



Universidad de
Oviedo



Trabajo Fin De Grado

Grado en Ingeniería Civil

Mención en Construcciones Civiles

Identificación de barreras a la implementación de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en el Área Metropolitana de San Salvador

Autor: Nathaly Geraldine Alvarado Figueroa

Tutor: Luis Ángel Sañudo Fontaneda

Julio, 2023



Universidad de Oviedo

**Identificación De Barreras A La
Implementación De Sistemas Urbanos De
Drenaje Sostenible En El Área Metropolitana De
San Salvador.**





Declaración de Originalidad del Trabajo Fin de Grado

D./Dña. Nathaly Geraldine Alvarado Figueroa, con NIE estudiante del Grado en Ingeniería Civil de la Escuela Politécnica de Mieres de la Universidad de Oviedo, declaro bajo mi responsabilidad que:

El Trabajo de Fin de Grado aquí presentado con título Identificación de barreras a la implementación de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en el Área Metropolitana de San Salvador. ha sido realizado bajo mi autoría, es original y que todas las fuentes utilizadas para su realización han sido debidamente citadas en el mismo.

Para que así conste, firmo la presente declaración.

En Mieres, a 9 de Julio de 2023.

Nathaly Geraldine Alvarado Figueroa

Y6667531Y



Relación del TFG con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

ODS con los que se relaciona el TFG:



Breve justificación:

Este TFG se relaciona con los ODS seleccionados ya que estudiar e identificar las barreras a las que se enfrentan los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en el Área Metropolitana de San Salvador, ayudara a mejorar la resiliencia urbana, la gestión sostenible del agua, el control de inundaciones, la mejora de la calidad del agua, la salud de sus ciudadanos y su economía, la promoción de la biodiversidad y generar estrategias que proporcionen una ciudad más sostenible y resiliente.



RESUMEN

El presente Trabajo Fin de Grado (TFG) consiste en una investigación mixta implementada bajo el método secuencial explicativo, que evaluará la percepción técnica sobre los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) que poseen los profesionales de la administración pública, el sector privado y el ámbito académico que tienen relación con el diseño, construcción, operación, investigación y mantenimiento de los recursos hídricos en el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS), para poder evaluar si las normas, planes, estrategias e investigaciones han influenciado en el cambio de paradigma en la gestión de las aguas de lluvias en el AMSS y cuáles serían las barreras para la implementación de estos sistemas en la zona de estudio.

En primer lugar, se realizó un estudio detallado del trabajo documental, revisando conceptos claves relacionados con los SUDS en el AMSS, su importancia en el contexto urbano, el cambio climático, la calidad de las aguas y la conservación de los recursos hídricos.

También se realizó el desarrollo de un grupo focal con el objetivo de aportar conocimientos y experiencias adicionales a las del equipo investigador, mediante entrevistas estructuradas.

Para el segundo enfoque se construyó un cuestionario que permitiera medir la problemática de esta investigación, con la ayuda del grupo focal y del análisis temático.

Su objetivo es poder identificar las barreras a las que se enfrenta el AMSS, en relación con el manejo sostenible de la gestión hídrica, como el grado de sostenibilidad, la valoración de normativas y guías que estén involucradas en el desarrollo de estos sistemas.

Analizando los resultados del cuestionario, se obtuvieron veintiocho respuestas, en las que se aborda la necesidad de crear el marco normativo y regulatorio para el uso de tuberías y otros materiales para los sistemas de alcantarillado pluvial, y también la promoción de estos conceptos al resto de la sociedad.



ABSTRACT

The present Bachelor's Thesis (TFG on its Spanish acronym) consists of a mixed research implemented under the explanatory sequential method. Its main objective is to evaluate the technical perception of professionals from the public administration, private sector, and academic sphere in the metropolitan area of San Salvador (AMSS) regarding Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS). The study aims to determine whether norms, plans, strategies, and research have influenced a paradigm shift in rainwater management in the AMSS, as well as identify potential barriers to the implementation of these systems in the study area.

To carry out this study, a thorough review of documentary sources was conducted, addressing key concepts related to Sustainable Urban Drainage Systems in the Metropolitan Area of San Salvador, their significance in the urban context, climate change, water quality, and conservation of water resources.

