 2008	Respuesta cerrada con las siguientes opciones: "No": la intendencia no ha construido ni proyectado ningún dispositivo SUDS como parte de su sistema de drenaje pluvial. "Construida": la intendencia ha construido al menos un dispositivo SUDS como parte del sistema de drenaje pluvial de alguna localidad. "Proyectada": no se ha construido ningún dispositivo SUDS, pero la intendencia tiene proyectado al menos uno.
Dispositivos SUDS construidos por intendencias departamentales en 2022	Idem anterior
Tipo de dispositivos implementados	Tipos de dispositivos implementados o construidos en la localidad, según los resultados de las entrevistas de 2008 y 2022. Respuesta cerrada tomando como posibles respuestas las categorías de dispositivos definidas en Tabla1.

A partir de las tipologías propuestas en la Tabla 1 de la sección 2.2, se obtiene el parámetro “Cantidad de intendencias que han implementado al menos un dispositivo SUDS”. La comparación del valor obtenido en las entrevistas realizadas en 2008 y en 2022 se considera un indicador del avance que se ha tenido en la incorporación de SUDS en el drenaje público.

3.2 Análisis de normativa nacional y departamental

Se analiza el marco normativo de aguas y de ordenamiento territorial (OT). Para el análisis de la normativa referida a las competencias en gestión de aguas pluviales, sobre agua, ambiente y cambio climático se recurre a informes y artículos disponibles (Ministerio de Ambiente, 2023; Saravia, 2017; Saravia et al., 2022) y a la lectura directa de la norma, disponible en el portal de la Dirección Nacional de Impresiones y Publicaciones Oficiales (IMPO)⁹ y las páginas web de las propias intendencias¹⁰.

Los instrumentos de ordenamiento territorial se analizan en profundidad a partir de la base de datos elaborada para el proyecto “Integración del enfoque de adaptación en ciudades, infraestructura y ordenamiento territorial en Uruguay” desarrollado por FADU. Dicho estudio se estructuró en cuatro etapas, en una primera se realizó “una sistematización y caracterización del universo de documentos nacionales y departamentales; una segunda, que implica el procesamiento y análisis de documentos recopilados, realizando un análisis cuantitativo y elaborando fichas nacionales (por temática) y departamentales. En la tercera etapa se elabora a partir de un análisis cualitativo una síntesis escalar, temporal y temática. A partir de estos insumos, en la cuarta etapa se elabora un diagnóstico conclusivo (...). El procesamiento de los documentos se realizó a través del software Atlas.ti¹¹. Para el análisis de carácter nacional se sistematizaron 89 documentos (leyes, decretos, resoluciones ministeriales y documentos no vinculantes como guías de procedimientos). En cuanto a documentos de carácter departamental se analizaron 297 documentos correspondientes a temáticas urbanas y edilicias aprobados o en proceso de aprobación.” (FADU-UdelaR, 2021, p. 41).

No se contó con los archivos de Atlas.ti por lo que no se utiliza directamente este software para el análisis si no los resultados de consultas realizadas en el marco del proyecto por AdaptaFadu y sistematizadas en una planilla electrónica y carpetas con documentos.

A partir de esta planilla sistematizada se incorporan los instrumentos aprobados entre 2017 y 2023 y se analizan los pasajes de texto en los que se mencionan las palabras clave incluidas en la búsqueda.

A continuación se muestran los códigos y términos asociados de la consulta implementada por AdaptaFadu y resaltados los términos agregados en este estudio:

- Factor verde: FOS verde | FOV | F.O.S. verde | F.O.V. | **Rústico** | **Verde** |
- Factor de impermeabilización: FIS | F.I.S. | impermeabilización | PIS | P.I.S. | **impermeable** | **permeable**
- Control de escorrentías (dispositivos): depósitos subterráneos | cisternas | laminación | retención | absorción | **MCE** | **mitigación** | **SUDS** | **S.U.D.S.**

⁹ <https://www.impo.com.uy/>

¹⁰ <https://normativa.montevideo.gub.uy/volumenes>; <https://www.maldonado.gub.uy/digesto>;
<https://www.imcanelones.gub.uy/es/conozca/gobierno/normativa-departamental>;

¹¹ <https://atlasti.com/es>

Los instrumentos aprobados a partir de 2017 son obtenidos del Inventario Nacional de Ordenamiento Territorial disponible en el portal web de la Dirección Nacional de Ordenamiento Territorial del Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial.¹²

El inventario cuenta con una planilla electrónica con características generales de los instrumentos de ordenamiento territorial. Se toma esta planilla como base, incorporando columnas necesarias para el análisis. En la Tabla 3 se muestran los campos anteriores y los agregados para el análisis (en negrita).

Tabla 3 Categorías utilizadas para la sistematización de información de IOTs

Campo	Descripción
ESTADO	Categoría cerrada con el estado de aprobación del Plan: Aprobado, en elaboración.
DEPARTAMENTO	Nombre del/los departamentos
CLASE	Tipo de IOT
ID_Inst_Adapta	Identificador otorgado en proyecto AdaptaFadu
NOMBRE	Nombre del instrumento.
FECHA_DOC_	Fecha de aprobación.
NUM_EXP	Número de expediente del MVOT.
DESCRIPCIO	Descripción del instrumento.
TEXTO	Artículos vinculados a drenaje pluvial, limitación de impermeabilización de suelo o FIS.
LINK	Vínculo a página web
COMENTARIO	Comentario con resumen de interés para el estudio.
PARÁMETRO URBANÍSTICO	Campo cerrado con el tipo de parámetro urbanístico que limita la impermeabilización de suelo: FOSP, FOSV, FIS,
DISPOSITIVO SUDS	Booleano: SI - Incluye obligatoriedad de implementar dispositivos SUDS. No - No incluye.

Tal como puede verse en la Tabla 3 se han agregado algunos campos que permiten analizar la incorporación de parámetros urbanísticos que limitan la impermeabilización de suelo o obligan a privados a implementar dispositivos SUDS.

A partir del procesamiento de estos resultados se definen los siguientes indicadores “Cantidad de IOTs con parámetros urbanísticos con limitación a impermeabilización” / “Cantidad total de IOTs” y “Cantidad de IOTs con SUDS” / “Cantidad total de IOTs” aprobados por año.

3.3 Análisis de proyectos con SUDS en caso de estudio Montevideo

Se recibió por parte del Servicio de Estudios y Proyectos de Saneamiento de la Intendencia de Montevideo (SEPS) información de todos los proyectos de medidas de control de escurrimientos presentados por privados entre 2002 y 2022. Los proyectos se presentan en el

¹² <https://sit.mvot.gub.uy/inot/#/inicio>

marco de estudios de impacto pluvial realizados cuando se pretende superar cierto valor de área impermeable establecido por la normativa.

La información recibida es la siguiente:

- Informes con memoria de cálculo y descriptiva de las medidas propuestas
- Planos con áreas impermeables actuales y previstas en el proyecto
- Planos de implantación y detalle de los dispositivos propuestos
- Archivo de información geográfica con resumen de información del proyecto y del dispositivo SUDS a construir.
- Archivos de software hidráulico utilizado para el diseño del dispositivo SUDS.

Si bien la información recibida estaba organizada en carpetas y archivos, se encontraron algunas dificultades para su procesamiento en el marco de este estudio. En particular:

- Solo un 22% de los proyectos contaban con una estimación de costos de obra.
- La información no estaba estructurada como una base de datos.
- Presenta campos abiertos, lo que dificulta realizar consultas automáticas y análisis cuantitativos.
- Si bien se contaba con información desde 2002 hasta 2022, el shape solo incluía información de proyectos presentados entre 2015 a 2020.
- Algunas variables de interés presentadas en los informes no estaban incorporadas en la tabla del shape.

Para subsanar estos problemas se realizan las siguientes tareas:

- La información se estructura en una base de datos con tres tablas relacionadas: Tabla de Proyecto, Datos de dispositivo, Datos de padrón. Las tablas con los datos propuestos se presentan en Apéndice B.
- Se proponen categorías cerradas de campos, en particular de “Tipos de dispositivos”. Para la clasificación se utilizan las tipologías presentadas en el capítulo 2.
- Se proponen nuevos campos, como tipo de emprendimiento, caudales que ingresan y salen de cada dispositivo, costo (en caso de que el dato fue reportado en la documentación) o costo estimado (en caso de haberlo estimado en este estudio).
- Se ingresan datos nuevos a partir de la revisión de la información de cada estudio, en particular los caudales de ingreso y salida de cada dispositivo, y su costo.
- Se completan datos faltantes.
- Cuando algún dato no se encontró en los informes se consultan los archivos del software de modelación utilizada en el diseño (Storm Water Management Model) que es incluido dentro de la documentación del proyecto.

Uno de los datos de interés para el estudio es el del costo de inversión de cada dispositivo, ya que a partir del mismo se realiza la estimación de la inversión total realizada por privados. Dado que la cantidad de informes que contaban con este dato era de menos del 22% se decide completar este dato a partir de la estimación de costos unitarios por dispositivo. Luego de analizar los costos de cada tipo de dispositivo se define que para las medidas de detención (lagunas de retención con o sin espejo de agua permanente, estructuras de retención subterráneas y cunetas amortiguadoras) era posible definir un costo unitario por tipo de dispositivo tomando como parámetro el valor “costo/(Qin-Qout)” siendo que Qin y Qout son los caudales que ingresan y salen de cada dispositivo.

Para las medidas de infiltración se considera “Costo/área”. En algunos casos puntuales en que no se contaba con el tipo de dispositivo se toma un valor medio, que se estimó como el promedio de todos los dispositivos.

Los costos se actualizan según el índice de costos de la construcción (ICC) elaborado por el Instituto Nacional de Estadística de Uruguay¹³ considerando el año de aprobación y llevándolos a valores de diciembre 2023.

Una vez obtenidos los costos unitarios por tipo de dispositivo, se completa la planilla de costos, con los valores actualizados según ICC. A partir de estos datos se elabora una tabla que incluye la inversión por año y la inversión total que han realizado los privados en medidas SUDS en Montevideo. Para tener una magnitud de lo que esto implica, se compara con la inversión total realizada por el gobierno departamental. Este dato es tomado de una estimación previa realizada en el marco del PNAPU por CSI & DICA (2023).

De esta forma, a partir del análisis cuantitativo de la base de datos de proyectos presentados a la IM se obtienen los siguientes resultados cuantitativos:

- cantidad de dispositivos según tipología y función
- evolución temporal de la cantidad y tipo de dispositivo
- área total gestionada
- inversión anual y total realizada por privados
- inversión privada en SUDS/ inversión pública total en drenaje pluvial

También se realiza un análisis en sistema de información geográfica. Para esto se utiliza el software de uso libre QGIS¹⁴ con el que se genera un proyecto incorporando la siguiente información:

- tabla con datos de proyecto
- tabla con datos de padrón
- tabla con datos de dispositivo
- shape de padrones
- shape de colectores
- shape de cuencas de saneamiento
- shape de curvas de nivel cada 2 metros
- shape de áreas inundables según recurrencia

Los shapes de padrones colectores y cuencas de saneamiento son descargados del portal de la IM¹⁵. El shape de áreas inundables según recurrencia fue proporcionado por el Servicio de Estudios y Proyectos de Saneamiento de la IM y fue elaborado en el marco de la realización del PDUSM mediante modelación hidrodinámica.

Utilizando la herramienta “unión” de QGIS se vincula el shape de padrones con la tabla de datos de padrón. Ésta a su vez se une con la tabla de proyecto y de dispositivos, de forma que, para cada padrón, se tiene toda la información mencionada anteriormente y presentada en el Apéndice B.

¹³ <https://www.gub.uy/instituto-nacional-estadistica/tematica/icc-indice-costo-construccion>

¹⁴ <https://www.qgis.org/>

¹⁵ <https://geoweb.montevideo.gub.uy/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/home>

El shape de cuencas de saneamiento incluye solo el área servida con alcantarillado, por lo que para realizar los análisis por cuencas hidrográficas se trazaron las cuencas considerando las curvas de nivel cada 2 metros disponibles en el portal de la IM mencionado anteriormente.

Con esta información se crean los mapas que son presentados en la sección 4.3.4, y que se listan a continuación:

- Ubicación de padrones con medidas SUDS implementadas por privados y cuencas
- Tipología de dispositivos SUDS implementados por privados y zonas inundables de Montevideo
- Tipología de dispositivos SUDS implementadas por privados y zonas inundables de Montevideo según PDSDUM (área céntrica)
- Tipología de dispositivos SUDS implementadas por privados y sistema de saneamiento unitario, mixto y separativo (se considera que un colector es unitario si conduce conjuntamente aguas servidas y pluviales y mixto cuando tienen un tabique que en tiempo seco evita el mezclado de las aguas pero que, ante lluvias, funcionan como colector unitario).

Utilizando un geoproceto de selección espacial se calcula el área gestionada con SUDS privados por cuenca y su relación con el área total de la misma. Se considera que un área es gestionada con SUDS al área de los padrones involucrados en el trámite y que por sus características ha debido instalar un dispositivo SUDS. Este indicador busca estimar el impacto efectivo que la normativa está teniendo en la gestión del área y por tanto el caudal de cada cuenca.

Los mapas y el geoproceto mencionado anteriormente son interpretados para analizar la distribución espacial de los dispositivos según cuenca, respecto a las áreas inundables y el sistema de saneamiento. En el caso del sistema de saneamiento se busca evaluar si los dispositivos tienen un potencial para disminuir eventuales vertidos del sistema unitario o mixto.

La interpretación de los mapas se realiza considerando todo el departamento, por cuenca y considerando el área céntrica de la ciudad; de forma de contar con un abordaje multiescalar de la problemática.

3.4 Barreras y oportunidades para la implementación de SUDS y elaboración de propuestas

A partir de los análisis anteriores y de las oportunidades identificadas de la comparación con experiencias internacionales se realizan propuestas que buscan avanzar en la incorporación de SUDS por parte de privados en Uruguay. Se identifican también vacíos de información o investigaciones a desarrollar en el futuro.

El conocimiento del contexto internacional sobre SUDS permite conocer el “estado del arte” y da las bases conceptuales para la realización de propuestas. El contexto nacional da un anclaje en la realidad del país, también muy importante para la realización de las propuestas.

El análisis cuantitativo sobre el avance en la implementación de SUDS en Uruguay, en particular de la academia y del sector público, permite evaluar si el ambiente es propicio para avanzar en propuestas que potencien la introducción de dispositivos SUDS por privados.

La revisión de revistas arbitradas sobre limitantes e impulsores de SUDS permite contar con una base teórica sobre la que fundamentar que un cambio en normativa puede tener un efecto

positivo en la implementación de dispositivos SUDS. La revisión de algunos ejemplos de normativa de otros países permite ver cómo éstos están avanzando en los cambios normativos.

El conocimiento de competencias, marco normativo de aguas y de ordenamiento territorial en Uruguay da las bases jurídicas para la realización de propuestas. Permite también identificar vacíos y limitantes.

El análisis de la evolución temporal de los IOTs y la forma en que los mismos están incluyendo las limitaciones a la impermeabilización de suelo y la obligatoriedad de implementar SUDS permite identificar oportunidades de mejora.

El caso de estudio de Montevideo sirve para demostrar a través de un caso concreto cómo la normativa puede potenciar la implementación de SUDS por parte de privados. Sirve también para evaluar cómo todo lo mencionado de forma general en los capítulos anteriores se traduce en acciones concretas en el territorio, el impacto de las medidas normativas ya implementadas no solo por la cantidad de dispositivos, si no considerando el tipo y distribución espacial mencionada anteriormente.

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en la investigación.

En la sección 4.1 se analiza el avance de implementación de SUDS en Uruguay.

En la sección 4.2 se presenta el análisis de la normativa nacional y departamental de aguas y ordenamiento territorial y su relación con SUDS.

En la sección 4.3 se incluyen los resultados obtenidos del análisis de proyectos presentados por personas y empresas privadas en Montevideo y su relación con la normativa.

Finalmente, en la sección 4.4, se presentan lineamientos sobre contenidos a incluir en normativa o guías técnicas que potencien el uso de dispositivos SUDS en Uruguay.

4.1 Estado del arte en la inclusión de SUDS en Uruguay

El avance en la inclusión de dispositivos SUDS en el país se realiza a partir de dos análisis complementarios. En la sección 4.1.1 se analiza la importancia que los SUDS están teniendo en la consideración de investigadores y profesionales de Uruguay, mientras que en la sección 4.1.2 se analiza cómo las intendencias departamentales avanzan en la inclusión de dispositivos SUDS en las obras de drenaje pluvial.

4.1.1 Consideración de SUDS por investigadores y profesionales del sector

Se presenta a continuación el análisis cuantitativo de las presentaciones realizadas en los congresos nacionales de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria sección Uruguay (AIDIS). Se analiza la participación respecto a otras temáticas como agua potable, saneamiento, recursos hídricos, residuos sólidos, entre otros.

La Figura 15 muestra la cantidad de ponencias presentadas en cada congreso discriminada por temática. En el caso de drenaje pluvial se resaltan los trabajos asociados a SUDS.

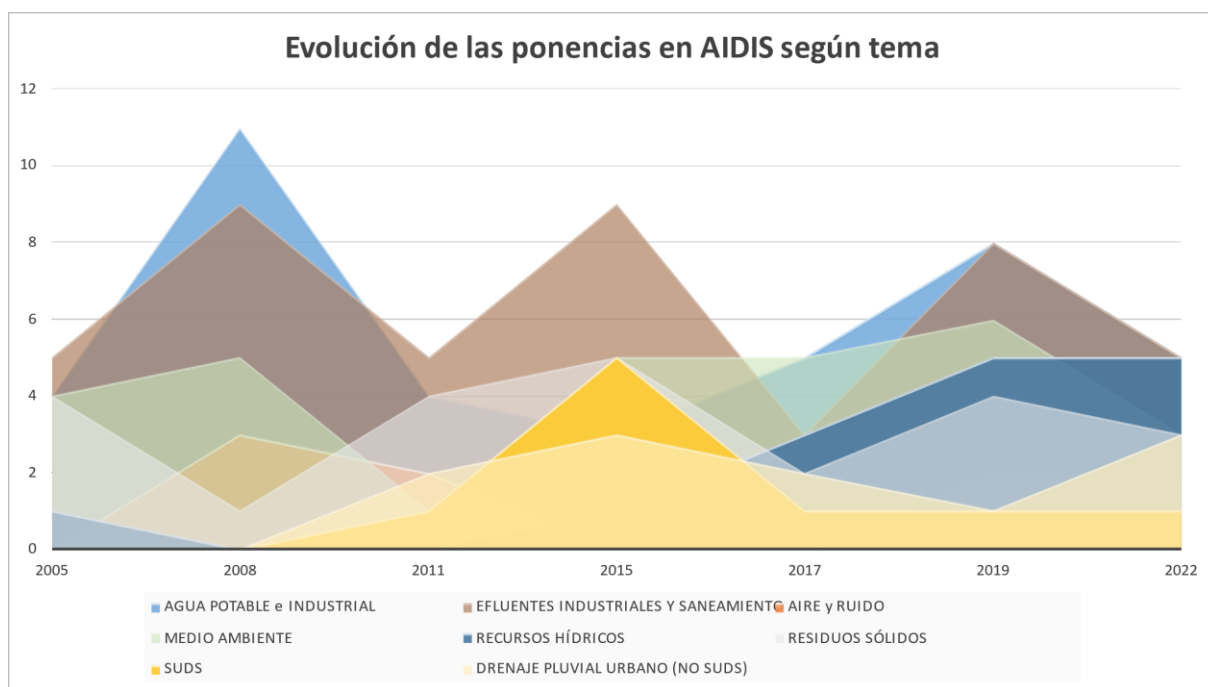


Figura 15 Evolución temporal de cantidad de ponencias en congresos nacionales de ingeniería según temática

En la figura 15 puede verse que los primeros congresos no incluían ponencias vinculadas a drenaje pluvial, siendo que a partir de 2011 representan aproximadamente un 10% del total. Aproximadamente la mitad de estos refieren a estudios o proyectos de drenaje sustentable.

Las ponencias presentadas tratan sobre la experiencia de Montevideo en el uso de estanques de retención para macrodrenaje, parques lineales inundables, experiencias de medidas no estructurales en Montevideo y Canelones (normativa), reutilización de aguas de lluvia, la elaboración de una herramienta para la selección de medidas de reducción de inundaciones que incluye SUDS y la presentación de una guía de diseño con enfoque de drenaje sustentable por parte de Dinagua. Los títulos de las ponencias se incluyen en Apéndice A.

4.1.2 Incorporación de dispositivos SUDS en obras públicas de drenaje pluvial

En cuanto a la inclusión de SUDS como parte del sistema de drenaje pluvial en espacio público se ve un importante avance al comparar los resultados obtenidos en encuestas aplicadas a técnicos y tomadores de decisión de intendencias departamentales en 2008 y 2022.