Additionally, a focus group was conducted to gather additional knowledge and experiences through structured interviews, complementing the data obtained by the research team.

In the second phase of the research, a questionnaire was developed to measure the identified problem, based on the input from the focus group and thematic analysis. The objective was to identify the barriers faced by the AMSS in terms of sustainable water management, assess the degree of sustainability, and evaluate the relevance of regulations and guidelines involved in the development of these systems.

The analysis of the questionnaire's results yielded twenty-eight responses, highlighting the need to establish a regulatory and normative framework for the use of pipes and other materials in stormwater sewer systems, as well as promote these concepts among the wider society. These findings emphasize the importance of addressing the identified barriers and fostering the adoption of sustainable practices in water management in the AMSS.



AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido de manera significativa en la realización de este Trabajo de Fin de Grado, en especial a mi tutor Luis Sañudo y al profesor Jorge Rocés.

También agradecer a las personas que colaboraron con la evaluación y construcción del cuestionario, con especial mención al Ingeniero Juan Urrutia por su apoyo y conocimientos fundamentales para el desarrollo de este trabajo y a la Ingeniera Ingrid Alfaro por su constante colaboración y aportación en la elaboración del cuestionario.

Agradecer a mis padres Yolanda Figueroa y Rubén Alvarado Fuentes por creer en mí y su constante apoyo en todos mis proyectos, también a mi madrina Rosa Elva de Montoya y a mis abuelas María Antonia Vargas y Yolanda Fuentes.

Mi más profundo agradecimiento a mis amigas y compañeras que me ayudaron en la carrera y a orientar este TFG en especial a Valeria Guerbartchouk Pérez y Paula del Pozo.

Finalmente, quiero agradecer a todas las personas que participaron en este estudio, quienes generosamente dedicaron su tiempo y conocimientos para responder a mis cuestionarios y brindarme información relevante. Sin su colaboración, este trabajo no hubiera sido posible.



Índice:

1. Planteamiento del Problema	12
1.1. Descripción del problema	12
1.2. Enunciado de la investigación	13
1.3. Justificación de la investigación	14
1.4. Delimitación del problema.....	14
1.4.1. Descripción del lugar de estudio.....	15
1.5. Objetivos.....	15
1.5.1. Objetivo general.....	15
1.5.2. Objetivos específicos	16
1.6. Sistema de hipótesis.....	16
1.7. Planificación	16
1.8. Valoración económica.....	18
1.9. Introducción a los SUDS.....	18
2. Marco teórico.....	2
2.1. Marco histórico.....	2
2.1.1. Antecedentes de los sistemas de drenaje y alcantarillado en el AMSS	2
2.1.2. Historia del desarrollo urbano en el AMSS	6
2.1.3. Factores socioeconómicos y culturales.....	13
2.1.4. Clima, precipitación, variabilidad y cambio climático que enfrenta el AMSS	18
2.1.5. Eventos climáticos extremos y desastres naturales.....	20
2.2. Marco conceptual.....	22
2.2.1. Conceptos que están relacionados al ciclo hidrológico natural, cuenca hidrográfica, cuenca urbana y ciclo hidrológico urbano.....	22
2.2.2. Definición y explicación de los conceptos relacionados a los SUDS	25
2.2.3. Concepto de infraestructura verde en el contexto de los SUDS en el AMSS	30
2.3. Marco referencial.....	39
2.3.1. Investigaciones y estudios previos que abordan la implementación de SUDS en el AMSS	39
2.3.2. Organismos y entidades relevantes para el diseño y mantenimiento de los SUDS en el AMSS	40
2.3.3. Experiencias internacionales y nacionales exitosas en la implantación de SUDS.....	42