En 2008, solo 4 de los 19 gobiernos departamentales (21%) habían construido algún dispositivo SUDS. En 2022 este valor aumenta a 11 (58%), incluyendo los departamentos más poblados: Montevideo, Canelones, Maldonado y Salto. De los restantes, cuatro tienen proyectos que incluyen SUDS por lo que se espera en el corto plazo llegar al 80% de departamentos con al menos un dispositivo SUDS construido por las intendencias.

La Tabla 4 muestra los resultados de la sistematización de las respuestas dadas en cada uno de los departamentos. Los criterios de sistematización y las categorías son presentadas en la Tabla 2 de la sección 3.1.

Tabla 4 Utilización de dispositivos SUDS en obras públicas de drenaje pluvial según encuestas realizadas en 2008 y 2022

Departamento	SUDS en 2008	SUDS en 2022	Tipo dispositivo (2022)
Artigas	No	Proyectada	Laguna de ret. sin espejo de agua permanente
Canelones	Construida	Construida	Cuneta amortiguadora, Laguna de retención sin espejo de agua permanente
Cerro Largo	Proyectada	Construida	Laguna de ret. sin espejo de agua permanente
Colonia	No	No	
Durazno	No	No	
Flores	No	Construida	Laguna de ret. sin espejo de agua permanente
Florida	No	No	
Lavalleja	No	No	
Maldonado	Construida	Construida	Laguna de ret. sin espejo de agua permanente
Montevideo	Construida	Construida	Laguna de ret. sin espejo de agua permanente, Jardín de lluvia, Amortiguación subterránea
Paysandú	No	Proyectada	Laguna de ret. sin espejo de agua permanente
Rio Negro	No	Construida	Laguna de ret. sin espejo de agua permanente
Rivera	No	Construida	Techos verdes, laguna de ret. sin espejo de agua permanente, jardín lluvia
Rocha	No	Proyectada	Laguna
Salto	No	Construida	Laguna de ret. sin espejo de agua permanente, Jardín de lluvia
San José	No	Construida	Cuneta amortiguadora
Soriano	No	Construida	Laguna de ret. sin espejo de agua permanente
Tacuarembó	No	Proyectada	Laguna de ret. sin espejo de agua permanente
Treinta y tres	Construida	Construida	Laguna de ret. sin espejo de agua permanente

En la Tabla 4 se muestra que los dispositivos más utilizados son las lagunas de retención (14 intendencias), seguidos por los jardines de lluvia (3 intendencias) y las cunetas amortiguadoras (2). Solo Montevideo ha implementado estanques de retención subterráneos, con 7 depósitos construidos con volúmenes de entre 1.700 y 12.800 m³ cada uno¹⁶.

En las entrevistas se identifican también las intendencias que cuentan con planes directores de drenaje pluvial, encontrándose que cuatro intendencias contaban con al menos una localidad con un plan de este tipo. De los 5 planes existentes en Uruguay¹⁷, cuatro de ellos han incluido dentro de ellos medidas y dispositivos SUDS.

4.2 SUDS en normativa nacional y departamental

En esta sección se analiza la normativa nacional y departamental relacionada con el tema, incluyendo un análisis de competencias, normativa sobre aguas, ambiente, cambio climático y ordenamiento territorial. En la sección 4.2.3 se analizan instrumentos de ordenamiento

¹⁶ <https://montevideo.gub.uy/noticias/medio-ambiente-y-sostenibilidad/asi-funcionan-los-tanques-de-amortiguacion-de-lluvias-en-montevideo>

¹⁷ Las localidades con planes directores de drenaje pluvial son: Montevideo, Ciudad del Plata, Ciudad de la Costa, La Paz-Las Piedras-Progreso y Rivera.

territorial y en la sección 4.2.5 se presenta un análisis detallado de la normativa relacionada con SUDS de Montevideo.

4.2.1 Competencias

Las competencias en la gestión de las aguas pluviales del Uruguay acompañan la estructura organizativa del país. Ésta se estructura en tres poderes independientes: el Poder Ejecutivo (PE), el Poder Legislativo y el Poder Judicial. Además, Uruguay se divide en 19 departamentos, cada uno con su propio gobierno local, con un intendente que lidera el Ejecutivo departamental y una Junta Departamental que legisla en asuntos de su departamento. Existe también un tercer nivel de gobierno que se realiza a través de alcaldías, presentes en los municipios de mayor tamaño de cada departamento, con alcaldes y concejos municipales elegidos democráticamente, responsables de gestionar asuntos locales específicos y de proximidad en sus comunidades.

A nivel Nacional compete al PE a través del Ministerio de Ambiente (MA) fijar la política nacional ambiental, incluyendo la protección del ambiente, la gestión sustentable e integrada de los recursos hídricos y la mitigación y adaptación al cambio climático¹⁸. Compete también supervisar, vigilar y regular todas las actividades, obras públicas y privadas relativas a la evacuación de aguas pluviales, pudiendo disponer lo pertinente para la protección contra efectos nocivos o afectación del régimen pluvial o los ecosistemas¹⁹.

La Dirección Nacional de Aguas del MA tiene por cometido establecer la política nacional de las aguas, dentro de las que se encuentran las aguas pluviales urbanas. Uno de sus cometidos sustantivos es definir políticas nacionales relacionadas a la gestión de las aguas pluviales promoviendo drenaje sustentable²⁰.

La planificación, construcción y mantenimiento del drenaje pluvial de las ciudades es realizada por el ejecutivo departamental, según la Ley Orgánica Municipal de 1935: evitar inundaciones, ejercer la policía higiénica y sanitaria, preservación de calidad de aguas, realizar obras de vialidad e instrumentos de ordenamiento territorial ²¹.

4.2.2 Normativa nacional sobre aguas, ambiente, cambio climático y ordenamiento territorial

A nivel nacional existe un marco jurídico que plantea objetivos programáticos y herramientas para la gestión sustentable de las aguas, el ambiente, el ordenamiento territorial y el cambio climático. En la Figura 16 se presenta una línea de tiempo con las principales normas de alcance nacional que inciden en la gestión del drenaje pluvial urbano.

¹⁸ Artículo 293 Ley 19889/2020.

¹⁹ Artículo 4 del Código de Aguas, Decreto Ley 14.859/79

²⁰ <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/institucional/estructura-del-organismo/direccion-nacional-aguas>

²¹ Artículos 16,17, 24, 25 y 38 de la Ley Orgánica Municipal, Ley 9515/935.

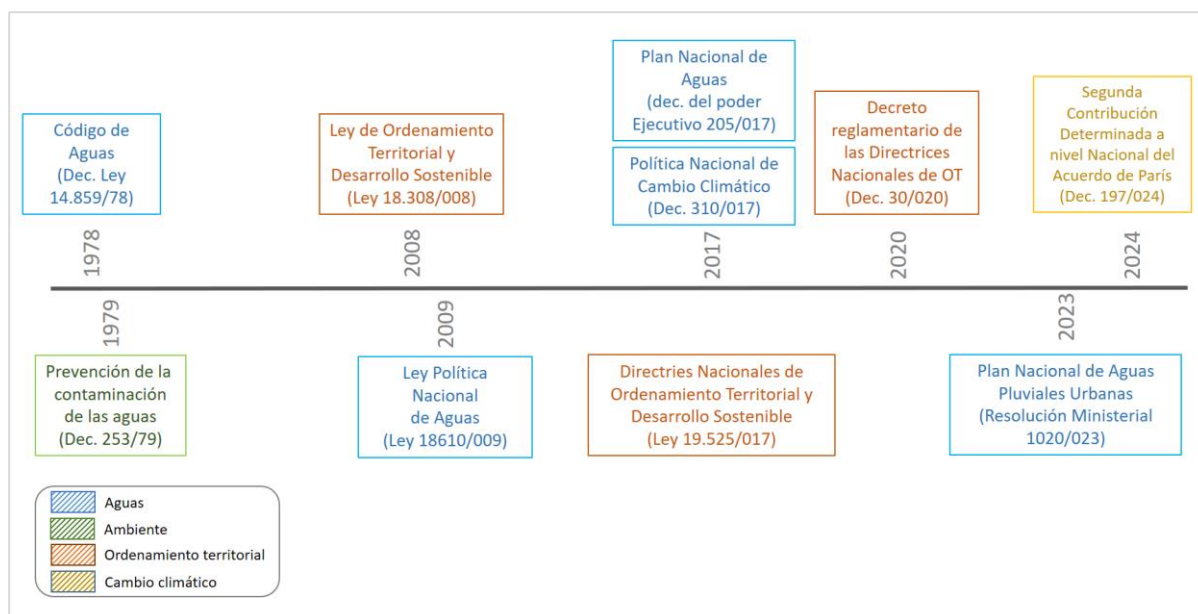


Figura 16 Línea de tiempo sobre normativa nacional de aguas, ambiente y ordenamiento territorial relacionada con gestión de aguas pluviales y SUDS

Puede verse que el marco normativo ha ido evolucionando, con cambios importantes en los últimos años.

En su conjunto, la Política Nacional de Aguas, el Plan Nacional de Aguas, la Política Nacional de Cambio Climático, y las Contribuciones Determinadas proporcionan un marco general proclive a la adopción de SUDS ya que programáticamente plantean objetivos alineados con SbN y SUDS.

En cuanto a herramientas de gestión concreta en materia de aguas pluviales, se destaca el Código de aguas (Decreto Ley 14859/78). El código incluye un enfoque tradicional de las aguas, sin considerar aspectos vinculados a la calidad. A pesar de esto se aplica para la resolución de conflictos entre privados ya que plantea la obligación general de no afectar a terceros y de no agravar problemas ya existentes; conflictos que deben resolverse con intervención del Poder Judicial.

Varias leyes nacionales aprobadas recientemente abordan el tema de las inundaciones, planteando la obligación de identificar las áreas inundables, realizar mapas de riesgo y condicionando o prohibiendo usos y actividades a desarrollar en áreas inundables (Leyes N°.18.308/008, N°.19.525/017 y Decreto del PE N°.30/020).

Por otro lado, la Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible (N°.18.308/008) plantea que para definir que un suelo sea considerado urbano consolidado debe contar con drenaje de aguas pluviales y que las nuevas urbanizaciones y fraccionamientos antes de su autorización definitiva ejecuten a su costo las obras necesarias, entre ellas las de drenaje pluvial.

En lo referido específicamente a drenaje pluvial, el Plan Nacional de Aguas Pluviales Urbanas aprobado en 2023 (RMs. 2030/023), representa un importante y ambicioso esfuerzo por impulsar la ejecución de drenajes pluviales con un enfoque de sustentabilidad. Incluye objetivos, estrategias y líneas de acción que incluyen como parte fundamental la incorporación de SUDS.

En la Tabla 5 se presenta un listado de las normas, una descripción general y un análisis de su implicancia para la gestión de las aguas pluviales urbanas y la promoción de SUDS.

Tabla 5 Normativa nacional de aguas, ambiente y ordenamiento territorial y relación con gestión de aguas pluviales y SUDS.

Nombre	Contenido general	Sobre Aguas Pluviales Urbanas
Código de Aguas (Dec. Ley 14.859/78)	Criterios generales para la explotación de recursos hídricos con énfasis en el aprovechamiento y la propiedad del agua. Define competencias en materia de aguas.	Establece las competencias del PE y del MA, dentro las que se encuentran supervisar, vigilar y regular la evacuación de las aguas y disponer lo pertinente para evitar efectos nocivos, modificaciones al ciclo hidrológico y a los ecosistemas. Habilita a establecer especificaciones técnicas y someter a aprobación obras de drenaje y a la aplicación de multas, a revertir o realizar obras y en casos de estar en riesgo la vida o la salud de personas a remover de por sí (Art 4). Establece que los propietarios de álveos no pueden realizar obras que modifiquen su curso natural en perjuicio a terceros (Art. 24) y que para encauzar aguas pluviales hacia un predio privado debe constituirse previamente una servidumbre. Define las servidumbres de acueducto, de saneamiento y servidumbres naturales (Art 74 y 75). Plantea los mecanismos para dirimir conflictos entre privados, vinculados a cantidad de agua, con una predisposición al uso de la vía judicial sobre la administrativa.
Prevención de la contaminación de las aguas (Dec. 253/79)	Plantea disposiciones para la prevención de la contaminación de las aguas.	Propone una clasificación de los cursos de agua según su uso, estándares de calidad para los cursos de agua y para los efluentes a verter en ellos (Art 3, 4 y 11).
Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible (Ley 18.308/008)	Es el marco regulador general del ordenamiento territorial. Define las competencias, Objetivos, mecanismos de participación e instrumentos para el OT.	Es objetivo del OT y de los IOTs proteger el ambiente y los recursos naturales, incluyendo varias medidas al respecto (Art. 2, 4, 5, 7, 47, 48 entre otros). Los propietarios de inmuebles tienen el deber de proteger el medio ambiente y la biodiversidad (Art. 37). Plantea que un criterio para la categorización de suelo es la existencia de drenaje pluvial y la obligatoriedad de los privados de realizar a su costo obras pluviales para fraccionar o cambiar categoría de suelo (Art 32 y 38). La posibilidad de expropiación por parte de la intendencia para la realización de obras viales y de drenaje pluvial (Art. 62) y que quedan fuera de los procesos de urbanización los predios necesarios para la gestión sustentable de los recursos hídricos (Art 48). Los IOTs deben guiar los desarrollos urbanos hacia zonas no inundables, la inclusión de mapas de riesgo, la prohibición de uso residencial permanente en zonas inundables con recurrencia menor a 100 años que no cuenten con mapas de riesgo (Art 49).
Ley Política Nacional de Aguas (Ley 18610/009)	Plantea los principios rectores de la Política Nacional de Aguas y establece que es el Ministerio de Ambiente quien debe proponer al PE la Política Nacional de Aguas (Art6).	Dentro de los principios se encuentran: la preservación del ciclo hidrológico como un asunto de interés general, la planificación por cuenca, la gestión integral de recursos hídricos, la participación, que la afectación de la cantidad y calidad de los recursos hídricos hará incurrir en responsabilidades a quienes la provoquen y que la falta de certezas técnicas o científicas no exime de realizar medidas de prevención, mitigación y recomposición (Art. 8). Coloca al drenaje pluvial como una componente del “Saneamiento Integral” (Art 14).
Plan Nacional de Aguas (dec. del poder Ejecutivo 205/017)	Instrumento técnico político para la gestión integrada y sustentable de los recursos hídricos. Plantea objetivos, estrategias, programas y metas país.	Plantea como objetivos la reducción de riesgo de inundaciones (P03) y la elaboración de Planes de Aguas Urbanas (P06). Para la reducción de riesgo de inundaciones incluye metas como la implementación de mapas de riesgo de inundaciones urbanas.
Política Nacional de Cambio Climático (Dec. 310/017)	Es el marco estratégico que estructura las acciones para hacer frente a los desafíos del cambio climático.	Incluye dentro de sus líneas de acción fortalecer la gestión de riesgos de desastres, promover el desarrollo de ciudades, comunidades, asentamientos humanos e infraestructuras sostenibles y resilientes frente al cambio y la variabilidad climática (Art 4 párrafo 10).

Directrices Nacionales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible (Ley 19.525/017)	Directrices generales para la aplicación de la Ley 18.308	Repite los objetivos de protección ya incluidos en la Ley de OT y DS. Define que los IOTs referidos a suelo urbano y suburbano deben considerar las aguas pluviales, siguiendo los criterios de Dinagua. Queda prohibida la urbanización de áreas inundables. (Art. 22). Propone como lineamiento de protección para los principales cursos y cuerpos de agua la delimitación de zonas buffer, pero no plantea disposiciones sobre las cañadas y pequeños cursos (Art. 30).
Decreto de las Directrices Nacionales de OT (Dec. 30/020)	Reglamentación de la Directrices de OT y DS	Los IOTs deben identificar las áreas inundables (Art. 19). En áreas no urbanizadas plantea las obras, construcciones y actividades admisibles en zonas inundables, para las áreas urbanizadas plantea la necesidad de realizar mapas de riesgo (Art.20 y 21).
Plan Nacional de Aguas Pluviales Urbanas (Resolución Ministerial 1020/023)	Instrumento de gestión que permite comprender la interacción de las aguas pluviales con la ciudad, identifica conflictos y potencialidades; define líneas estratégicas, programas y acciones concretas, priorizadas y etapabilizadas en un plan de inversiones a corto mediano y largo plazo.	Dentro de los objetivos y principios está impulsar la implementación de SbN y SUDS. Dentro de los programas a implementar se destacan: LA1.2. y 1.3.1 – Elaboración de Planes directores de drenaje pluvial y Diseño y ejecución de obras de infraestructura pluvial (con énfasis en SUDS y SbN). 1.3.3 Promoción de sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) e incorporación de soluciones basadas en la naturaleza (SbN). 1.3.4. Integración de los cursos de agua urbanos en la planificación y gestión del drenaje, impulsando su renaturalización y avanzando en la regularización de cañadas y pluviales ubicados en padrones privados. LE 2.1 Planificación de las aguas y ordenamiento territorial. LE 2.2 Intervenciones sustentables en espacio público y privado. LA 3.3.2 Elaboración de guías para capacitar y definir criterios a nivel nacional.
Segunda Contribución Determinada a nivel Nacional del Acuerdo de París (Dec. 197/024)	Compromisos asumidos por el país para la disminución de gases de efecto invernadero y la adaptación al cambio climático	Dentro de los compromisos se propone que en 2030 todos los IOTs incluyan medidas de adaptación al riesgo climático, 100% de las ciudades con riesgo de inundación medio o superior cuenten con mapas de riesgo (incluyendo drenaje pluvial), se haya iniciado la implementación del PNAPU y los instrumentos de edificación incluyan soluciones basadas en la naturaleza como medida de adaptación al cambio climático.

4.2.3 Instrumentos de ordenamiento territorial

A nivel departamental o en el marco de las normas de alcance nacional, los gobiernos departamentales regulan y gestionan las aguas pluviales a través de: ordenanzas de construcción y sanitaria interna, ordenanzas de fraccionamiento y otros instrumentos de ordenamiento territorial (IOTs).

Como se verá más adelante, los IOTs están fuertemente relacionados con el drenaje pluvial ya que establecen los usos de suelo admitidos, los porcentajes de impermeabilización de suelo, las áreas fraccionables y las obras a realizar previo a la urbanización de un padrón o conjunto de padrones.

Dado que es objetivo de la tesis analizar en particular cómo promover la implementación de SUDS por parte de privados, interesa particularmente analizar cuáles son las normas que promuevan u obstaculicen la implementación de SUDS por los mismos.

En la Tabla 6 se resumen algunos de los IOTs establecidos por la Ley 18.308/2008 de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible (LOT):

Tabla 6 Instrumentos de Ordenamiento Territorial y sus características. Adaptado de Saravia (2017)

Instrumento y alcance	Naturaleza y base jurídica	Contenido
Directrices Departamentales (nacional)	Ley Nacional de iniciativa del Poder Ejecutivo (arts.9 y 10 LOTyDS)	Lineamientos para los IOTs, políticas sectoriales y proyectos de inversión; determinación de áreas sujetas a régimen especial de protección ambiental; fortalecimiento de la coordinación, cooperación y fortalecimiento institucional.
Programa Nacional de ámbitos territoriales concretos (nacional)	Decreto del Poder Ejecutivo (Art. 11 LOTyDS)	Bases estratégicas de ámbitos territoriales concretos o sectores específicos de interés territorial nacional; acciones para la coordinación y cooperación entre las instituciones públicas.
Estrategias regionales (regional)	Decreto del Poder Ejecutivo y Decreto departamental con fuerza de ley (art 12 y 13 LOTyDS)	Objetivos regionales y lineamientos estratégicos de la región; coordinación de Gobierno Nacional, Departamental y privados; planificación de los servicios e infraestructuras territoriales; propuestas de desarrollo regional.
Planes Interdepartamentales (regional)	Decreto departamental con fuerza de ley (art.18 LOTyDS)	Ordenamiento de microrregiones compartidas por dos o más departamentos.
Ordenanza Departamental (departamental)	Decreto departamental con fuerza de ley (art.15 LOTyDS)	Determinaciones generales de gestión, planificación y actuación territorial; incluye ordenanzas de ordenamiento territorial, de fraccionamiento, de construcción y de sanitaria interna.
Directrices Departamentales (Departamental)	Decreto departamental con fuerza de ley (art.16 LOTyDS)	Ordenamiento estructural del departamento; principales decisiones sobre el proceso de ocupación, desarrollo y uso del territorio
Planes Locales (local)	Decreto departamental con fuerza de ley (art.17)	Ordenamiento de ámbitos geográficos locales.
Planos Parciales (local)	Decreto departamental con fuerza de ley (art.20 LOTyDS)	Ejecutar actuaciones específicas de fomento o protección productivo rural, renovación, rehabilitación, consolidación y expansión urbana, conservación ambiental o paisaje, entre otros.
Planes Sectoriales (local)	Decreto departamental con fuerza de ley (art.20 LOTyDS)	Regulación detallada de políticas o proyectos sectoriales con impacto estructurante.
Programa de Actuación Integrada (local)	Decreto departamental con fuerza de ley (art.21 LOTyDS)	Transformación de sectores de suelo categoría urbana, suburbana y rural con el atributo de potencialmente transformable.
Otros Instrumentos de Protección (local)	Decreto departamental con fuerza de ley (art.22 LOTyDS)	Determinar el régimen de protección para sectores territoriales a fin de asegurar su conservación por su interés histórico, ambiental o patrimonial.