2.4. <i>Marco Jurídico</i>	44
2.4.1. Ley general de recursos hídricos.....	45
2.4.2. Ley de ordenamiento y desarrollo territorial.....	47
2.4.3. Ley de la administración nacional de acueductos y alcantarillados (ANDA)	
48	
2.4.4. Leyes medioambientales.....	49
2.4.5. Ley de Carreteras y Caminos Vecinales.....	49
2.4.6. Análisis de los planes, normativas y guías que establecen estándares y requisitos técnicos en la implementación de SUDS en el AMSS.....	51
3. Metodología de la investigación	60
3.1. <i>Tipo de investigación</i>	60
3.2. <i>Unidad de análisis</i>	60
3.3. <i>Variables y medición</i>	60
3.3.1. Definición de variables.....	60
3.3.2. Indicadores y su medición.....	61
3.3.3. Instrumentos de medición.....	61
3.3.4. Técnicas, procedimientos y materiales para emplearse en la recopilación de información.....	62
3.4. <i>Elaboración del cuestionario</i>	63
3.4.1. Trabajo documental.....	63
3.4.2. Desarrollo del grupo focal.....	63
3.4.3. Elaboración de entrevistas.....	65
3.4.4. Creación modelo de partida.....	66
3.4.5. Hipótesis del trabajo a partir del modelo de partida.....	69
3.4.6. Evaluación del Cuestionario.....	69
3.4.7. Reformulación del cuestionario.....	69
3.4.8. Difusión del cuestionario.....	73
4. Resultados de la Investigación	74
4.1. <i>Presentación de los resultados</i>	74
5. Conclusiones, recomendaciones y líneas de investigación	92
5.1. <i>Conclusiones</i>	92
5.2. <i>Estrategias específicas</i>	95
5.3. <i>Futuras líneas de investigación</i>	96
6. ANEXO 1: Valoración económica	105



Índice de Ilustraciones:

Ilustración 1:AMSS en el contexto territorial de El Salvador.....	15
Ilustración 2:Objetivos del diseño de SUDS	1
Ilustración 3:Hogares sin alcantarillado en el AMSS.....	5
Ilustración 4: Mapa de El Salvador precolombino	7
Ilustración 5:Mapa Urbano del AMSS 1594	9
Ilustración 6: Mapa Urbano del AMSS 1863	10
Ilustración 7: Mapa urbano del AMSS 2020	13
Ilustración 8: Porcentaje de hogares por condición de pobreza 2021	14
Ilustración 9: Hogares según el tipo de servicio de agua en el AMSS.....	15
Ilustración 10: Hogares por tipo de tratamiento de basura AMSS	16
Ilustración 11:Acumulación de basura en San Salvador año 2021	17
Ilustración 12: Acumulación de basura en los desagües de San Salvador	17
Ilustración 13: Estimación temperatura media anual San Salvador.....	18
Ilustración 14: Inundaciones en la capital por el fenómeno Amanda	22
Ilustración 15: SUDS según su función.....	27
Ilustración 16: Barriles de agua de lluvia.....	28
Ilustración 17: Gramoquín	28
Ilustración 18: Franja filtrante	29
Ilustración 19: Programas IVU escogidos por la OPAMSS.....	31
Ilustración 20: Fases para la materialización de estrategias IVU en el AMSS.....	32
Ilustración 21: Desafíos para la implementación del plan RAPS en el AMSS.....	32
Ilustración 22: Acciones planteadas por la OPAMSS para implementar el plan RAPS.....	33
Ilustración 23: Principales retos para la implementación de las estrategias para la gestión del espacio público	34
Ilustración 24: Tipo de soluciones de gestión de espacio público y soluciones recomendables	35
Ilustración 25: Desafíos para la implementación de mayas verdes en el AMSS	36
Ilustración 26: Soluciones IVU para la implementación de mayas verdes en el AMSS	37
Ilustración 27: Desafíos planteados por la OPAMSS para la implementación de SUDS en el AMSS	38
Ilustración 28: Propuestas de acciones para la aplicación de SUDS en el AMSS	38
Ilustración 29: Fases del diseño de SUDS.....	55
Ilustración 30:Depósito de recolección de lluvia.....	55
Ilustración 31: Techo verde.....	56
Ilustración 32: Zanja de infiltración.....	56
Ilustración 33: Zanja de infiltración.....	57
Ilustración 34: Cuneta verde.....	57
Ilustración 35: Área de biorretención.....	58
Ilustración 36: Franja filtrante	58
Ilustración 37: Estanque de laminación.....	59
Ilustración 38: Variables cuantitativas.....	61
Ilustración 39: Indicadores cuantitativos.....	61
Ilustración 40: Esquema DEXPLOS.....	63
Ilustración 41: Pasos para la elaboración del cuestionario.....	63
Ilustración 42: Modelo de partida.....	68
Ilustración 43: Modelo final.....	72
Ilustración 44: Profesión	74
Ilustración 45: Género	75
Ilustración 46: Rango de edad	75
Ilustración 47: Actividad profesional.....	76
Ilustración 48: Formación previa.....	77
Ilustración 49: Titulaciones universitarias.....	78
Ilustración 50: Entidad laboral	78
Ilustración 51: Nivel de formación del recurso hídrico	79
Ilustración 52: Conciencia sostenible dentro de las empresas del AMSS	80