A continuación, se analiza cómo los IOTs han incorporado disposiciones sobre aguas pluviales, incluyendo:

- consideraciones generales sobre drenaje pluvial y pequeños cursos de agua urbanos
- limitaciones a la impermeabilización de suelo
- obligatoriedad de implementación de dispositivos SUDS por parte de privados

a. Consideraciones generales sobre drenaje pluvial y pequeños cursos de agua

De la revisión del texto de los IOTs se ha verificado que en general incluyen dentro de sus objetivos la reducción de riesgo de inundaciones y la gestión de los drenajes pluviales. En cumplimiento con lo establecido en la LOTyDS los drenajes pluviales son mencionados dentro de los criterios para la clasificación de suelo y como condicionante para la aprobación de fraccionamientos nuevos o cambios de categoría. En general los IOTs repiten criterios o pautas que ya estaban definidos por una norma de mayor alcance (LOTyDS) y solo en algunos casos profundizan o adaptan estos criterios considerando las particularidades del ámbito de aplicación u organizativos de la institución. A modo de ejemplo, se presenta a continuación lo establecido en la LOTyDS (de escala nacional) y en el plan local de Bella Unión y su microrregión (escala subnacional). La LOTyDS establece:

Art 32) (Suelo Categoría Urbana).- El suelo categoría urbana comprenderá las áreas de territorio de los centros poblados, fraccionadas, con las infraestructuras y servicios en forma regular y total (...)

Art 38) (Condiciones generales de los instrumentos. Límites y estándares mínimos)

En todos los casos los instrumentos de ordenamiento territorial exigirán que las nuevas urbanizaciones y fraccionamientos antes de su autorización definitiva ejecuten a su costo, la red vial y la conexión a la red vial general para la continuidad de la trama existente, además de las infraestructuras indicadas en el literal a) del artículo 32 de la presente ley.

Por lo que en el Plan Local de Bella Unión y su Microregión se definió que:

Artículo 83º) - Nuevas Urbanizaciones o fraccionamientos.

Toda nueva urbanización o fraccionamiento de padrones que implique creación de vías de tránsito, o se vea afectado por vías existentes, cuyas alineaciones concurran a él, deberá construir a costo del promotor, red vial y la conexión a la red vial general, con tipo de pavimento predominante en la zona, además de las redes de agua potable, drenaje de aguas pluviales, evacuación de aguas servidas, energía eléctrica y alumbrado público.(...)²²

Algunos instrumentos presentan pautas o disposiciones para cañadas o pequeños cursos de agua urbanos como la imposición de servidumbres, zonas “non edificandi” o retiros. Estos se plantean como anchos fijos que van desde 5 a 30 metros, no siendo explícito el criterio utilizado para su definición. En algunos casos estos anchos son considerados como provisorios pudiendo modificarse a partir de estudios específicos a realizar por las intendencias departamentales (Planes Directores de Drenaje Pluvial, Plan de Servidumbres, Proyecto de obras) o por los

²² Decreto departamental N°3322/015 de Artigas – Plan Local de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible de Bella Unión y su Microrregión.

propios privados al momento de presentar solicitudes de fraccionamientos o permisos de construcción.

Un 5% de los planes incluyen artículos que encomiendan al ejecutivo departamental la realización de Planes Directores de Drenaje Pluvial, o proyectos para zonas específicas que incluyen obras de drenaje pluvial. A modo de ejemplo se presenta a continuación un artículo extraído del plan local de la ciudad de Vergara.

Artículo 24.- Constituyen lineamientos estratégicos para el desarrollo urbano:

(...)d) Elaborar un instrumento derivado “Plan Parcial” denominado Plan Director de Afectación por Desagües Pluviales, estableciendo las servidumbres de paso, zonas “non edificandi” y de acueducto en las cañadas urbanas y las zonas de drenaje pluvial urbano. Las afectaciones de Servidumbre “non edificandi”, se determinarán en función de la situación altimétrica de cada padrón o manzana.

e) Hasta tanto no esté elaborado el Plan Parcial, establecido en el literal anterior, regirán los siguientes lineamientos:

e.1) Para las cañadas urbanas se establece la prohibición de edificar o rellenar terrenos de acuerdo a la siguiente descripción, cuya distancia está referida a ambos lados del eje del curso de agua: en el cañadón denominado “El Charco”(…)(ver Plano N° MO 08 – Cañadas urbanas). Propone anchos de 4 y 20 metros.

e.2) Para intervenciones sobre aquellos predios padrones urbanos afectados por la servidumbre descrita en el literal anterior, deberá presentarse por parte del interesado, el estudio hidráulico correspondiente, el que será revisado por los técnicos municipales para su desafectación.

e.3) Se crea la servidumbre de paso y de acueductos, en aquellos predios donde discurren cañadas urbanas y sea necesaria la ejecución de obras de regulación, rectificación, encauzamiento, entubamiento, canalización u otras, para el ordenamiento de las aguas pluviales de la ciudad de Vergara y su micro región.

En todos los casos vale la restricción mayor, salvo autorización expresa de la Oficina de Ordenamiento Territorial y en las condiciones que la misma establezca (ver Plano N° MO 08 – Cañadas urbanas).

e.4) Se crea la servidumbre consistente en el acceso de equipos para mantenimiento y limpieza en cañadas urbanas. (...)²³

b. Límite a la impermeabilización de suelo

Por su temática y escala, los Planes Locales, Planes Parciales, Planes Especiales, Planes de Actuación Integrada y Ordenanzas pueden incluir disposiciones que limiten de alguna forma la impermeabilización de suelos.

La limitación de impermeabilización de suelo está relacionada con los caudales de escorrentía y el agua a gestionar por los sistemas de drenaje pluvial. Desde un punto de vista simplificado, puede considerarse que los caudales de una cuenca son proporcionales al grado de impermeabilización de la misma. Según el método racional, esto puede expresarse siguiendo la siguiente ecuación:

²³ Dec. 19/022 de la Junta Departamental de Treinta y Tres. Plan Local de Ordenamiento Territorial de la Ciudad Vergara.

$$Q = C \times i \times A \text{ (Ecuación 1)}$$

Siendo que Q es el caudal superficial que escurre en el punto de cierre de la cuenca en metros cúbicos por segundo, C es un coeficiente adimensionado que depende del porcentaje de impermeabilización de suelo, *i* la intensidad de precipitación medida en metros por segundo y A el área de aporte medida en metros cuadrados (Chow et al., 1993).

A partir del análisis de los instrumentos mencionados anteriormente se ha visto que un 30% de estos instrumentos han incluido alguno de los siguientes parámetros:

- FOSR: factor de ocupación de suelo rústico. (...) *relación entre el área admitida de transformación de las características del suelo y de vegetación existente incluyendo las edificaciones y pavimentos exteriores, y el área total del predio*²⁴.
- FOSV: factor de ocupación de suelo verde (...) *“porcentaje mínimo de ocupación del suelo que deberá permanecer permeable a las aguas de lluvia. Las superficies permeables serán aquellas que posibiliten infiltración de aguas de lluvia al terreno, como ser césped o arena. Será considerada área impermeable toda aquella superficie que no permita la infiltración al terreno como ser asfalto, hormigón, tosca compactada, veredas, techos, entre otros. En el caso de colocar piedra partida suelta o green-blocks se computará como FOSV el 50 % del área afectada.”*²⁵
- FOSP: Factor de ocupación de suelo permeable (...) *“refiere al porcentaje de suelo en la parcela que tiene que quedar libre de pavimentación (permeable) y edificaciones.”*²⁶
- FIS: Factor de impermeabilización de suelo (...) *Se entiende por Factor de Impermeabilización del Suelo, (FIS), el porcentaje de la superficie total del predio que puede recubrirse con materiales impermeables, y se encuentra graficado en la cartografía correspondiente. Se contabilizan como superficies impermeables todas las superficies techadas y/o pavimentadas con materiales de baja permeabilidad tales como hormigón o carpeta asfáltica, incluido el balasto compactado y/o en la que se coloquen elementos que restrinjan en forma muy significativa la infiltración de agua en el terreno bajo los mismos, tales como rolos o contenedores.*²⁷

Si bien los parámetros son similares, presentan pequeñas diferencias. Mientras que el FOSR y el FOSV tratan de mantener cierta morfología urbana, el FIS y el FOSP están directa y únicamente vinculados al drenaje pluvial.

Más allá de que su objetivo principal sea o no el control de escorrentía, su aplicación tiene un impacto directo en el coeficiente de escorrentía C, mencionado en la Ecuación 1.

En general, FOSV, FOSP y FIS guardan cierta relación con el FOS; se ha visto que en general su valor es un 10% superior al FOS.

Canelones es el único gobierno departamental que ha establecido parámetros para todo el departamento. En la Ordenanza de Construcción establece valores máximos de FOSV dependiendo de la clasificación de suelo. Estos valores son presentados en la tabla siguiente:²⁸

²⁴ Plan Los Cabos. Rocha. Captítulo 4 Usos y Ocupación de Suelo.

²⁵ Plan Local de La Paz, Las Piedras, Progreso (Microregión 7). Art. 5 Sistemas de drenaje pluvial.

²⁶ Plan Local de Conchillas y su Microregión. Art. 44 Definición de Atributos Urbanísticos.

²⁷ Plan Montevideo o Plan de Ordenamiento Territorial 1998-2005. D223.289 Instrumentos del ámbito departamental Apartado II Plan de Ordenamiento Territorial. Urbanismo Título VI De las normas de régimen general en suelo rural. Digesto Departamental.

²⁸ Art. 57-59 Ordenanza Departamental de Canelones.

https://www.imcanelones.gub.uy/sites/default/files/pagina_sitio/archivos_adjuntos/ordenanza_de_edificacion.pdf

Tabla 7 Categorías de suelo y FOSV propuesto según Ordenanza de Construcción de Canelones.

Tipo de suelo	Subtipo	FOSV(%)
Urbano consolidado	Cascos urbanos 1	0
	Centros urbanos 1	30
	Centro urbano balnearios	30
Urbano no consolidado	Cascos urbanos 2	10
	Centros urbanos 2	30
	Centro balnearios y barrio jardín	50
	Residencial de habitación permanente	30
	Preferentemente turístico	50
Suburbano	Preferente de actividades productivas y servicios (general)	50
	Preferente de actividades productivas y servicios (protección de paisaje rural)	60

Puede verse como en este, los valores mínimos de FOSV varían de 0% a 60%; por ejemplo en el caso de “Cascos urbanos 1” que corresponde con una zona consolidada de una ciudad con densidad alta, se ha definido un FOSV del 0%, habilitando la impermeabilización total del predio. En cambio en zonas turísticas, balneario y barrio jardín se establece un FOSV del 50%, promoviendo un paisaje más verde, acorde a los usos admitidos.

En general los Planes Locales, Planes Parciales, Planes Especiales y Planes de Actuación Integrada aplican exigencias de FOSV solo a algunas áreas, usos o tipos de construcciones específicas: zonas con usos logísticos, grandes superficies; áreas de expansión destinadas a usos residenciales de alto poder adquisitivo.

En la tabla siguiente se muestran los valores usuales de FIS, FOSV o FOSRN que se aplican en los distintos IOTs del país. Puede verse una gran dispersión de valores, en particular en zonas suburbanas, industriales o logísticas.

Tabla 8 Parámetros típicos de impermeabilización máxima autorizadas según categoría de suelo en instrumentos de ordenamiento territorial de Uruguay

Zonas céntricas o comerciales	80-100%	
Urbano residencial	40-80%	Dependiendo de morfología urbana, en general 10% superior a FOS.
Urbano residencial de baja densidad	40-70%	Idem. anterior
Residencial de alto poder adquisitivo, tipo chacras o barrio jardín	20-40%	
Zonas de dunas o de protección ambiental	5-10%	En general aplica FOSR o FOSN
Zonas suburbanas, industriales o logísticas	6,5-90%	Gran dispersión de valores. En los casos más exigentes se autoriza a valores altos implementando MCE (ej. Montevideo).
Rural productivo	10%	
Rural Natural	3,5-10%	

c. Obligatoriedad de implementar dispositivos SUDS

Se ha visto que, en todos los casos, la obligatoriedad de implementar SUDS se aplica en la normativa a aquellos emprendimientos que buscan superar el valor límite de impermeabilización establecido. En algunos casos como el de Montevideo, el FIS propuesto para la zona es en la práctica incompatible con el uso (6,5% para un uso logístico que requiere espacios para galpones y grandes playas de maniobra) por lo que la “excepción” pasa a ser norma de un tipo de zona (suburbana) y uso (logístico).

En el caso de nuevos fraccionamientos habitacionales, el FOSV se regulará de acuerdo a lo establecido en el Capítulo V Uso y Ocupación del Suelo del Costaplan. En los casos en los que el valor sea menor, el proyecto deberá contar con medidas de amortiguación de caudales previo la descarga por fuera del predio. Los proyectos de amortiguación: deberán ser elaborados por Ingenieros Civiles con perfil hidráulico ambiental y ser evaluados para su aprobación por técnicos de igual perfil de la Intendencia de Canelones(...).²⁹

En casi todos los casos, la implementación de SUDS busca disminuir el caudal pico de salida del predio, sin mencionar otros objetivos como control de calidad o de vertidos frecuentes en redes unitarias.

En la Ecuación 1, puede considerarse que la implementación de dispositivos SUDS en estos casos buscan compensar el aumento de impermeabilización, representado por el coeficiente de escorrentía C , mediante la reducción del área de aporte. Esto se logra interponiendo un dispositivo que retiene temporalmente (y para cierto período de retorno de diseño) una porción del área del predio. En las ecuaciones siguientes se representa conceptualmente este efecto.

Si no se interpone ningún dispositivo de retención:

$$Q_{FIS} = C_{FIS} \times i \times A_{Total} \text{ (Ecuación 2)}$$

$$\text{y } Q_{Proy} = C_{Proy} \times i \times A_{Total} \text{ (Ecuación 3)}$$

$$\text{Como } C_{Proy} > C_{FIS} \rightarrow Q_{Proy} > Q_{FIS}$$

Donde,

Q_{FIS} es el caudal máximo que a la salida del predio medido en m^3/seg para un escenario en que se alcanza la impermeabilización máxima autorizada por la norma.

C_{FIS} es el coeficiente de escurrimiento correspondiente al escenario de máxima impermeabilización autorizada por la norma

i la intensidad máxima alcanzada en la tormenta de diseño en m/seg

A_{Total} es el área total del predio medida en m^2

Q_{Proy} es el caudal máximo a la salida del predio medido en m^3/seg , si se implementa el proyecto sin mediar medidas de control de escurrimientos.

C_{Proy} es el coeficiente de escurrimiento que se alcanza al implementarse el proyecto, con una impermeabilización mayor a la autorizada por la norma.

Si se implementa un dispositivo que retiene los caudales de una parte del área del emprendimiento resulta que $A_{Total} = A_{retenida} + A_{no\ retenida}$ (Ecuación 4)

²⁹ Plan Parcial Camino de los Horneros, Canelones. Art. 8.3 Drenaje pluvial (micro y macroescala)

Donde:

A_{Total} es el área del predio medida en m^2

$A_{retenida}$ es el área que aporta a un dispositivo SUDS medida en m^2

$A_{no retenida}$ área no retenida es el área que no aporta a un dispositivo SUDS medida en m^2

De forma simplificada, se puede asumir entonces que, si se logra instalar un dispositivo que retiene totalmente el agua de la tormenta durante la misma, el caudal erogado en el escenario en que se instala un dispositivos ($Q_{con dispositivo}$):

$$Q_{con dispositivo} = C_{PROY} \times i \times A_{no retenida} \text{ (Ecuación 5)}$$

Teniendo en cuenta la ecuación 5, puede considerarse que se busca diseñar un dispositivo que logre retener, para ciertas condiciones de diseño, un área tal que $Q_{con dispositivo} \leq Q_{FIS}$;

En todos los casos encontrados en Uruguay, el diseño se realiza para una lluvia de recurrencia de 10 años; por lo que su efecto puede ser limitado para lluvias de recurrencia superiores ya que el dispositivo se vería superado para dicho valor.

Una excepción a esto es el Plan Local de Laguna José Ignacio y Laguna Garzón que busca preservar la calidad de una laguna ubicada dentro del área de actuación y exige techos verdes o zanjas de infiltración.

Otro caso particular es el de Montevideo, cuyo gobierno departamental ha habilitado la implementación de jardines de lluvia y pavimentos porosos como sustitutivos de dispositivos de control de cantidad de agua. Este aspecto será analizado más adelante.

En todos los casos, la presentación del dispositivo SUDS debe ser realizada por ingenieros con perfil hidráulico ambiental o sanitario. Un caso particular es el del Plan Local de Ordenamiento Territorial de la Microregión de Ciudad de la Costa que, para predios de menos de $1.800m^2$, establece valores de referencia de volumen de amortiguación en función del área, sin necesidad de realizar estudios por parte de ingenieros hidráulicos.

Tal como se señaló anteriormente, los Programas de Actuación Integradas (PAIs) son los instrumentos de ordenamiento territorial utilizados para la transformación de suelo rural a urbano. Al analizar los PAIs se ha visto que, en algunos casos, en proyectos habitacionales de gran poder adquisitivo, se proponen criterios más exigentes que los estipulados en la norma: el caudal de salida sea menor al de predesarrollo, en lugar del impuesto para la zona, o se incluyen medidas que controlan también calidad de agua.

De los 19 departamentos, 11 han incluido criterios urbanísticos vinculados a FIS; pero solo cuatro (Montevideo, Maldonado, Canelones y San José) medidas de control de escurrimiento.

Los SUDS se incluyen en Ordenanzas, Planes Locales de OT, Planes Parciales y Planes de Actuación Integrada; debe precisarse que en general los Planes Parciales y Planes de Actuación Integrada son instrumentos que actúan en una zona en la que ya existe un PLOT o una ordenanza que incluye SUDS, por lo que éstos simplemente trasladan o adaptan esta obligatoriedad a la zona de actuación.

4.2.4 Análisis temporal de incorporación de drenaje pluvial y SUDs en IOTs

La incorporación de SUDS en los IOT ha avanzado de forma paulatina a través de los años, no sólo en la cantidad de instrumentos que lo incluyen sino también en el contenido incorporado en cada actualización. En la Figura 17 se presenta la cantidad de dispositivos aprobados a partir de 2010, discriminando los que presentan algún parámetro urbanístico que limita la impermeabilización de suelo y los que incluyen la obligatoriedad de implementar dispositivos SUDS por parte de privados.

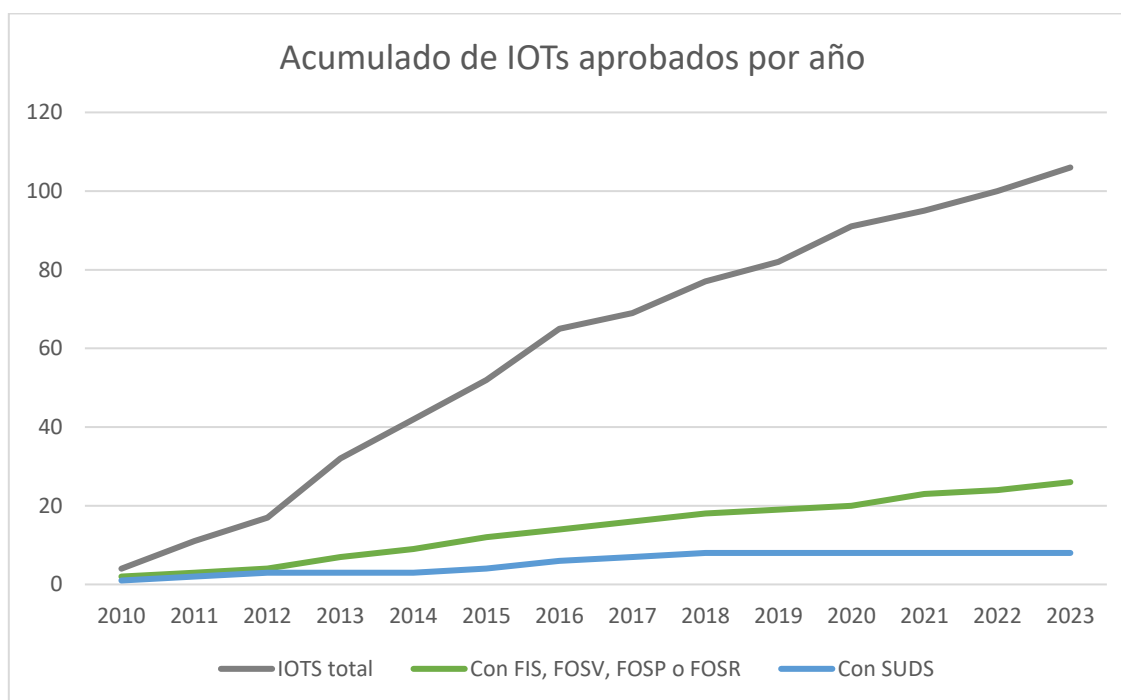


Figura 17 Evolución temporal de cantidad de instrumentos de ordenamiento territorial aprobados que incluyen limitaciones a impermeabilización de suelo y SUDS en Uruguay

Puede verse que la cantidad de IOTs ha aumentado de forma sostenida a lo largo del tiempo; al igual que los dispositivos que incluyen parámetros de control de impermeabilización de suelo.

Los cambios en las disposiciones dentro de una misma intendencia serán analizados en el caso particular de Montevideo.

4.2.5 Normativa de Montevideo

Dado que en 4.3 se toma como caso de estudio a Montevideo, en este apartado se analiza de forma particular su normativa departamental.

Se presenta cómo inicialmente se impusieron disposiciones para zonas rurales (a), para luego ampliar el alcance mediante limitaciones al Factor de Ocupación de Suelo Verde (FOSV) en algunas zonas urbanas (b), se incorporaron medidas en reglamentación de sanitaria interna (c), al realizar rellenos o modificaciones de altimetría de predios (d) y finalmente cómo esto se ve reflejado en guías y disposiciones que facilitan su implementación (e).

- Factor de Impermeabilización de Suelo (FIS) y medidas de control de escurrimiento para zona rural

El Decreto Departamental N°. 32926/009 de Montevideo Rural modificativo de “Plan Montevideo” (Plan de Ordenamiento Territorial de Montevideo 1998-2005) establece:

- una definición de FIS que se aplica a toda la zona rural del departamento
- valores máximos de FIS que varían de 6,5 y 26% dependiendo del área del predio, en caso de invernaderos estos valores cambian a 19 y 44%
- que un emprendimiento puede superar estos valores, hasta un máximo de 70%, si se implementa una medida de control que retenga el excedente de caudal respecto al que se generaría de impermeabilizarse el valor de FIS previsto para ese padrón.

b. Factor de Ocupación de Suelo Verde (FOSV) para algunas zonas urbanas

Posteriormente en algunas zonas urbanas se han establecido valores máximos de FOSV

- Decreto 35978/016 - Maroñas- Hipódromo – Bella Italia – Área Nueva Urbanizada Maroñas – Cañada de las Canteras, propone FOSV 30%.
- Decreto 33400/009 – Plan especial de ordenación, protección y mejora de Carrasco - Punta Gorda. Propone FOSV 70% para áreas libres en predios para vivienda colectiva. En la zona de Barradas, plantea FOSV de 70% para retiros frontales en padrones con uso residencial y 40% con uso comercial
- Decreto 35617/015 - Plan especial de ordenación, protección y mejora de Prado - Capurro. Plantea FOSV de 30 a 60% dependiendo de área del predio. Es llamativo que en este caso se considera como impermeable “a toda el área destinada a estacionamientos, aún si ésta contara con pavimento permeable”.

En ninguno de estos casos se admite la superación de estos valores con la implementación de SUDS.

c. Normativa de sanitaria interna con obligatoriedad de SUDS

Por otro lado, la normativa de sanitaria interna plantea criterios y condicionantes generales que se aplican a todo el departamento.

En 2009 se modifica la normativa de sanitaria interna incluyendo una obligatoriedad genérica de controlar caudales:

(...) De forma de no aumentar significativamente el caudal de descarga en relación a la situación original del terreno, la Intendencia podrá exigir el diseño de la instalación de pluviales interponiendo dispositivos y demás mecanismos que retarden en el tiempo la aparición del caudal pico de escurrimiento y provoquen a la vez una atenuación del mismo. Se hará prevalecer en lo posible la infiltración en el terreno. La reglamentación de esta Ordenanza establecerá los criterios de diseño adoptados para la construcción de la red y de los dispositivos de atenuación del caudal pico de escurrimiento.³⁰

En 2011 se aprueba la reglamentación que incluye las siguientes disposiciones:

Art. R.1696.4. (Documentación de cálculo y responsabilidad profesional). En todo Proyecto de Instalación Sanitaria que contemple, en cualquiera de las circunstancias:(...)

a) abastecimiento de agua potable desde un depósito inferior de reserva, mediante un sistema de presurización, en todo conjunto de viviendas colectivas de 3 o más niveles,

³⁰ Art. 4.3 del Decreto Departamental de la JD de Montevideo N°. 32.952/009.

b) edificaciones de vivienda u otros servicios desarrollados en altura, en que se superen los 12 niveles, o 72 unidades sanitarias (baños),

c) edificaciones, en general, con desarrollo horizontal en que se superen las 72 unidades sanitarias, o

d) emprendimientos Comerciales e Industriales de grandes superficies que superen los 5.000 m² de cubierta y superficies pavimentadas impermeables.

Se exigirá la responsabilidad profesional expresa de un Técnico universitario con competencia y perfil en el cálculo hidráulico, que contemple la verificación de presiones residuales en puntos o pisos más comprometidos, así como soluciones de desagües de pluviales o disposiciones alternativas, que minimicen el impacto sobre el predio o la vía pública.(...)

“Art. R.1699.11. (Amortiguación de pluviales). Para la atenuación del caudal pico de lluvia se podrán utilizar unidades específicas ya sea subterráneas o a cielo abierto, como también elementos del edificio, como las azoteas.”

En 2019 se modifica el artículo sobre amortiguación de pluviales, dándole la siguiente redacción:

“Art. R.1699.11. (Amortiguación de pluviales). En emprendimientos que superen los 4.000 m² de superficie impermeable o de cubierta, para la atenuación del caudal pico de lluvia, se deberá diseñar un sistema de amortiguación. Debiendo ser avalado por la Oficina competente (en Montevideo, Servicio de Estudios y Proyectos de Saneamiento).”

Esta norma se aplica en todo el departamento, incluyendo áreas urbanas y suburbanas.

d. Aprobación de rellenos

El Decreto Departamental N°38198 de 2022 fija los criterios y trámites necesarios para la realización de rellenos. Dentro de los mismos se asume que todo relleno se considera como impermeable por lo que de superarse el valor FIS de la zona debe implementarse una medida de control de escurrimiento (MCE). Esto vincula la construcción de la MCE a la realización del relleno que comúnmente se implementa de forma previa, aun sin contar con un proyecto de obra o permiso de construcción en trámite.

e. Instructivos y acciones que facilitan la implementación

Un hito importante es la publicación de un instructivo técnico para la presentación de medidas de control de escurrimientos. Esta fue realizada por la oficina que aprueba estos trámites dentro de la IMM (SEPS) e incluyó metodología, criterios de diseño, parámetros recomendados e información a presentar (IMM, 2017). La publicación de la guía fue acompañada por una capacitación para profesionales independientes y un registro de profesionales habilitados para la realización de los trámites.

En el marco de estos trámites, comenzaron a llegar casos que no estaban previstos en la norma. Se trataba de emprendimientos que ya superaban el FIS previsto para la zona y que se presentaban a la intendencia para trámites de modificaciones, ampliaciones o regularizaciones. En algunos de estos casos, el predio no contaba con espacio libre para SUDS, o la disposición de su sanitaria interna hacía muy difícil conducir sus pluviales hacia el espacio disponible para el dispositivo de retención. Considerando las condiciones de cada caso, el SEPS permite la sustitución de las medidas de control de caudales pico por jardines de lluvia o de veredas permeables.

Cuando un padrón urbano supere los 5000m2 con más de 60% de superficie y sea una situación existente consolidada (la edificación ha permanecido incambiada los últimos años) en una instancia de aumento mínimo del área impermeable, se busca una solución mediante una medida de drenaje sostenible. (...) Cada 650 m2 que se supere la impermeabilización máxima permitida se proponen la construcción de un jardín de lluvia (según plano tipo del SEPS) o 35 m2 de vereda permeable. El costo de implantación y mantenimiento de las medidas de drenaje sostenible será a cargo del emprendatario.³¹

Acompañando esta iniciativa, que buscaba promover la implementación de estos tipos de dispositivos, se desarrolló un plano tipo de jardines de lluvia que es suministrado al técnico proyectista del emprendedor.

4.3 Dispositivos SUDS en proyectos privados de Montevideo

A partir de la sistematización y análisis de los permisos presentados a la Intendencia de Montevideo se ha logrado obtener algunos resultados sobre los dispositivos SUDS implementados por privados. En las secciones siguientes se analiza qué tipos de dispositivos se han implementado, la evolución temporal de permisos y la inversión realizada por privados. Posteriormente se presenta la distribución espacial de los dispositivos, y se explora la relación entre la ubicación de los mismos y algunas variables espaciales.

4.3.1 Tipos de dispositivos implementados

La figura 18 muestra la cantidad de dispositivos implementados según tipología.

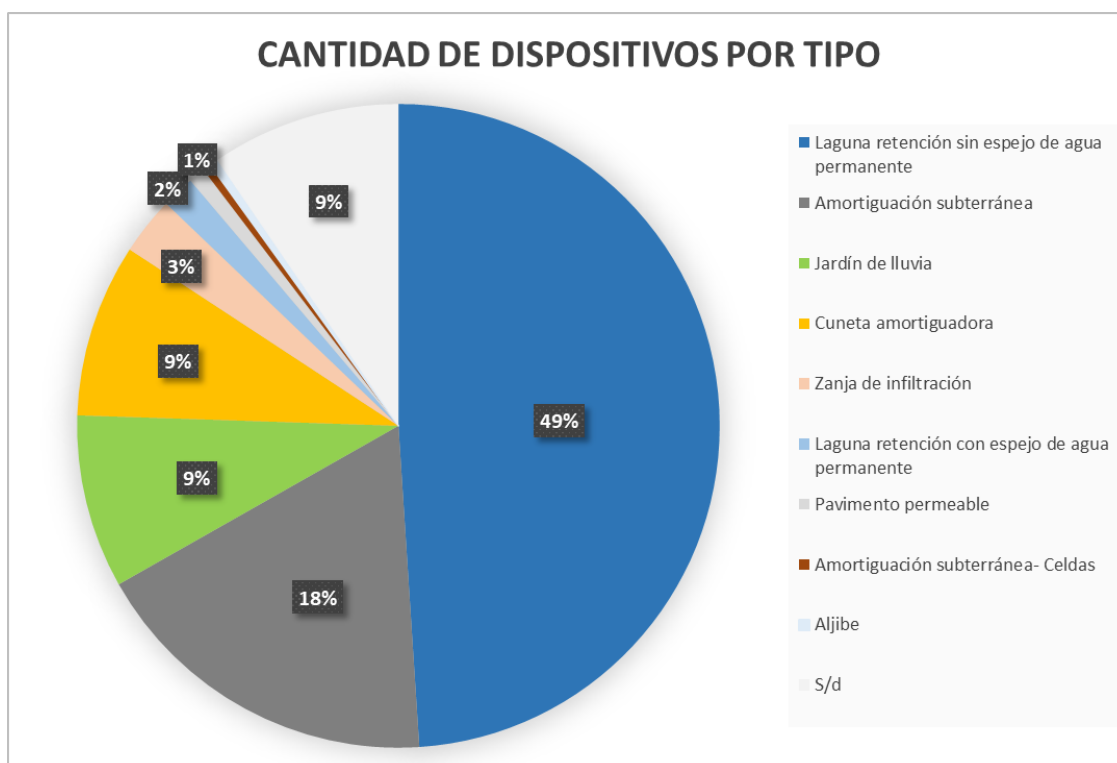


Figura 18 Cantidad de dispositivos SUDS implementados por privados en Montevideo según tipo

³¹ Criterios de sustitución de MCE de la Intendencia de Montevideo.

En la Figura 18 puede verse que los dispositivos más utilizados son las lagunas de retención sin espejo de agua permanente (49%), seguidos por los estanques de retención subterráneos (18%), jardines de lluvia (9%) y cunetas laminadoras (9%). Los menos utilizados son las zanjas de infiltración (3%), lagunas de retención con espejo de agua permanente (2%), pavimento subterráneas con celdas (1%).

Tomando como base la definición de funciones realizadas en FADU-UdelaR (2021) y presentadas en la Figura 2 se ha asignado a cada tipología de dispositivo la función principal que cumple. Si bien comúnmente se llama “lagunas de retención” o “estanques de retención”, según la clasificación realizada por FADU, la función de esos dispositivos es de detención (almacenamiento temporal de escorrentía de aguas pluviales para la reducción de caudales máximos) y no de retención (almacenamiento de la escorrentía de aguas pluviales en el sitio para permitir la sedimentación de sólidos suspendidos).

En la Tabla 9 se presenta la cantidad de dispositivos, el porcentaje que representa respecto al total y la función que cumple según la definición dada por FADU.

Tabla 9 Cantidad de dispositivos SUDS implementados por privados en Montevideo según tipo

Tipología de dispositivo	Cantidad	Porcentaje	Función
Laguna retención sin espejo de agua permanente	118	49%	Detención
Amortiguación subterránea	43	18%	Detención
Jardín de lluvia	21	9%	Filtración, infiltración, tratamiento, disminución vertidos en colectores unitarios
Cuneta amortiguadora	21	9%	Detención
Zanja de infiltración	7	3%	Infiltración
Laguna retención con espejo de agua permanente	4	2%	Detención
Pavimento permeable	2	1%	Infiltración, detención
Amortiguación subterránea-Celdas	1	0%	Detención
Aljibe	1	0%	Reúso
S/d	23	10%	-
Total	241		

Puede verse que hay un predominio de los dispositivos de detención (78%) por sobre los de filtración, infiltración y tratamiento siendo que solo se ha presentado un permiso que incluía dispositivos de reúso de agua.

Al analizar los planos e informes presentados se ha verificado que si bien algunos de los dispositivos podrían llegar a presentar otros beneficios su diseño se ha focalizado en su función principal aportando un mínimo de co-beneficios. Una excepción a esto son los jardines de lluvia que cumple varias funciones y presenta múltiples beneficios tal como mejora calidad de agua,

recarga de acuíferos, mejora de calidad de aire, biodiversidad en ciudades, reducción de isla de calor (Center for Neighborhood Technology, 2020; FADU-UdelaR, 2021; MITECO, 2019).

4.3.2 Evolución temporal y vinculación con cambios en normativa

Se ha analizado también la cantidad de dispositivos implementados por año. En la Figura 19 se presenta su evolución temporal, discriminando por tipo y superpuestos a la fecha de aprobación de normativa departamental vinculada al tema.

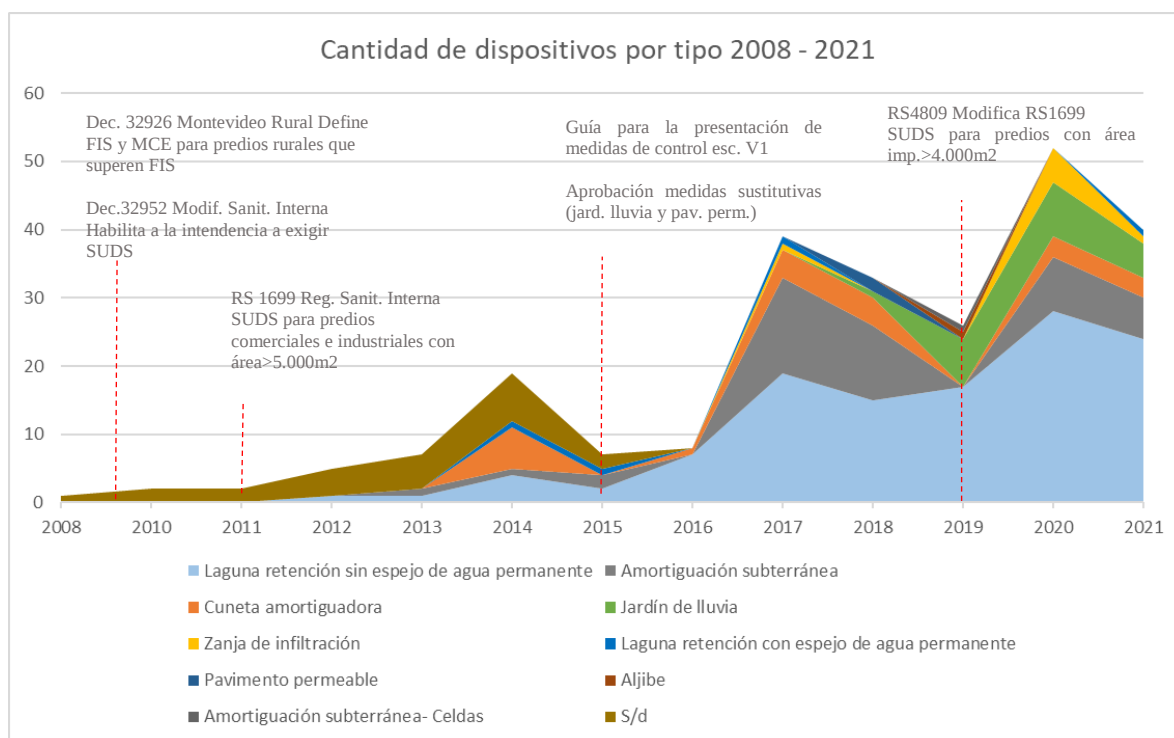


Figura 19 Evolución temporal de dispositivos SUDS implementados por privados en Montevideo y su vinculación con la aprobación de normativa discriminados por tipo

En la Figura 19 puede verse que la cantidad de dispositivos se incrementó sensiblemente a partir de 2016, año en que se publica la guía metodológica mencionada anteriormente.

Puede verse también que, si bien las lagunas de retención mantienen una presencia importante, en los últimos años se han incrementado la cantidad de jardines de lluvia.

En la Figura 20 se presenta la cantidad de dispositivos, diferenciando entre la categoría de suelo en la que se instalan: urbano, suburbano o rural.

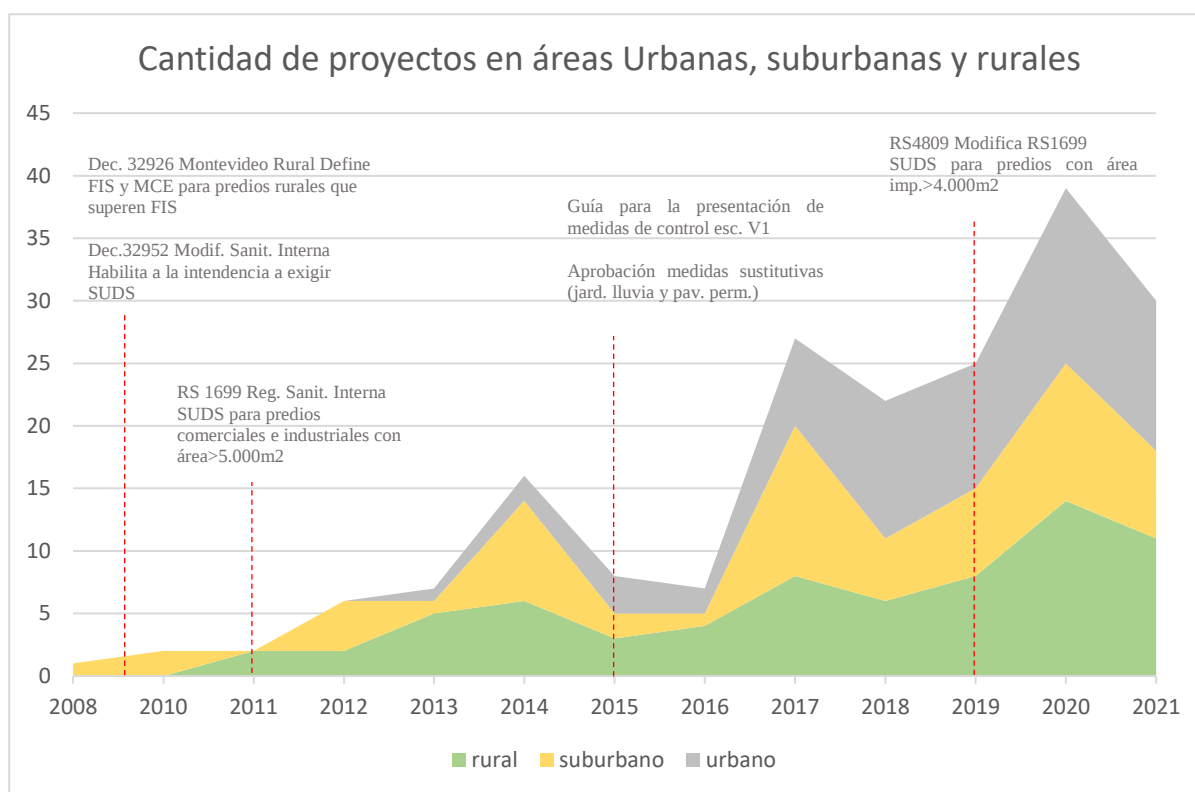


Figura 20 Evolución temporal de dispositivos SUDS implementados por privados en Montevideo y su vinculación con la aprobación de normativa discriminados por categoría de suelo

Puede verse que hasta 2016, la presentación de solicitudes en predios urbanos era testimonial, siendo que a partir de ese año se representan aproximadamente el 35% de las solicitudes.