Ilustración 53: Aplicación HAUS.....	80
Ilustración 54: Publicaciones Internacionales.....	81
Ilustración 55: Razón de aplicación HAUS.....	82
Ilustración 56: Zona de aplicación HAUS.....	82
Ilustración 57: Aplicaciones de sostenibilidad con agua de lluvia	83
Ilustración 58: Nomenclatura SUDS.....	83
Ilustración 59: Conocimiento SUDS por profesionales y docentes en el AMSS.....	84
Ilustración 60: Objetivos SUDS	84
Ilustración 61: Formación SUDS.....	85
Ilustración 62: Aplicación técnicas SUDS en el AMSS	86
Ilustración 63: Soluciones SUDS a problemas del AMSS.....	87
Ilustración 64: Cuantización de los beneficios económicos de los SUDS	88
Ilustración 65: Uso Guía de técnica para el diseño de SUDS en el AMSS	88
Ilustración 66: Solución SUDS.....	89
Ilustración 67: Experiencia SUDS.....	89
Ilustración 68: Ejemplo de SUDS aplicado a un proyecto del AMSS	90
Ilustración 69: Herramientas Software SUDS	90



Índice de Tablas

Tabla 1: Planificación del TFG.....	17
Tabla 2: Integrantes grupo focal.....	64
Tabla 3: Gastos generales.....	105
Tabla 4: Gastos de Software.....	106
Tabla 5: Gastos de Equipo	106
Tabla 6: Gastos Totales de Software y de Equipos	106
Tabla 7: Gastos de personal	107
Tabla 8: Total gastos de personal	107
Tabla 9: Cuantías finales.....	108



1. Planteamiento del Problema

En el primer capítulo de la presente memoria se describe la problemática y la propuesta de investigación del trabajo fin de grado, justificando su necesidad y especificando las delimitaciones de dicha investigación.

1.1. Descripción del problema

Las inundaciones en el AMSS se han convertido en una problemática constante que afecta a miles de personas cada año. Esta región de El Salvador, que abarca catorce municipios, es propensa a sufrir inundaciones debido a diversas razones, como lo son la falta de infraestructura actualizada, con sistemas de redes colectores con más de 80 años de antigüedad sin reemplazo, mucha deforestación y sistemas obsoletos para drenajes secundarios pluviales (Erick Rigoberto, 2019).

Las causas fundamentales de estos eventos se deben a la topografía del lugar, su ubicación geográfica y las condiciones geológicas. La ciudad se encuentra en un valle rodeado de montañas, lo que hace que las lluvias intensas provoquen rápidos deslizamientos de tierra y la acumulación de agua en zonas bajas. Además, la falta de una adecuada infraestructura de drenaje agrava la situación, ya que el agua no puede ser canalizada de manera eficiente.

Otra condición, que contribuye a las inundaciones es la urbanización desordenada y el rápido crecimiento demográfico. En los últimos años, se ha observado un aumento en la construcción de viviendas y la ocupación de áreas vulnerables, como ríos y quebradas. Lo que impide el flujo natural del agua y aumenta el riesgo de inundaciones.

Además, el cambio climático ha generado un aumento en la intensidad y frecuencia de las lluvias en la región. Los eventos climáticos extremos, como tormentas tropicales y huracanes, causan precipitaciones intensas que sobrepasan la capacidad de absorción del suelo y los sistemas de drenaje existentes.