En consulta mantenida con técnicos responsables de aprobar los permisos, se ha mencionado que algunos de estos resultados podrían estar relacionados con otras causas. En particular, el aumento en las solicitudes podría explicarse también por un incremento en los trámites de regularización de construcciones existentes, motivado a su vez por una intensificación de la fiscalización a partir de la creación de la Unidad de Policía Territorial en 2018 (RS N°1172/18). Además, se sugiere que la instalación de jardines de lluvia podría estar relacionada con su creciente popularidad, impulsada por la construcción de los primeros jardines de lluvia en espacios públicos de alta visibilidad por parte de la Intendencia de Montevideo a partir de 2018³².

4.3.3 Estimación de costos por dispositivo e inversión total realizada por privados

En cuanto a los costos de los dispositivos se ha visto que los mismos presentan una gran disparidad dependiendo del área a gestionar y tipo de dispositivo. En la Tabla 10 se presentan los costos unitarios estimados para cada dispositivo. En el caso de los dispositivos de amortiguación, el costo unitario se parametriza en caudal a amortiguar, mientras que en los de infiltración, según el área a amortiguar.

³² <https://montevideo.gub.uy/noticias/medio-ambiente-y-sostenibilidad/la-importancia-de-los-jardines-de-lluvia-en-montevideo>

Tabla 10 Costos de Medidas de Control de Esguimientos ejecutadas por privados en Montevideo

ANALISIS COSTOS UNITARIOS			
Tipo de dispositivo	Costo unitario	Unidad	Comentario
Jardín de lluvia	11	US\$/m ² a amortiguar	Solo tres proyectos y con gran dispersión de resultados.
	847	US\$/m ² de jardín	
	7.367	US\$/jardín IMM	
Cuneta amortiguadora	111	US\$/(L/seg) a amortiguar	Solo tres datos.
Amortiguación subterránea	1.095	US\$/(L/seg) a amortiguar	
Amortiguación subterránea- Celdas	264	US\$/(L/seg) a amortiguar	Hay solo un dato.
Lagunas de amort. sin espejo de agua permanente	176	US\$/(L/seg) a amortiguar	
Lagunas de amort. con espejo de agua permanente	60	US\$/(L/seg) a amortiguar	Pocos casos. El bajo costo puede deberse a que se aprovecha tajamares o infraestructuras existentes previamente
Promedio	379	US\$/(L/seg) a amortiguar	
	53.700	US\$/dispositivo	

Tal como puede verse el costo medio de los dispositivos es de aproximadamente US\$ 53.000. Puede verse también que entre los dispositivos de retención los más eficientes son las lagunas de retención y las cunetas amortiguadoras. Como es de esperar las amortiguaciones subterráneas son las que presentan mayores costos de inversión, ya que la disminución del área de excavación no logra compensar el costo de la estructura de hormigón que requiere.

La confiabilidad de los datos depende en gran medida de la cantidad de casos disponibles. Tal como se presenta en la Tabla 10, las cunetas amortiguadoras y la amortiguación subterránea con celdas solo se contaban con uno a tres proyectos con precios, por lo que los costos unitarios de estos dispositivos pueden no ser del todo representativos. Si bien esto no se considera que afecte de forma significativa los resultados del estudio, debe ser tenido en cuenta si va a utilizarse en otros estudios.

En cuanto a las lagunas de amortiguación con espejo de agua permanente, es importante considerar que, al revisar los informes y planos del proyecto, se observó que se utilizaba un embalse o tajamar preexistente. Por lo tanto, estos costos reflejan la modificación de una estructura ya existente y no la construcción de una nueva laguna. Dado que una laguna nueva con estas características requeriría mayor volumen y, posiblemente, impermeabilización de fondo, es razonable esperar que tenga un costo superior al de las lagunas de retención sin espejo de agua permanente.

A partir de la estimación de costos unitarios por tipo de dispositivo se ha estimado la inversión total realizada por los privados. La misma es presentada en la Tabla 11 debajo.

Tabla 11 Cantidad de permisos, área controlada e inversión en SUDS realizada por privados en Montevideo

Año inicio	Cant de casos	Área(ha)	Monto (US\$)
2008	1	3,3	53.000
2010	1	4,2	106.000
2011	2	6,1	106.000
2012	6	10,4	265.000
2013	7	24,1	452.000
2014	16	84,7	1.008.000
2015	7	25,7	552.000
2016	7	73,6	274.000
2017	27	118,1	2.910 .000
2018	22	167,0	1.810.000
2019	25	177,0	3.015.000
2020	39	143,0	2.274.000
2021	30	94,5	1.006.000
Total	188	932	13.832.000

En la tabla puede verse que la inversión total realizada por privados entre 2008 y 2021 fue de 13,8 millones de dólares en SUDS, siendo que los montos son inferiores en el primer período 2008-2016 y aumentan en los últimos años.

Considerando el período 2017-2021, la inversión media anual resulta de 2,2 millones de dólares. Según estimaciones realizadas en el Plan Nacional de Aguas Urbanas la inversión anual de la IMM en drenajes pluviales fue de 15,8 millones de dólares, por lo que la inversión en dispositivos SUDS por privados representaría aproximadamente un 14% de la inversión realizada por la IMM en drenajes pluviales.

4.3.4 Distribución espacial de dispositivos SUDS privados

En esta sección se analiza la distribución espacial de los dispositivos implementados superponiéndolo con algunas variables espaciales de interés.

En la Figura 21 se presentan los padrones con dispositivos SUDS y las áreas inundables identificadas en el marco del Plan Director de Saneamiento y Drenaje Urbano de Montevideo (PDSDUM).

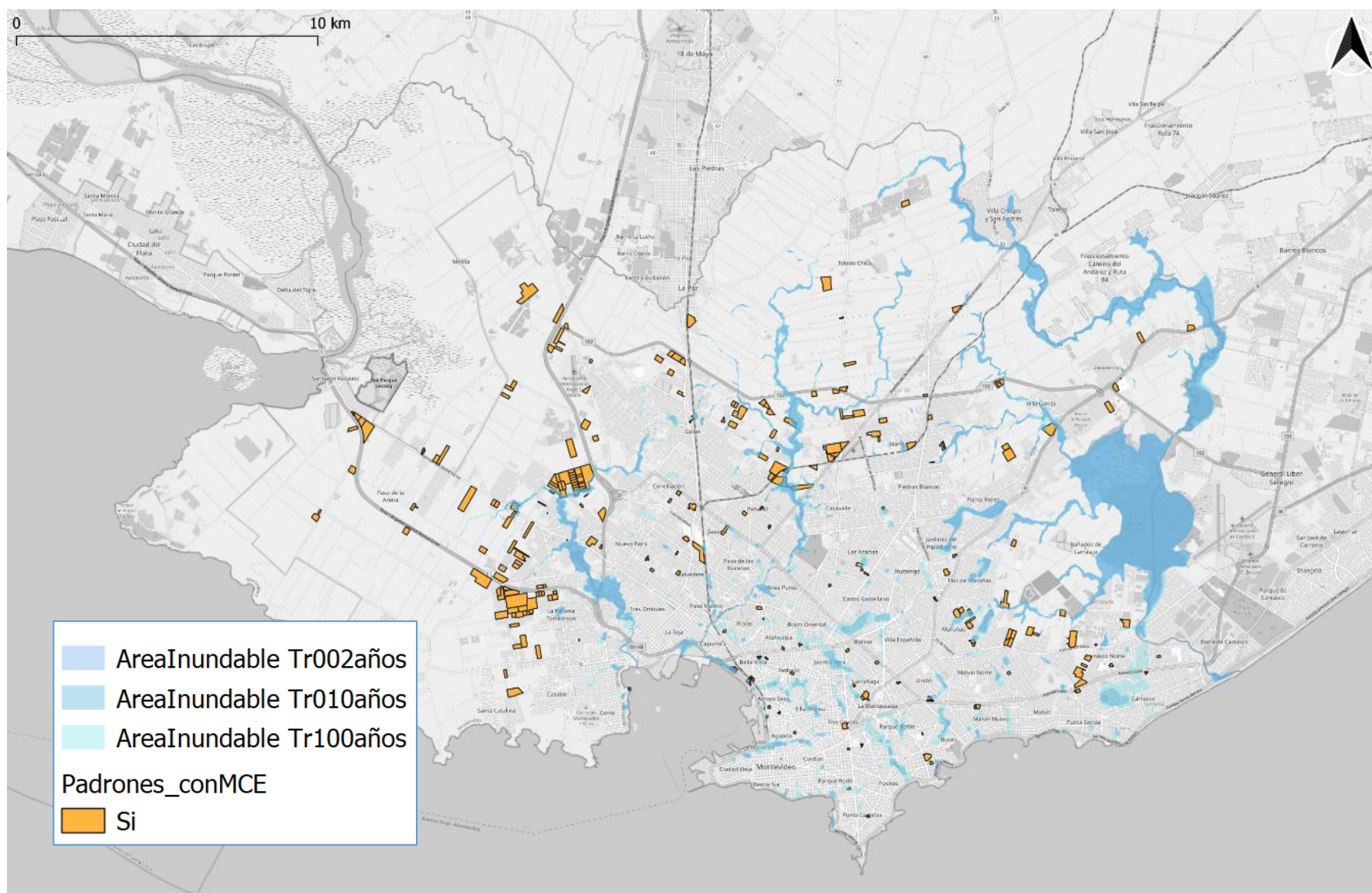


Figura 21 Ubicación de padrones con medidas SUDS implementadas por privados y zonas inundables de Montevideo según PDSDUM. .

En la Figura 21, Área Inundable Tr002años, 010 años y 100años se refieren a las áreas que es esperable que se inunden al menos una vez cada 2 años, 10 años o 100 años; mientras que “Padrones_conMCE” corresponde a padrones que han implementado alguna medida de control de escurrimientos (MCE).

Comparando estas áreas no parece haber una relación clara entre la ubicación de los dispositivos y las áreas afectadas. Por otro lado, es notorio que la mayor parte de los emprendimientos se concentran en las cercanías de los grandes conectores viales. Esto es consistente con lo visto en la revisión de los permisos, ya que la mayoría de los emprendimientos que superan los parámetros establecidos por la normativa son industriales o logísticos, por lo que requieren una salida rápida para sus mercancías.

Se analiza también el área controlada por cuenca. Para esto se consideran las cuencas de los arroyos Miguelete y Pantanoso cuya área se encuentra completamente dentro del departamento, las áreas que aportan a los arroyos Las Piedras y Pantanoso, compartidas con el departamento vecino de Canelones, y tres cuencas costeras que descargan directamente al Río de la Plata. En la Figura 22 se muestran los padrones con dispositivos SUDS y estas cuencas. “Padrones_conMCE” se refiere nuevamente a padrones que han implementado una medida de control de escurrimiento SUDS, y “Cuencas_MVD_JPM” representa las cuencas de Montevideo.

En la tabla 12 se complementa con la cantidad de padrones y el área gestionada por cuenca.

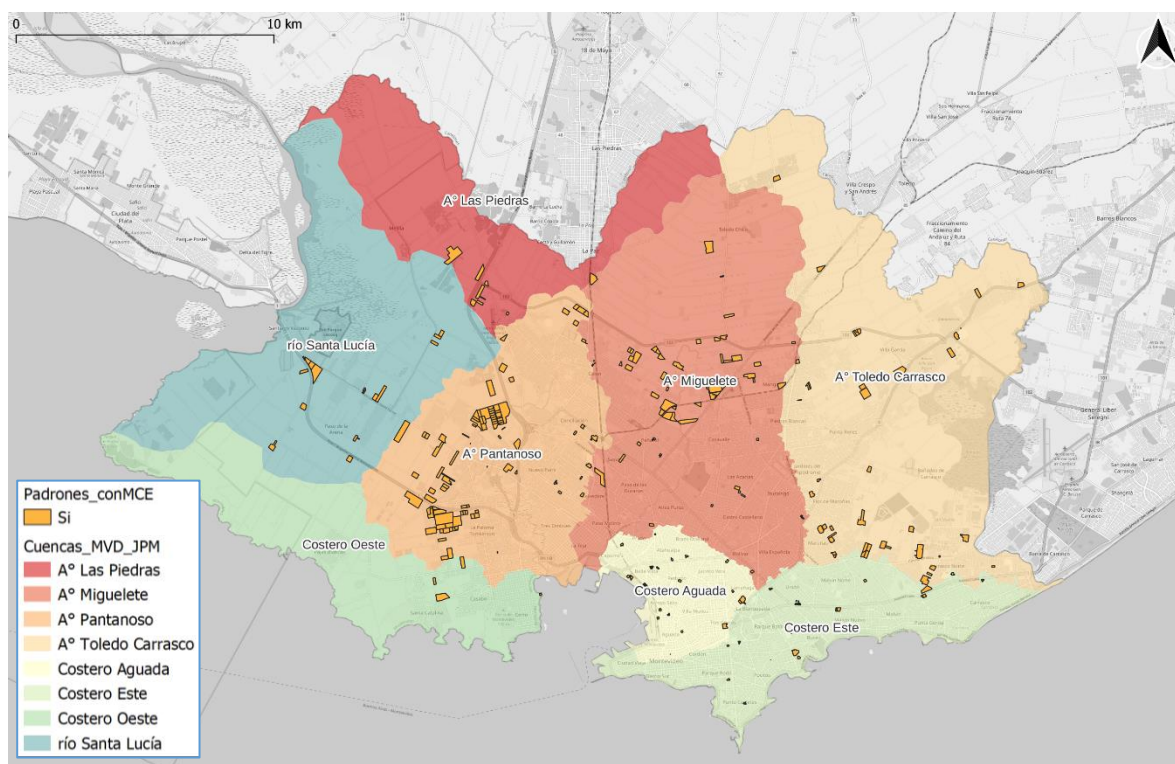


Figura 22 Ubicación de padrones con medidas SUDS implementadas por privados y cuencas de Montevideo.

Tabla 12 Cantidad de padrones y área gestionada por cuenca.

Cuenca	Cantidad de Padrones	Área gestionada (km ²)	Área cuenca (km ²)	Porcentaje de la cuenca
A° Las Piedras	6	0,31	49,6	0,6%
A° Miguelete	60	2,60	103,2	2,5%
A° Pantanoso	98	4,62	67,3	6,9%
A° Toledo Carrasco	40	1,68	113,2	1,5%
Costero Aguada	46	0,27	19,1	1,4%
Costero Este	44	0,50	39,8	1,3%
Costero Oeste	5	0,35	47,7	0,7%
Río Santa Lucía	19	1,36	81,0	1,7%
Total	318	11,70	520.9	2,2%

Tal como puede verse en la Tabla 12, el área total del departamento es de 520,9km² mientras que el área gestionada es de 11,7km², representando aproximadamente 2,2% de la misma. Cómo área gestionada se refiere a la suma de todas las áreas de los padrones que han presentado trámites de impacto pluvial y han implementado SUDS. Al discriminar estas áreas por cuencas resulta que la distribución no es homogénea, siendo que en la cuenca del A° Pantanoso, el área gestionada es mayor y cercana al 7%.

Se ha analizado también la distribución espacial de los distintos tipos de dispositivos. En la Figura 23 se presentan las tipologías de dispositivos junto con las áreas inundables del departamento y en la Figura 24 se presenta con mayor detalle la zona céntrica de la ciudad. Al analizar las Figuras 23 y 24 puede verse que en las zonas periféricas (rurales o suburbanas) es más frecuente la instalación de lagunas de retención, mientras que en las zonas céntricas y más densamente pobladas se concentran los jardines de lluvia. Esto es consistente con que los jardines de lluvia son autorizados solo cuando no hay área disponible para implementar soluciones de control los excesos de escorrentía y que requieren mayor área. Considerando las funciones propuestas por FADU y presentadas en la sección 2.2, puede verse que la normativa ha permitido la instalación de dispositivos de filtración e infiltración en las áreas centrales, con una muy limitada capacidad de controlar lluvias intensas, sustituyendo dispositivos de detención. Esto puede ser relevante en las zonas consolidadas inundables, como las presentadas en la Figura 24.

En la Figura 25 se presentan las tipologías de dispositivos junto con la red de colectores discriminado por tipo de sistema: unitario, mixto o separativo. Se le llama unitarios a los colectores que reciben y conducen conjuntamente aguas servidas y pluviales; mixtos a los colectores que, si bien conducen ambos tipos de efluentes, para caudales bajos tienen un tabique que evita el mezclado de las aguas; y separativos a los colectores que son diseñados para conducir únicamente aguas servidas.

La zona con colectores unitarios y mixtos coinciden con las zonas más antiguas de la ciudad y por tanto con menor espacio para la instalación de dispositivos SUDS; coincidiendo a su vez con las zonas en que se han habilitado la instalación de jardines de lluvia. Dado que estos tienen cierta capacidad de disminuir la escorrentía para precipitaciones frecuentes, aportan a la reducción de vertidos de la red unitaria a los aliviaderos a la costa. Este posible efecto ya había sido estudiado por Alves et al. (2016) para una pequeña subcuenca de Montevideo.

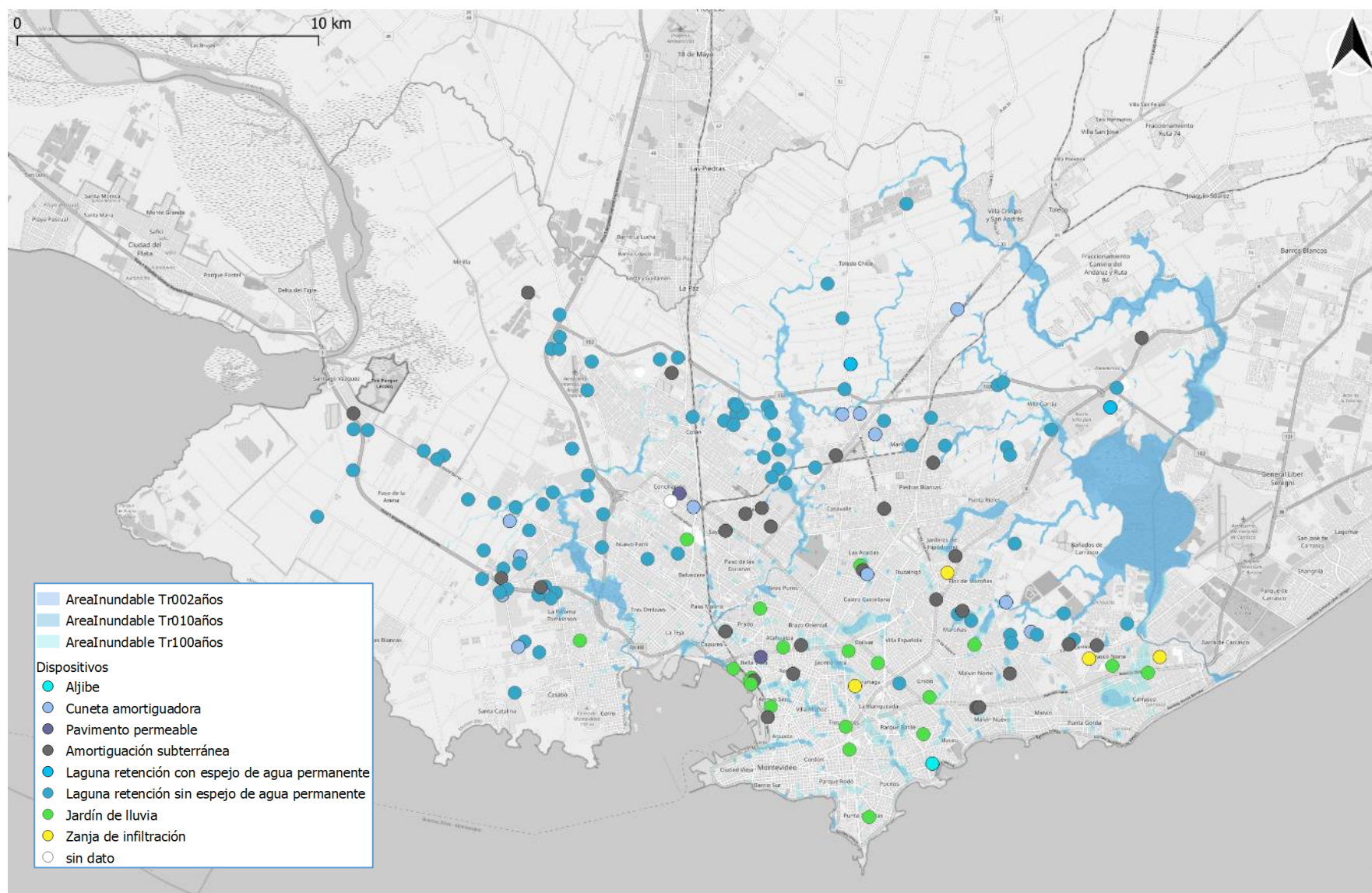


Figura 23 Tipología de dispositivos SUDS implementadas por privados y zonas inundables de Montevideo según PDSUM.

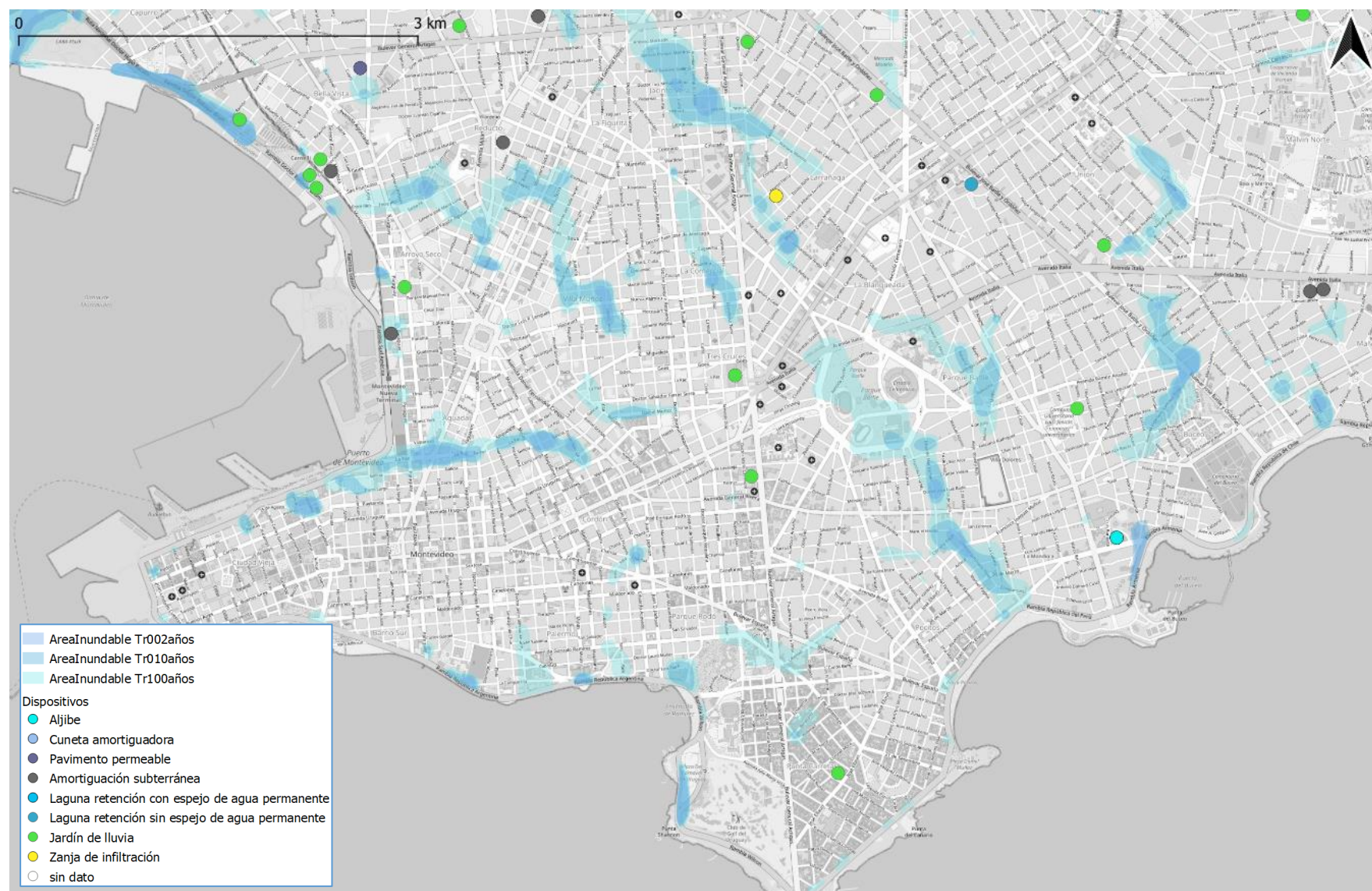


Figura 24 Tipología de dispositivos SUDS implementadas por privados y zonas inundables de Montevideo según PDSDUM (área céntrica).

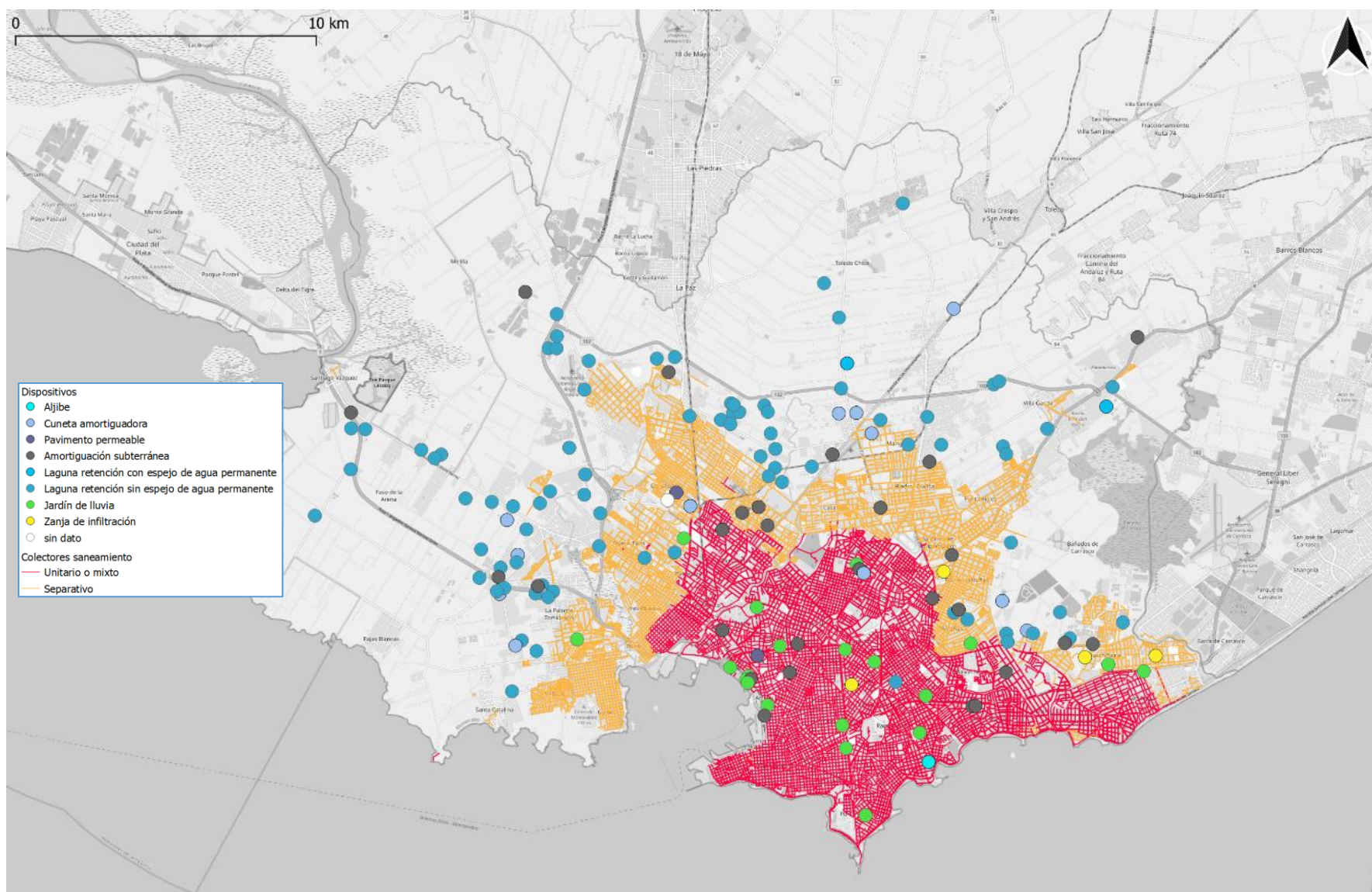


Figura 25 Tipología de dispositivos SUDS implementadas por privados y sistema de saneamiento unitario, mixto y separativo.

El análisis realizado ha permitido verificar que la normativa aprobada por la Intendencia de Montevideo, la existencia de guías, procedimientos y planos tipo, han tenido un impacto significativo en la implementación de medidas de control de escurrimiento.

A pesar de esto, los dispositivos implementados se concentran en solo algunos pocos tipos de dispositivos, no habiendo incentivos para la implementación de dispositivos de filtración, infiltración, reúso o mejora de la calidad del agua. Una excepción a esto es la implantación de jardines de lluvia; que se implementan como excepción en los casos en que no es posible instrumentar otros tipos de dispositivos de retención.

Los buenos resultados obtenidos hacen pensar que existe un gran potencial para extender este tipo de normativas a otros tipos de proyectos aún no alcanzadas por la norma (predios que no superan el área impermeable máxima establecida en la norma actualmente) y a otros departamentos que aún no la han instrumentado. Se abre también la posibilidad de modificarlas para lograr mayor integración de soluciones basadas en la naturaleza y aprovechar así los beneficios que éstas puedan aportar a la ciudad.

4.3.5 Impactos de la normativa de Montevideo en la implementación de dispositivos SUDS por parte de privados

En las secciones anteriores se han analizado los cambios en la normativa de Montevideo y cómo éstos han propiciado la implementación de dispositivos SUDS por parte de privados. Un tema a considerar es si este impacto ha sido significativo o, si bien es un aporte, este al final de cuentas resulta intrascendente.

Para analizar este aspecto se consideran los siguientes indicadores:

- Área gestionada / área total del departamento
- Área gestionada / área de la cuenca
- Inversión realizada por privados / inversión realizada la IMM en pluviales

Según lo visto anteriormente el área total gestionada / área total del departamento es de aproximadamente 2,2%, lo que implica a nivel general un porcentaje relativamente bajo; sin embargo, al analizar por cuenca, se ha visto que la cuenca del Pantanoso este porcentaje aumenta al 7%, lo que ya no resulta tan despreciable.

En cuanto a la relación entre la inversión privada en dispositivos SUDS y la inversión total pública en drenaje pluvial, se ha visto que el porcentaje resulta de aproximadamente 14%. Este es un valor muy significativo. Una forma de ver esto es que, de no existir esta normativa y pretender tener los mismos resultados, la intendencia debería aumentar en un 14% la inversión en drenaje pluvial urbano. A esto debería sumarse la necesidad de disponer de área disponible en espacio público y la necesidad y costos asociados a realizar el mantenimiento de los dispositivos que eventualmente se implementarían.

Al analizarse la distribución espacial de los dispositivos, se ha visto que la misma parece responder más a la naturaleza de los tipos de emprendimientos a los que se aplica la normativa que a una decisión previa y justificada técnicamente que busque la optimización de los resultados.

La resolución que habilita la implementación de medidas sustitutivas ha tenido un impacto significativo en la implementación de jardines de lluvia. A pesar de esto no ha logrado propiciar la construcción de pavimentos permeables que también son habilitados por la IM.

4.4 Barreras y oportunidades sobre modificación de normativa

En las secciones anteriores se ha visto que existe bibliografía internacional que muestra que los SUDS y SbNs pueden aportar importantes beneficios, pero su aplicación puede condicionarse por limitantes que dificultan su generalización. Estos obstáculos, tal como se vio en la sección 2.4, pueden agruparse en barreras: técnicas y biofísicas, de conocimiento, socio-culturales, de mercado y financiamiento, e institucional y gobernanza. Dentro de los aspectos institucionales y de gobernanza se encuentran los normativos. Esta tesis se centra en éstos últimos.

Se ha visto también en la sección 4.2 que existe un marco normativo que fomenta de distintas maneras la inclusión de SUDS y SBNs.

La experiencia de Montevideo ha demostrado que la aprobación de normativa puede tener efectos significativos en la cantidad y tipos de SUDS que se implementan (sección 4.3). En el caso de estudio se vio también que la normativa fue acompañada de guías técnicas, procedimientos y mejora en la fiscalización, lo que puede haber sido determinante en los resultados obtenidos. Esto último refuerza la idea de que los cambios de normativa deben ir acompañadas de otras acciones que viabilicen su implementación.

A pesar de esto, la revisión detallada de la normativa existente ha permitido identificar algunas oportunidades de mejora.

Debe considerarse que las recomendaciones que se presentan a continuación, son un aporte sectorial y no carente de cierto grado de subjetividad, que debe complementarse con otros aportes disciplinares e institucionales que enriquezcan y proporcionen miradas diferentes sobre el tema.

Los temas abordados son: competencias (a), normativa marco o programática (b), normativa sobre calidad de aguas (c), normativa sobre planes de drenaje pluvial (d), normativa sobre ordenamiento territorial (e), ordenanzas de fraccionamiento (f) y ordenanzas de sanitaria interna y construcción (g).

a. Competencias en drenaje pluvial

Como se vio en la sección 4.2.1, a nivel nacional existen competencias claras sobre el liderazgo que el Ministerio de Ambiente debe llevar en la preservación del ambiente y la planificación a nivel nacional de la gestión de las aguas, en particular las pluviales. Le compete también reglamentar, establecer especificaciones técnicas y someter a aprobación obras de drenaje. La elaboración del Plan Nacional de Aguas Pluviales del año 2023 es una iniciativa que demuestra la voluntad del Ministerio de asumir su rol de planificación de las aguas pluviales urbanas. La no existencia de criterios comunes y reglamentos nacionales sobre aguas pluviales evidencian que este rol no ha sido asumido aún por el Ministerio. El MA tiene la oportunidad de asumir su rol en la reglamentación de varias de las propuestas que se presentan más adelante.

A nivel subnacional, si bien tradicionalmente la planificación, construcción y mantenimiento del drenaje pluvial lo han realizado los gobiernos departamentales, es llamativo el hecho que en la Ley orgánica municipal (Ley 9515/035) no haya una mención explícita al tema si no que se desprenda de un análisis sistemático de la norma. Dada la importancia que están teniendo los drenajes e inundaciones pluviales sería recomendable establecerlo explícitamente. El hecho de

que la gestión de las aguas pluviales, el arbolado, los espacios públicos, el ordenamiento del territorio y la vialidad estén concentradas en las intendencias departamentales representa una fortaleza para el sistema que puede facilitar la implementación de SUDS y SbNs.

A su vez parte de las atribuciones de las intendencias departamentales pueden ser delegadas a los municipios. Esto depende de varios aspectos que trascienden a la presente tesis, incluyendo la distancia a la capital departamental, la política de descentralización del ejecutivo departamental, la capacidad y fondos disponibles. A pesar de esto, a nivel nacional podrían generarse algunas recomendaciones sobre qué atribuciones en drenaje pluvial o específicamente en SUDS es conveniente que se mantengan en la órbita departamental y cuáles en la municipal. Al analizar la composición de SUDS puede verse y asimilarse algunas componentes a otras que ya son mantenidas por las intendencias o municipios. A modo de ejemplo, los arbustos de un jardín de lluvia no requieren un tratamiento muy distinto de la de un cantero o pasto de plaza tradicional; la desobstrucción de la salida de una laguna de laminación no es diferente a la de una alcantarilla de dimensiones similares.

En cuanto a las competencias de los privados, en lo concerniente a la cantidad de agua, es claro que la responsabilidad por lo que ocurre dentro del predio con las aguas pluviales, incluyendo la construcción y mantenimiento de drenajes pluviales, es responsabilidad del propietario, quien tiene la obligación de no causar daños o agravar problemas existentes en otros predios (Código de aguas, Ley 14.859/78). En general el mantenimiento de la vereda y la cuneta también están a cargo del propietario. Cuando se trata de una avenida principal o de una cuneta de grandes dimensiones, éstas suelen ser mantenidas por la intendencia o municipio (Ministerio de Ambiente, 2023). Se ha visto que en las aprobaciones de SUDS de Montevideo se deja explícito que el mantenimiento de la obra, en especial los jardines de lluvia construidos en vereda pública, quedan a cargo del propietario. En este sentido podría generalizarse esta práctica en otras intendencias e incluir una descripción mínima de actividades y frecuencias de mantenimiento para posteriormente facilitar el control por parte de la intendencia/alcaldía. Otra opción sería que en los casos en que se implementen dispositivos SUDS en veredas, el mantenimiento de ésta pase a órbita departamental o municipal, tal como sucede con las avenidas o cunetas de grandes dimensiones.

En los temas referidos a la calidad de agua, puede haber una superposición de competencias entre las intendencias y el Ministerio de Ambiente (Ministerio de Ambiente, 2023). En los casos de actividades industriales o que puedan contener arrastres pluviales, se aplica el decreto 253/79, por lo que las aguas pluviales cargadas de sustancias potencialmente contaminante son consideradas como un efluente a gestionar por el privado, sujeto a las solicitudes de autorización, parámetros de calidad y exigencias de otros efluentes. En este sentido la competencia de autorización y control compete al ministerio. Si bien las medidas implementadas en estos casos pueden tener un enfoque SUDS, en general son consideradas como dispositivos de tratamiento de aguas residuales.

b. Normativa marco o programático

En la revisión de la normativa se ha visto que existe un conjunto de leyes y decretos recientes que plantean la necesidad de avanzar en SUDS y SbNs o definen políticas alineadas con su implementación: Plan Nacional de Aguas, Plan Nacional de Cambio Climático, Contribuciones Nacionales Determinadas y el Plan Nacional de Aguas Pluviales Urbanas (Ley 18.610, Dec. 205/017, Dec. 320/017, Dec. 197/024).

En este sentido, se considera que ya hay normativa suficiente para guiar la política nacional en el tema, siendo un impulsor para la implementación de SUDS.

c. Normativa sobre calidad de aguas

Hasta el momento, las descargas del sistema de drenaje pluvial no son consideradas como efluentes a ser controlado por el 253/79 y que requieran autorización para su descarga a cuerpos o cursos de agua o más en general al ambiente (humedales, playas, entre otros). Esto hace que no existan incentivos para que las intendencias departamentales incluyan SUDS que tengan un énfasis en el control de calidad de aguas pluviales ni para aprobar normativa que obligue a privados a hacerlo de forma descentralizada. Por otro lado, la revisión de experiencias de aplicación de normativa en Reino Unido y España muestran cómo es posible vincular la implementación de SUDS a los objetivos de calidad de aguas, incluyendo también parámetros ecológicos y no solo bioquímicos.

Este puede ser un caso en que la limitante normativa esté condicionada también por una limitante de conocimiento. Tal como se vio en la revisión bibliográfica, no existen investigaciones nacionales que logren establecer una relación directa entre el contenido de carga contaminante del drenaje pluvial con la calidad de un curso de agua. Este es un tema no menor, considerando que el país aún debe realizar importantes esfuerzos en reducir otras fuentes de contaminación probadas como los vertidos incontrolados de saneamiento, vertidos industriales, uso de agroquímicos y fertilizantes en cultivos cercanos a cursos de agua, entre otros. Un abordaje lógico sería avanzar en investigación y monitoreo de calidad de cursos de agua y de verificarse un impacto significativo por descargas de pluviales, plantear un cambio de normativa.

En cualquier caso, para una eventual modificación o reglamentación que incluya explícitamente los efluentes del sistema pluvial en el decreto 253/79 se deberá tener en cuenta las particularidades de los SUDS, en especial el efecto “first flush”, que hace que la calidad del efluente cambie de forma significativa a lo largo de una misma tormenta.