De acuerdo con el informe nacional del estado del medio ambiente, proporcionado por el ministerio de medioambiente manifestó que en El Salvador son más frecuentes los eventos hidrometeorológicos extremos en estas últimas décadas que en los sesenta y setenta, en las cuales se registraba un solo evento hidrometeorológico extremo por década, mientras que en el período de 2002 al 2011, pasaron a ser nueve eventos, de los cuales cinco ocurrieron en los últimos veinticuatro meses de la década (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Informe Nacional del Estado del Medio Ambiente).

Desde 2009, alguno de estos episodios, batieron récords de lluvia acumulada a las 6, 24 y 72 horas, incluso determinados eventos ocurrieron en las épocas que nunca se habían experimentado eventos de lluvia extrema, dejando destrozos, incluyendo la pérdida de vidas humanas, enormes gastos económicos, daños infraestructurales, etc. Por ello, El Salvador se ha categorizado como el país más vulnerable del mundo por su incapacidad de afrontar los efectos adversos del cambio climático.

Por eso, las instituciones encargadas en el diseño y dimensionamiento de las redes de drenaje del Área Metropolitana de San Salvador, denominadas en este trabajo con las siglas siguientes AMSS, en una necesidad de reducir la vulnerabilidad de los habitantes y su ecosistema



frente al cambio climático, han tomado medidas preventivas y mitigaciones. Creando el plan de adaptación al cambio climático, que como primera acción fue crear la Guía de medidas y propuestas de diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible.

La implementación de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenibles, llamados en este trabajo con las siglas siguientes (SUDS) en el AMSS, busca reducir la carga sobre los sistemas de alcantarillado, prevenir inundaciones, mejorar la calidad del agua y promover la conservación de los recursos hídricos. Estas estrategias contribuyen a la gestión sostenible del agua en el contexto urbano, fomentando la reutilización, la conservación y la protección de los ecosistemas acuáticos.

En la guía se identificó que el comienzo de la implementación de estos sistemas es relativamente nuevo comparado con los convencionales, por lo que existe una brecha de conocimiento por parte de los técnicos profesionales encargados del diseño y dimensionamiento de las redes de drenaje del AMSS.

Por lo anterior, nace esta investigación con el propósito de evaluar e identificar las barreras a la implementación de SUDS en el AMSS. Debido a que si no se abordan y solucionan estos obstáculos la falta de SUDS podría llevar a un mayor riesgo de inundaciones y desbordamientos de ríos en el AMSS, la contaminación del subsuelo de pozos profundos, cuerpos superficiales de agua y ríos de la cuenca hidrográfica de mala calidad, y un impacto negativo por el cambio climático y faltas de estrategias que permitan tener una ciudad resiliente a estos problemas.

1.2. Enunciado de la investigación

De acuerdo con lo anterior se planteó como problema de investigación el siguiente:

¿Cuáles son las normativas, planes, estrategias e investigaciones que se han llevado a cabo por parte de las instituciones sobre la administración de las redes de drenaje en el AMSS, en la incorporación de los SUDS y cuanto ha influido en realizar un cambio de paradigma en la gestión de aguas de lluvia y la resiliencia urbana al cambio climático y desarrollo sostenibles?

Esta pregunta da origen al siguiente eje problemático:

- Sujeto Activo: La Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador (OPAMSS) y el Ministerio de Obras Públicas (MOP).
- Sujeto Pasivo: Profesionales encargados del diseño y dimensionamiento de las redes de drenaje de AMSS.
- Objetivo: Conocer las causas del problema y plantear alternativas de solución ante estas barreras, apoyados con buenas prácticas, soluciones homologadas funcionales en otros países desarrollados.
- Tal pregunta puede ser expresada como tema así:
“Identificación de barreras a la implementación de SUDS en el AMSS”.



1.3. Justificación de la investigación

El AMSS ha experimentado recurrentes problemas de inundación en los últimos años, las consecuencias de estas adversidades han afectado negativamente en la población salvadoreña, dañando la infraestructura y el medio ambiente, causando pérdidas materiales, afectando la calidad de vida y salud de las personas, comprometiendo la sostenibilidad urbana por la falta de resiliencia.