Una alternativa a la aprobación de una norma generalizada para todos los cursos de agua es la de hacer una implementación gradual considerando en una primera etapa los fraccionamientos nuevos o las descargas que puedan afectar zonas de especial consideración ambiental como se hizo en el Plan Local de Laguna José Ignacio y Laguna Garzón. Esto podría realizarse tanto en el marco de IOTs, como de Planes Directores de Drenaje Pluvial de cada localidad.

Para fomentar esto podría incluirse como objetivo en normativa nacional de OT el control de la calidad de efluentes pluviales y en los instructivos para la realización de la evaluación ambiental estratégica que las intendencias deben presentar ante el MA en el marco de la aprobación del IOT.

d. Normativa sobre planes directores de drenaje pluvial

En el Plan Nacional de Drenaje Pluvial Urbano (PNAPU) aprobado en 2023 se plantea la necesidad de que cada departamento cuente con Planes Departamentales de Drenaje Pluvial. Como se vio en la sección 4.1.2 pocas localidades cuentan actualmente con planificación a largo plazo de aguas pluviales, sin embargo, las localidades que los han implementado han incluido dispositivos SUDS, lo que indicaría que la implementación de planes directores de aguas pluviales urbanas son una buena oportunidad para incorporar miradas y dispositivos SUDS.

En el PNAPU se propone, como una de sus primeras acciones, conformar una comisión interinstitucional que consensue y proponga un decreto reglamentario. Una de las propuestas a discutir es la obligatoriedad de los gobiernos departamentales de realizar planes directores de drenaje pluvial departamentales y las características de los mismos. Esta instancia presenta una oportunidad para generalizar la aplicación de dispositivos SUDS, considerando las

particularidades de cada localidad, sector de ciudad e intendencia; y en vinculación con la planificación del territorio y los instrumentos de ordenamiento territorial.

e. Instrumentos de Ordenamiento Territorial

Se ha visto que los instrumentos de ordenamiento territorial incluyen varias formas de referirse a parámetros de uso de suelo similares: factor de ocupación de suelo (FOS), de impermeabilización de suelo (FIS), de ocupación de suelo permeable (FOSP), de suelo verde (FOSV) y natural rústico (FOSNR). Al analizar las definiciones resulta que los términos FOSP y FIS podrían unificarse. Por otro lado, cada instrumento realiza su propia definición de estos parámetros lo que dificulta su comprensión y aplicación. Ambos aspectos podrían solucionarse mediante una norma de carácter nacional como la propia Ley o la Directriz de ordenamiento territorial; o departamental, en una Ordenanza; un ejemplo de esto es la Ordenanza de Edificación de la Intendencia de Canelones que define estos parámetros.

Dados los buenos resultados que ha tenido en el control de caudales en Montevideo resulta adecuado replicar la experiencia en otras localidades.

Sin embargo, se ha visto que la ubicación de SUDS construidos por privados en Montevideo no se relaciona directamente con la existencia de problemas de drenaje pluvial, criterios de cuenca ni de vertidos de sistema unitario. Una oportunidad de mejora es asociar la gravedad o tipo de problema con el tipo de dispositivo. Este tipo de definiciones deben ser tomadas considerando conjuntamente aspectos de drenaje pluvial y planificación territorial. Dos instrumentos idóneos para esto son los instrumentos de ordenamiento territorial (en particular los Planes Locales, Parciales y de Actuación Integrada) y los Planes Directores de Aguas Pluviales Urbanas. Tal como se plantea en el PNAPU se trata de que estos instrumentos se realicen de forma coordinada, con un enfoque integral y abordajes interdisciplinarios.

Como lineamientos generales, a partir de la experiencia de Montevideo, se plantean algunas sugerencias de cómo es posible vincular los problemas de drenaje con las medidas de limitación de impermeabilización y de imposición de drenaje sustentable por privados:

- En **zonas ubicadas aguas arriba de problemas de drenaje pluvial**: FIS y SUDS para controlar caudales pico de lluvias poco frecuentes con parámetros más exigentes que en otras zonas (FIS, área máxima impermeable).
- En **sistemas unitarios con vertidos frecuentes** a cursos de agua: FIS y dispositivos de retención para controlar volumen generado en lluvias frecuentes. El objetivo y volúmenes a retener puede ser analizado a nivel de subcuenca, tal como lo muestra Alves et al. (2016), con objetivos de cantidad.
- En **cuencas que aporten a sistemas vulnerables** o en que se quieran mantener un estándar de calidad alto, proponer medidas de mejora de calidad de agua como bioretenciones, cunetas amortiguadoras, desconexión de pavimentos. También se podría adoptar el volumen de calidad propuesto para Montevideo por Abellán (2021) que implicaría gestionar la escorrentía generada por la lluvia de percentil del 80-90% de la serie de precipitaciones del año medio para reducir la mayor parte de la contaminación vertida hacia el medio receptor.
- **Zonas con problemas de abastecimiento de agua**: medidas de reutilización como los aljibes.
- En las **descargas a playa**, en que las altas velocidades pueden afectar los médanos se podría focalizar en controlar caudales pico en tormentas extraordinarias, volúmenes de lluvias frecuentes, infiltración o una combinación de todas ellas. En algunos casos en que predios privados descarguen directamente a playa, puede ser necesario imponer también disipadores de energía.

En cualquier caso, el tipo de dispositivo a implementar debe ser evaluado considerando las características físicas del medio en que se instale, en particular las medidas de infiltración: napa alta o capas de suelo impermeable.

Al momento de realizar propuestas deberán tenerse en cuenta otras limitantes como las institucionales, técnicas y de financiamiento. A modo de ejemplo, en el PNAPU se menciona que debe considerarse la capacidad técnica de los equipos locales para la evaluación de proyectos, la capacidad de control y el grado de regularidad de la construcción. En localidades en que se construyen viviendas sin planos ni permisos de construcción incluir en la norma parámetros urbanísticos o la obligatoriedad de implementar dispositivos SUDS no tendrá impacto alguno.

f. Ordenanzas de fraccionamientos

La realización de nuevos fraccionamientos, representan una oportunidad para imponer medidas que en suelo ya construido no es posible o conveniente imponer. En este sentido pueden imponerse normas más restrictivas que en urbanizaciones existentes. Estratégicamente pueden combinarse con otras medidas de construcción sostenible.

g. Sanitaria interna y ordenanzas de construcción

En la normativa de sanitaria de Montevideo muestra que este tipo de normas, de aplicación general y no territorializada, pueden tener un impacto significativo. La Intendencia de Canelones cuenta también en su ordenanza de construcción con imposiciones de FOSV y medidas de control de escurrimientos para todo el departamento. En el primer caso se aplica solo a predios con área impermeable mayor a 4.000m². En el caso de Canelones se aplica a todo predio que supere el FOSV, sin considerar tamaño o uso.

Tal como se señaló anteriormente, la redacción dada actualmente favorece la aplicación de SUDS que controlan caudales pico. Si bien sería posible incluir dentro de estas ordenanzas la obligatoriedad generalizada de controlar caudales bajos o infiltrar, parece más adecuado realizarlo, al menos inicialmente, focalizada en zonas de interés en otros instrumentos de ordenamiento territorial.

En este capítulo se sintetizan los resultados principales de la investigación, estableciendo su conexión con los objetivos planteados y discutiendo sus implicaciones. Asimismo, se presentan las limitaciones del estudio, recomendaciones normativas y una reflexión final sobre su contribución al desarrollo de los SUDS en Uruguay.

5.1 Resumen de resultados

La investigación reveló un avance significativo en la incorporación de SUDS en Uruguay. En el ámbito público se vio que entre 2008 y 2022, el porcentaje de intendencias que los incorporaron en sus sistemas de drenaje público pasó del 21% al 58%, con un potencial de alcanzar el 80% si se concretan los proyectos en desarrollo. En el ámbito académico y profesional los SUDS se evidencia su relevancia ya que, si bien la investigación científica es muy limitada en Uruguay, el tema ha tenido una presencia considerable en congresos profesionales de ingeniería siendo que la mitad de las ponencias sobre aguas pluviales se refieren específicamente a sistemas SUDS.

El análisis de la normativa ha demostrado que existe un marco normativo nacional proclive a la adopción de SUDS. A nivel subnacional, 11 de las 19 intendencias departamentales han incluido parámetros urbanísticos que limitan la impermeabilización de suelo y cuatro de éstas obligan a privados a implementar SUDS al superar estos límites. Se ha visto también que la normativa en general se centra en controlar los caudales pico, no incorporando objetivos de calidad.

El caso de estudio de Montevideo permitió analizar la relación entre la normativa local y el impacto en la cantidad y tipos de dispositivos SUDS implementados por privados. En particular se ha visto un aumento en la cantidad de dispositivos presentados ante la intendencia, coincidiendo con la aprobación de nueva normativa. También se vio una relación directa entre los tipos de dispositivos implementados y las exigencias de la norma. Dado que esta busca el control de caudales pico, los dispositivos más utilizados son las lagunas de retención sin espejo de agua permanente (49%), seguidos por los estanques de retención subterráneos (18%); a partir de que se comenzó a autorizar la implementación de jardines de lluvia, como medida sustitutiva, éstos han comenzado a tener una presencia más importante (9%).

El análisis de costos de los dispositivos, ha permitido estimar costos unitarios por tipo de dispositivo, siendo el costo medio de US\$ 52.000, y verificando que los más eficientes para el control de caudales pico son las cunetas amortiguadoras y las lagunas de retención.

Se vio también que los SUDS no presentan un patrón claro en la distribución espacial, no estando relacionados a los problemas identificados en la ciudad (zonas inundables, cuencas, desbordes de sistema unitario de saneamiento). Esto es coincidente con el enfoque de la norma que no tiene en cuenta estos aspectos.

Finalmente se ha verificado que la implementación de la normativa ha tenido un impacto significativo en la gestión de las aguas pluviales de Montevideo, siendo que la inversión anual

realizada por privados es de 2,2 millones de dólares, representando un 14% de la inversión pública en drenaje pluvial.

El análisis de la normativa y su impacto en la implementación de dispositivos SUDS, ha permitido identificar oportunidades de mejora del marco normativo. Las sugerencias son resumidas en la tabla siguiente, donde se presentan el problema a solucionar o la oportunidad a aprovechar, la propuesta y la norma o guía técnica a crear o modificar.

Tabla 13 Resumen de lineamientos para modificación de normativa.

Problema/oportunidad	Propuesta	Norma o guía a crear o modificar
30% de las intendencias no han incluido normativa sobre SUDS	- Incluir como objetivo en normativa nacional de OT - Incluir en Evaluación ambiental estratégica de IOTs impacto del drenaje pluvial - Elaborar guías técnicas para facilitar la inclusión de SUDS en IOTs.	- LOTyDS o Directriz Nacional de OT - Instructivos o guías técnicas
Falta de incentivos por parte de las intendencias departamentales para controlar calidad de descargas pluviales	- Incluir las descargas pluviales como efluente comprendido en la normativa ambiental - Incluir obligatoriedad de SUDS que permitan mejora de calidad de agua en zonas que descargan a cursos o cuerpos de agua más vulnerables o con un objetivo de preservación mayor	- Decreto 253/79 - Directriz Nacional de OTyDS - PLOTs, PAIs, Programas de actuación, Planes Sectoriales
Parámetros urbanísticos con definiciones diferentes pueden dificultar la comprensión por parte de privados	- Incluir en normativa nacional de OT definición de parámetros urbanísticos, unificando nombres similares y homogeneizando definiciones.	- LOTyDS o Directriz Nacional de OT
Los planes directores de drenaje pluvial han incorporado SUDS; pero son pocos las localidades que cuentan con estos planes.	- Incluir en la reglamentación del PNAPU la obligatoriedad de realizar planes departamentales o locales y drenaje pluvial. - Facilitar su implementación a través de guías, financiamiento y apoyo técnico.	- Reglamentación PNAPU y guías - Modificación de procedimientos de aprobación de finan. nacional
Predominio de SUDS para control de caudales pico, sin considerar otros beneficios (calidad de agua, infiltración, erosión y arrastre de sedimentos) o cobeneficios (isla de calor, calidad de aire, biodiversidad, paisajismo)	- Permitir medidas sustitutivas como las implementadas por la IM - Incluir la consideración de beneficios - Desarrollar guías	- Ordenanzas departamentales de sanitaria interna o de construcción - Instructivos o guías técnicas
El tipo de medidas a implementar no está asociada al medio físico circundante y los problemas de la zona	- Asociar tipo de dispositivo a objetivo en función de problemas de cada zona	- PLOTs, PAIs, Programas de actuación, Planes Sectoriales - Planes Directores de Drenaje Pluvial de local o departamental
El mantenimiento de SUDS en vía pública ejecutada por privados puede no ser clara o la intendencia/alcaldía puede no tener los recursos necesarios para hacerla.	- Incluir explícitamente en permiso de construcción o factibilidad que queda a cargo del privado.	- Instructivos o guías técnicas.
Nuevos fraccionamientos presentan un oportunidad para implantar SUDS que en áreas ya urbanizadas son más dificultosos.	- Incluir disposiciones más exigentes para fraccionamientos nuevos.	- Ordenanzas de fraccionamiento - PLOTs, PAIs, Programas de actuación, Planes Sectoriales

5.2 Implicancias

Desde una perspectiva teórica, este estudio contribuye a la comprensión del estado de los SUDS en Uruguay y, más en general, demuestra cómo la normativa puede impulsar su aplicación.

Desde el punto de vista práctico ha genera datos objetivos que pueden ser actualizados en el futuro. En particular se han sistematizado datos en tablas relacionadas sobre: planes de ordenamiento territorial (discriminando si incluye SUDS), entrevistas a informantes calificados sobre implementación de SUDS en espacio público, investigaciones y presentaciones en congresos de ingeniería y SUDS implementados en Montevideo por privados. Futuras actualizaciones permitirán realizar seguimiento del avance en la implementación de SUDS y evaluar la eficacia de la aplicación de acciones de promoción de los mismos.

En términos normativos, las propuestas presentadas tienen implicaciones significativas para el fortalecimiento del marco regulatorio, lo que permitirá garantizar no solo una mayor adopción de SUDS, sino también un impacto más efectivo en la gestión de las aguas pluviales urbanas a nivel nacional.

5.3 Limitaciones

Este trabajo presenta algunas limitaciones que deben ser reconocidas.

En primer lugar, una parte del estudio se centró en Montevideo, dejando espacio para investigaciones más exhaustivas en localidades como Canelones y Maldonado que también cuentan con normativa sobre SUDS. La estimación del avance en la implementación de dispositivos SUDS, puede estar subdimensionada, ya que no considera a aquellos privados que no estaban obligados a implementarlos, pero lo han hecho de forma voluntaria.

En cuanto a la estimación de costos por dispositivo, la escasez de datos dificultó la estimación de costos asociados a dispositivos menos comunes, como pavimentos permeables y biorretenciones. Debe aclararse que esto no tiene un impacto significativo en los resultados principales de la investigación, pero debe tomarse con cautela a la hora de utilizar el costo unitario para otros fines ajenos a la presente tesis.

Por otra parte, el estudio se enfocó principalmente en aspectos normativos, dejando en segundo plano factores como la percepción ciudadana, limitaciones técnicas o sociales, que juegan un papel clave en la adopción de SUDS. No se han considerado tampoco incentivos económicos que pueden complementar las propuestas realizadas en este estudio.

Finalmente, las recomendaciones son realizadas con un enfoque disciplinar desde la ingeniería, por lo que debe necesariamente complementarse con otras disciplinas.

5.4 Recomendaciones

En el capítulo 4 se han presentado recomendaciones sobre modificación del marco normativo en aguas pluviales y elaboración de guías técnicas que promuevan la implementación de SUDS. Algunas de las recomendaciones son:

- Actualizar la Ley Orgánica Municipal de 1935 (Ley 9515/935) con conceptos modernos de gestión sustentable de aguas y explicitando las competencias en aguas pluviales.
- Evaluar incluir en una eventual modificación o reglamentación del decreto 253/79 la inclusión de las aguas pluviales urbanas como un efluente a controlar.

- Incluir en LOT o en Ordenanzas departamentales la definición de parámetros urbanísticos, unificando FOSV, FOSP y FIS.
- Incluir en Planes Directores de Aguas Pluviales Urbanas o Instrumentos de Ordenamiento Territorial obligatoriedad de distintos dispositivos SUDS, de modo de tener en cuenta particularidades y objetivos por zona o cuenca.
- Incluir SUDS con mayor nivel de exigencia en ordenanzas de fraccionamientos nuevos.

Los resultados obtenidos y sus limitantes han permitido identificar algunas líneas de investigación futuras. A continuación se listan algunas de ellas:

- Extender el análisis de cuantificación de SUDS a otras intendencias en particular Canelones y Maldonado.
- Complementar la cuantificación de dispositivos SUDS de Montevideo en emprendimientos no incluidos actualmente en la norma y que lo estén realizando de forma voluntaria. Para esto podrían revisarse los permisos de construcción.
- Realizar estudios sobre calidad de agua y su relación con efluentes pluviales.
- Implementar estudios locales sobre beneficios de SUDS.
- Recopilar datos de costos de pavimentos porosos, biorretenciones, dispositivos de reutilización y otros dispositivos que no pudieron estimarse en el presente estudio.
- Analizar los aspectos económicos y financieros de la implementación de SUDS, así como la pertinencia de establecer incentivos económicos, mecanismos de financiamiento y préstamos en condiciones preferenciales.
- Realizar instructivos técnicos para la implementación de pavimentos porosos y otros dispositivos SUDS poco usados en Uruguay.

5.5 Reflexión final

El desarrollo de los SUDS en Uruguay enfrenta desafíos normativos, técnicos y sociales, pero también ofrece una oportunidad única para transformar la gestión hídrica urbana hacia un enfoque más sustentable. Esta tesis constituye un aporte significativo al integrar análisis normativos y técnicos, y sugiere medidas concretas para potenciar el uso de SUDS en el país.

Sin embargo, es importante reconocer que este esfuerzo debe complementarse con un abordaje interdisciplinario que incorpore la perspectiva de profesionales de diversas disciplinas, así como de actores institucionales clave. Asimismo, las propuestas planteadas deben ser parte de un enfoque estructurado que se alinee con las estrategias del Plan Nacional de Aguas Pluviales Urbanas, promoviendo un cambio gradual pero sostenible en la gestión de las aguas pluviales en Uruguay. Dadas sus competencias, el Ministerio de Ambiente y la Dinagua en particular, tienen un rol protagónico en liderar este proceso.

- Abellán, A. (2021). *Comparativa de alternativas SUDS en diferentes espacios urbanos. Consultoría en el desarrollo de la agenda para promover el uso de sistemas de drenaje urbano sostenible en América Latina y el Caribe del Banco Interamericano de Desarrollo (BID)*.
- Alves, A., Gersonius, B., Kapelan, Z., Vojinovic, Z., & Sanchez, A. (2019). Assessing the Co-Benefits of green-blue-grey infrastructure for sustainable urban flood risk management. *Journal of Environmental Management*, 239, 244–254. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.03.036>
- Alves, A., Sanchez, A., Vojinovic, Z., Seyoum, S., Babel, M., & Brdjanovic, D. (2016). Evolutionary and Holistic Assessment of Green-Grey Infrastructure for CSO Reduction. *Water*, 8(9), 402. <https://doi.org/10.3390/w8090402>
- Arnbjerg-Nielsen, K., Willems, P., Olsson, J., Beecham, S., Pathirana, A., Bülow Gregersen, I., Madsen, H., & Nguyen, V.-T.-V. (2013). Impacts of climate change on rainfall extremes and urban drainage systems: a review. *Water Science and Technology*, 68(1), 16–28. <https://doi.org/10.2166/wst.2013.251>
- Ashley, R. M., Gersonius, B., Digman, C., Horton, B., Bacchin, T., Smith, B., Shaffer, P., & Baylis, A. (2018). Demonstrating and Monetizing the Multiple Benefits from Using SuDS. *Journal of Sustainable Water in the Built Environment*, 4(2). <https://doi.org/10.1061/JSWBAY.0000848>
- Banco Mundial. (2023, September 1). *Portal de conocimiento de cambio climático del Banco Mundial*. Portal de Conocimiento de Cambio Climático Del Banco Mundial. <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/uruguay>
- Bas, L. (2021). *Infraestructura hidráulica : espacio público análisis de la incidencia de las infraestructuras hidráulicas de drenaje pluvial y saneamiento en la conformación de la ciudad en general, y en el sistema de espacios públicos en particular, en Montevideo y su área metropolitana* [Universidad de la República]. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/36030>
- Benzerra, A., Cherrared, M., Chocat, B., Cherqui, F., & Zekiouk, T. (2012). Decision support for sustainable urban drainage system management: A case study of Jijel, Algeria. *Journal of Environmental Management*, 101, 46–53. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.01.027>
- Brillinger, M., Dehnhardt, A., Schwarze, R., & Albert, C. (2020). Exploring the uptake of nature-based measures in flood risk management: Evidence from German federal states. *Environmental Science & Policy*, 110, 14–23. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.05.008>

- Brown, R., Ashley, R., & Farrelly, M. (2011). Political and Professional Agency Entrapment: An Agenda for Urban Water Research. *Water Resources Management*, 25(15), 4037–4050. <https://doi.org/10.1007/s11269-011-9886-y>
- Brown, R., & Farrelly, M. (2009). Challenges ahead: social and institutional factors influencing sustainable urban stormwater management in Australia. *Water Science and Technology*, 59(4), 653–660. <https://doi.org/10.2166/wst.2009.022>
- Brudermann, T., & Sangkakool, T. (2017). Green roofs in temperate climate cities in Europe – An analysis of key decision factors. *Urban Forestry & Urban Greening*, 21, 224–234. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.12.008>
- Calvin, K., Dasgupta, D., Krinner, G., Mukherji, A., Thorne, P. W., Trisos, C., Romero, J., Aldunce, P., Barrett, K., Blanco, G., Cheung, W. W. L., Connors, S., Denton, F., Diongue-Niang, A., Dodman, D., Garschagen, M., Geden, O., Hayward, B., Jones, C., ... Ha, M. (2023). *IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]*. IPCC, Geneva, Switzerland. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- Center for Neighborhood Technology. (2020). *Green Values Strategy Guide Linking Green Infrastructure Benefits to Community Priorities*. <https://cnt.org/publications/green-values-strategy-guide-linking-green-infrastructure-benefits-to-community>
- Chow, V. Te, Maidment, D., & Mays, L. (1993). *Hidrología Aplicada*. McGraw-Hill.
- CIRIA. (2019). *CIRIA RP1074: Making BeST better*. https://www.susdrain.org/files/resources/BeST/making_best_better_evidence_review_summary_june_2018_.pdf
- CIRIA. (2021). *Benefits of SuDS Tool - BeST*. <https://www.gov.uk/flood-and-coastal-erosion-risk-management-research-reports/best-benefits-of-suds-tool>
- CNT. (2024). *Storm Water Managementa Calculator*. <https://greenvalues.cnt.org/>
- Cohen-Shacham, Walters, G., G., J. C., & Maginnis, S. (2016). *Nature-based solutions to address global societal challenges*. 2016–2035.
- CSI, A., & DICA, A. (2023). *Plan nacional de aguas pluviales urbanas para Uruguay. Definición de estrategias a corto y mediano plazo*.
- Cuadrado, A., Martínez Penadés, J. P., Piperno, A., Laffitte, C., Failache, N., & Saralegui, G. (2008). *Inundaciones y Drenaje Urbano. Informe Final. Sector Agua/Proyecto de modernización de los servicios públicos Uruguay*.
- Deely, J., Hynes, S., Barquín, J., Burgess, D., Finney, G., Silió, A., Álvarez-Martínez, J. M., Bailly, D., & Ballé-Béganton, J. (2020). Barrier identification framework for the implementation of blue and green infrastructures. *Land Use Policy*, 99, 105108. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105108>
- Department of Economic and Social Affairs Population Division. (2019). *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision (ST/ESA/SER.A/420)*. <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>
- Dhakal, K. P., & Chevalier, L. R. (2017). Managing urban stormwater for urban sustainability: Barriers and policy solutions for green infrastructure application. *Journal of*

- Dirección Nacional de Aguas. (2009). *Diseño de sistemas de aguas pluviales urbanas. V1.0.* (1st ed.). Ministerio de Ambiente. <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/comunicacion/publicaciones/plan-nacional-aguas>
- Dirección Nacional de Aguas. (2022). *Atlas Nacional de Inundaciones y Drenaje Urbano. Versión Febrero 2022.* <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/politicas-y-gestion/atlas-nacional-inundaciones-drenaje-pluvial-urbano-version-febrero-2022>
- FADU-UdelaR. (2021). *Integración del enfoque de adaptación en ciudades, infraestructura y ordenamiento territorial en Uruguay. URU/18/002.* Ministerio de Ambiente. <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/comunicacion/publicaciones/adaptacion-ciudades-edificaciones>
- Fletcher, T. D., Shuster, W., Hunt, W. F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., Trowsdale, S., Barraud, S., Semadeni-Davies, A., Bertrand-Krajewski, J.-L., Mikkelsen, P. S., Rivard, G., Uhl, M., Dagenais, D., & Viklander, M. (2015). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, 12(7), 525–542. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2014.916314>
- Gandolfi, A. (2019). *Modelling the hydrological performance of bioretention cells for Montevideo (Uruguay)* [The University of Sheffield]. <https://hdl.handle.net/20.500.12381/264>
- García, V., & Pérez, J. (2021). *Drenaje pluvial Aguas Dulces. Tesis de grado.* [Universidad de la República]. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/29686?mode=full>
- Gimenez-Maranges, M., Breuste, J., & Hof, A. (2020). Sustainable Drainage Systems for transitioning to sustainable urban flood management in the European Union: A review. *Journal of Cleaner Production*, 255, 120191. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120191>
- Grum, M., Jørgensen, A. T., Johansen, R. M., & Linde, J. J. (2006). The effect of climate change on urban drainage: an evaluation based on regional climate model simulations. *Water Science and Technology*, 54(6–7), 9–15. <https://doi.org/10.2166/wst.2006.592>
- IMM, S. (2017). *Guia para la presentación de medidas de control de escurrimiento.* <https://montevideo.gub.uy/sites/default/files/biblioteca/guamnce.pdf>
- Jaurena, M., Rodríguez Núñez, R., & Olivera, A. (2018). *Proyecto Ribera del Miguelete* [Universidad de la República]. <http://hdl.handle.net/20.500.12008/20291>
- Jayasooriya, V. M., & Ng, A. W. M. (2014). Tools for Modeling of Stormwater Management and Economics of Green Infrastructure Practices: a Review. *Water, Air, & Soil Pollution*, 225(8), 2055. <https://doi.org/10.1007/s11270-014-2055-1>
- Jorgensen, U., & Sorensen, O. H. (1999). Arenas of Development - A Space Populated by Actor-worlds, Artefacts, and Surprises. *Technology Analysis & Strategic Management*, 11(3), 409–429. <https://doi.org/10.1080/095373299107438>
- Kang, N., Kim, S., Kim, Y., Noh, H., Hong, S., & Kim, H. (2016). Urban Drainage System Improvement for Climate Change Adaptation. *Water*, 8(7), 268. <https://doi.org/10.3390/w8070268>

- Laino, A. (2022). *Co-designed rehabilitation of an urban watercourse: Lessons learned from Victoria, Australia for Montevideo, Uruguay* [Deakin University]. <https://hdl.handle.net/20.500.12381/3165>
- Larsen, A. N., Gregersen, I. B., Christensen, O. B., Linde, J. J., & Mikkelsen, P. S. (2009). Potential future increase in extreme one-hour precipitation events over Europe due to climate change (duplciado). *Water Science and Technology*, 60(9), 2205–2216. <https://doi.org/10.2166/wst.2009.650>
- Marcelo Barreiro. (2020). *Proyecciones climáticas con reducción de escala sobre Uruguay. Entregable 4. Convenio PNUD-UDELAR Proyecto URU/18/002. Integración del enfoque de adaptación en ciudades, infraestructura y ordenamiento territorial en Uruguay.*
- Marrero, I., Segura, L., Spalvier, A., Bailosián, B., Tovar, G., Guzzo, A., Aliés, R., & Storace, D. (2023). PRIMER PAVIMENTO EN URUGUAY DE HORMIGÓN PERMEABLE A ESCALA REAL. *Congreso de Vialidad Del Uruguay.*
- Melville-Shreeve, P., Cotterill, S., Grant, L., Arahuetes, A., Stovin, V., Farmani, R., & Butler, D. (2018). State of SuDS delivery in the United Kingdom. *Water and Environment Journal*, 32(1), 9–16. <https://doi.org/10.1111/wej.12283>
- MHCLG. (2018). *A review of the application and effectiveness of planning policy for Sustainable Drainage Systems (SuDS).* <https://www.gov.uk/government/publications/a-review-of-the-application-and-effectiveness-of-planning-policy-for-sustainable-drainage-systems>
- Ministerio de Ambiente. (2023). *Plan Nacional de Aguas Pluviales Urbanas para Uruguay.* <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/comunicacion/publicaciones/plan-nacional-aguas-pluviales-urbanas>
- MITECO. (2019). *Guía de adaptación al riesgo de inundacion: Sistemas urbanos de drenaje sostenible.* Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de España. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/temas/gestion-de-los-riesgos-de-inundacion/guia-adaptacion-riesgo-inundacion-sistemas-urbano-drenaje-sostenible_tcm30-503726.pdf
- Momparler, S. P., Cortés, M. R., Andrés-Doménech, I., & Segura, J. M. (2021). *Guía básica para el diseño de sistemas urbanos de drenaje sostenible en la ciudad de València.* Ajuntament de València. https://www.ciclointegraldelagua.com/files/normativa/Guia_Basica_para_el_Disenio_de_Sistemas_Urbanos_de_Drenaje_Sostenible_en_la_Ciudad_de_Valencia_V01.pdf
- Niemczynowicz, J. (1999). Urban hydrology and water management – present and future challenges. *Urban Water*, 1(1), 1–14. [https://doi.org/10.1016/S1462-0758\(99\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S1462-0758(99)00009-6)
- O'Donnell, E. C., Lamond, J. E., & Thorne, C. R. (2017). Recognising barriers to implementation of Blue-Green Infrastructure: a Newcastle case study. *Urban Water Journal*, 14(9), 964–971. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2017.1279190>
- Ortega, A. D., Rodríguez, J. P., & Bharati, L. (2023). Building flood-resilient cities by promoting SUDS adoption: A multi-sector analysis of barriers and benefits in Bogotá, Colombia. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 88, 103621. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2023.103621>

- Ossa-Moreno, J., Smith, K. M., & Mijic, A. (2017). Economic analysis of wider benefits to facilitate SuDS uptake in London, UK. *Sustainable Cities and Society*, 28, 411–419. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.10.002>
- Piperno, A. (2017). *Aguas urbanas en Uruguay : transiciones hacia ciudades sostenibles. Tesis de maestría. Universidad de la República (Uruguay)* [Universidad de la República Oriental del Uruguay]. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/20951>
- Ruangpan, L., Vojinovic, Z., Di Sabatino, S., Leo, L. S., Capobianco, V., Oen, A. M. P., McClain, M. E., & Lopez-Gunn, E. (2020). Nature-based solutions for hydro-meteorological risk reduction: a state-of-the-art review of the research area. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 20(1), 243–270. <https://doi.org/10.5194/nhess-20-243-2020>
- Saravia, M. (2017). *Aportes de la Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible y Ley de Política Nacional de Aguas para la construcción de una visión integral del territorio* [Universidad de la República (Uruguay)]. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/20955>
- Saravia, M., Villar, P. C., & Lejtregger, R. (2022). La interfaz entre las políticas de ordenamiento territorial y de aguas en Uruguay: la cuenca hidrográfica como elemento integrador. *Revista Americana de Urbanismo y Medio Ambiente*, 1(7), 141–182. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8566836>
- United Nations, D. of E. and S. A. P. D. (2022). *World Population Prospects 2022: Methodology of the United Nations population estimates and projections. UN DESA/POP/2022/TR/NO. 4.*
- Vasconcelos, A. F., Barbassa, A. P., dos Santos, M. F. N., & Imani, M. A. (2022). Barriers to sustainable urban stormwater management in developing countries: The case of Brazil. *Land Use Policy*, 112, 105821. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105821>
- Woods Ballard, Wilson, B., Udale-Clarke, B., Illmans, H., Scott, S., Ashley, T., & Kellagher, R. (2015). *The SuDS Manual (C753)*. CIRIA. https://www.ciria.org/CIRIA/CIRIA/Item_Detail.aspx?iProductCode=C753
- Ying, J., Zhang, X., Zhang, Y., & Bilan, S. (2022). Green infrastructure: systematic literature review. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 35(1), 343–366. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2021.1893202>

Apéndice A. Ponencias en congresos nacionales de ingeniería.

Tabla 14 Ponencias relacionadas con drenaje pluvial urbano en ponencias del congreso de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria

TITULO	AUTORES	Año	link
Algunos de los primeros casos de laminación en Montevideo	Sonia Pagalday	2011	https://aidis.org.uy/wp-content/uploads/2020/10/T_009_Pagalday.pdf
Desarrollo de una metodología y herramienta hidroinformática multi-criteria análisis como soporte para la implementación de planes de gestión de riesgos de inundación	Santiago Symonds; Marc Velasco Droguet; Manuel Gómez Valentín	2015	https://aidis.org.uy/wp-content/uploads/2020/10/I-6-Symonds.pdf
Priorización y desarrollo de soluciones para mitigación de inundaciones en el área consolidada de Montevideo	Carla Baldo, María Mena	2015	https://aidis.org.uy/wp-content/uploads/2020/10/I-7-Baldo.pdf
Implementación de medidas no estructurales en los departamentos de Montevideo y Canelones	Gimena Bentos Pereira, María Mena, Enrique Indarte, Maya Lambert	2015	https://aidis.org.uy/wp-content/uploads/2020/10/I-8-Bentos.pdf
Hacia ciudades sensibles al agua. Desafíos de la coordinación entre planificación urbana y aguas urbanas. El caso del parque productivo Miguatele	Álvaro Trillo; María Mena; Gimena Bentos Pereira	2015	https://aidis.org.uy/wp-content/uploads/2020/10/I-10-Trillo.pdf
Algunos aspectos normativos que regulan el escurrimiento del agua y su aplicación en el ámbito departamental	Lucía Larrea; María Celia Mena	2015	https://aidis.org.uy/wp-content/uploads/2020/10/I-12-Larrea.pdf

Diagnóstico hidráulico de saneamiento alivios drenajes e inundaciones mediante modelación integrada en “Infoworks ICM” y análisis de resultados para gestión integral de cuenca urbana	Symonds, Santiago; Herbón, Fernando; Aradas, Rodolfo.	2017	https://aidis.org.uy/wp-content/uploads/2020/11/T1-Symonds.pdf
Evaluación de la factibilidad del uso doméstico de aguas pluviales calidad cantidad y aceptación social	D’Angelo, Mauro; Saravia, María; Gianoli, Pablo; Taks, Javier; López, Julieta.	2019	https://aidis.org.uy/wp-content/uploads/2020/11/34-DAngelo-1-Completo.pdf
Proceso de actualización de guía de diseño de sistemas de aguas pluviales urbanas	Martínez Penadés, Juan Pablo; Alonso, Daniel; Pastorino, Gonzalo; Piperno, Adriana; Silva Felipe.	2022	https://aidis.org.uy/wp-content/uploads/2022/11/Martinez-Juan-Pablo-2.pdf

Apéndice B. Variables consideradas en análisis de SUDS realizados por privados en Montevideo.

Tabla 15 Campos con información para sistematización de SUDS en Montevideo. Datos de proyecto.

Administrativa	ID	Identificador del proyecto de control de escurrimiento, que puede incluir varios dispositivos y padrones. Se compone de código de departamento, código de localidad, código de padrón (INE) y número de expediente	ID_anterior IM
	Num_Exp	Número de expediente de la tramitación	Num_Exp
	Empresa_Sol	Empresa o titular del predio que solicita el trámite.	EMPRESA
	T_emp	Tipo de emprendimiento	Nuevo!
	Ubic	Ubicación de la información del trámite.	CARPETA
	F_Inicio	Fecha de inicio de expediente. En caso de no haber dato se ingresa primero de enero del año que figura en el ID del expediente.	Ingreso
	F_Aprobación	Fecha de aprobación de expediente	Fin
	Aprobado	Estado del trámite. Respuesta cerrada: SI, NO	Aprobado
	Asunto	Dato interno de la solicitud de ingreso	Asunto
	Tecnico	Técnicos responsables del proyecto	TECNICO
	Empresa	Firma consultora. En caso de consultor independiente: 0; sin dato -999	Nuevo!
Ubicación	X_COORD	Coordenada del emprendimiento.	X
	Y_COORD	Coordenada del emprendimiento.	Y
	wkt_geom	Código wkt con las coordenadas del punto	wkt_geom
Normativa	T_Padron	Si es urbano o rural. Lista cerrada: U, R.	tipopadron
	AT_padrones(m2)	Área total de todos los padrones que se utiliza para el cálculo del factor de impermeabilización	area total
	FOS	Factor de ocupación de suelo según normativa, según informe	FOS
	FIS	Factor de impermeabilización máxima de la zona, según informe	FIS
	Porc_FIS	Porcentaje máximo de FIS, según informe	%FIS
	A_FIS	Área del FIS según informe; es el mínimo entre FIS y Porc_FIS	Area_FIS

	Q_FIS(l/seg)	Caudal total del padrón en escenario de impermeabilización máxima permitida según FIS.	Qfis
Proyecto	Q_PROY(L/seg)	Caudal total del padrón en escenario de proyecto sin MCE	Qproy
	Q_dif(L/seg)	QPROY-QFIS	Qdif
	Q_MCE	Suma de los caudales que salen de los dispositivos proyectados. Puede coincidir con Qdif o ser menor.	Qlaminado
	Cant_MCE	Cantidad de dispositivos del proyecto	
Construido	Construido	Respuesta cerrada: SI, NO, s/d	Nuevo!
	F_Const	En caso de estar construido fecha de construcción. De no contarse con el dato, fecha en que se verificó la existencia. Si no está construido, fecha en que se verificó a través de imagen satelital o inspección.	Nuevo!
Comentarios	Comentarios	Comentarios sobre proyecto o trámite administrativo	observación
	Aux Rev	Lista cerrada sobre si es considerado para análisis de MCE. Se descartan expedientes con consultas en que no se termina realizando propuesta de MCE o que la propuesta no es aceptada por SEPS y el expediente es archivado.	Nuevo!

Tabla 16 Campos con información para sistematización de SUDS en Montevideo. Datos de dispositivo.

Administrativa	ID	Identificador de expediente.	Nuevo!
	ID_MCE	Identificador de dispositivo. Compuesto con ID proyecto y un número consecutivo.	Nuevo!
Proyecto	Tipo_original	Tipo de dispositivo de la planilla de SEPS de 2020; se sustituye por campo Tipo.	DescrMCE_1
	Tipo	Tipo de dispositivo. Lista cerrada: Aljibe, Amortiguación subterránea, Amortiguación subterránea- Celdas, Área de infiltración, Barriles de lluvia, Bioretención, Cuneta amortiguadora, Dispositivos de calidad de agua, Fajas de pasto / cubiertas vegetadas, Humedales, Jardín de lluvia, Laguna ret. con espejo de agua permanente, Laguna ret. sin espejo de agua permanente, Pavimento permeable, Pozo de infiltración, Techo verde, Zanja de infiltración, S/d	DescrMCE_1
	Vol	Volumen útil de retención del dispositivo (m2); solo en caso de dispositivos de retención o mixtos.	Vol_MCE_1
	A_sup	Área superficial (m2)	Area_MCE_1
	Prof	Profundidad total (m)	Prof_1
	Qin	Caudal que ingresa al dispositivo (L/seg)	Nuevo!
	Qout	Caudal que sale del dispositivo (L/seg)	Nuevo!
	Rel_vacios	Relación de vacíos (solo en caso de medios granulares)	Nuevo!
	Salida	Tuberías de descarga de la MCE a red pública	
	T_descarga	Hacia donde descarga el dispositivo.	descarga_1
	Vertedero	Lista cerrada: si, no, n/c, s/d.	vert_exce?
	Paisaje_otrosusos	Lista cerrada: si, no	
	TR de vertedero	Período de retorno de diseño del vertedero de excedencias.	Nuevo!
	Costo	Precio de oficina de la obra a ejecutar en pesos uruguayos (sin incluir leyes sociales ni IVA).	Nuevo!
	Costo_comp	Precio estimado de dispositivo realizado en 2024. Los disp que tienen costos son completados con los costos presentados en el trámite; el resto es estimado a partir de costos unitarios de tipo de dispositivo (\$/Qlaminado o \$/m2). Está actualizado a dic. de 2023.	
Comentarios	Comentarios	Comentarios sobre dispositivos.	Nuevo!

Tabla 17 Campos con información para sistematización de SUDS en Montevideo. Datos de padrón.

Administrativa			
	ID		
	CODDEPT	Código de Departamento INE	Nuevo!
Normativa	CODCOMP_DINAGUA	Código de localidad DINAGUA	Nuevo!
	Nnadron	Número de padrón	PADRON
	Subc	Subcategoría referida a la normativa de FIS que se aplica: Ej. 26R	Categoría