El cambio climático está generando un aumento en la intensidad y frecuencia de los eventos climáticos extremos, como tormentas y lluvias torrenciales. Estos fenómenos climáticos representan un desafío adicional para la gestión de aguas pluviales y requieren soluciones sostenibles que sean resilientes y adaptables al cambio climático.

Debido a estos efectos negativos, la Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador introdujo la Guía de técnica de diseño de los SUDS, ofreciendo una serie de beneficios tanto a nivel ambiental como socioeconómico. Buscando la reducción de inundaciones, la mejora de la calidad del agua, la conservación de los recursos hídricos, la promoción de la biodiversidad, la creación de espacios verdes y la revitalización de áreas urbanas.

Pese a que los drenajes sostenibles, parecen ser la solución más acertada, la falta de conocimiento e inexperience por parte de los técnicos encargados del drenaje, provocan una falta de interés en los promotores por introducir estos en sus proyectos y por consiguiente continuar con un déficit de estructura de drenaje sostenible.

Esta investigación tiene el potencial de evidenciar las barreras que impiden la implicación de estas técnicas sostenibles, para aportar soluciones prácticas que promuevan un desarrollo urbano más sostenible en toda el área metropolitana.

1.4. Delimitación del problema

El presente estudio se enfoca en analizar las barreras para la implementación de sistemas urbanos de drenajes sostenibles en el AMSS. La delimitación geográfica se centra en el AMSS, conformado por catorce municipios los cuales son: San Salvador, Soyapango, Mejicanos, Apopa, Santa Tecla, Ciudad Delgado, Ilopango, Tonacatepeque, San Martín, Cuscatancingo, San Marcos, Ayutuxtepeque, Antiguo Cuscatlán y Nejapa. Esta delimitación se justifica debido a la relevancia de la problemática del manejo del agua, las inundaciones, la vulnerabilidad expuesta a eventos climáticos extremos, a la alta densidad urbana y la disponibilidad de datos relevantes.

La delimitación temática se concentra en las barreras específicas que obstaculizan la implantación de drenajes sostenibles en el AMSS. Estas barreras pueden incluir aspectos técnicos, normativos, financieros, institucionales y de percepción pública. El estudio se enfocará en identificar y analizar estas barreras, así como en explorar posibles estrategias para superarlas y promover la adopción de SUDS como una solución efectiva para el manejo sostenible del agua lluvia y consecuentemente la resiliencia urbana.

El estudio utilizará un enfoque mixto que combinará métodos cuantitativos y cualitativos, incluyendo entrevistas, encuestas y análisis de datos secundarios. La recolección de datos se llevará a cabo mediante muestreo estratificado de instituciones gubernamentales, organismos ambientales, profesionales del sector y comunidades locales. La delimitación temporal

comprenderá los últimos cinco años, desde 2018 hasta 2019, para analizar la situación actual y las tendencias en relación con los drenajes sostenibles en el AMSS.

1.4.1. Descripción del lugar de estudio

El Salvador se divide en catorce departamentos, cada departamento tiene su propia capital y cada uno posee un gobernador designado por el presidente. Los departamentos se subdividen en municipios, El Salvador tiene 262 municipios, cada uno goza de su propia alcaldía administrado por un alcalde y un consejo municipal. Cada municipio es responsable de la gestión local y la prestación de servicios a nivel comunitario. Además de los municipios, el país cuenta con varias localidades que pueden ser ciudades, pueblos, villas, caseríos o cantones. Estas localidades se encuentran dentro de los municipios y pueden tener su propia administración local. Cabe mencionar que, dentro de cada departamento, municipio y localidad, existen divisiones gráficas más pequeñas, como barrios, colonias y comunidades.

Para el presente estudio la zona a investigar es el AMSS formado por catorce municipalidades, dos de ellas se encuentran en el departamento de La Libertad (Antiguo Cuscatlán y Santa Tecla), el resto de los municipios se ubican en la capital San Salvador, cuenta con una extensión de 652,31 kilómetros cuadrados, y una población aproximada de 1 809 087 según el último censo realizado en el 2021 (DIGESTYC, 2021).

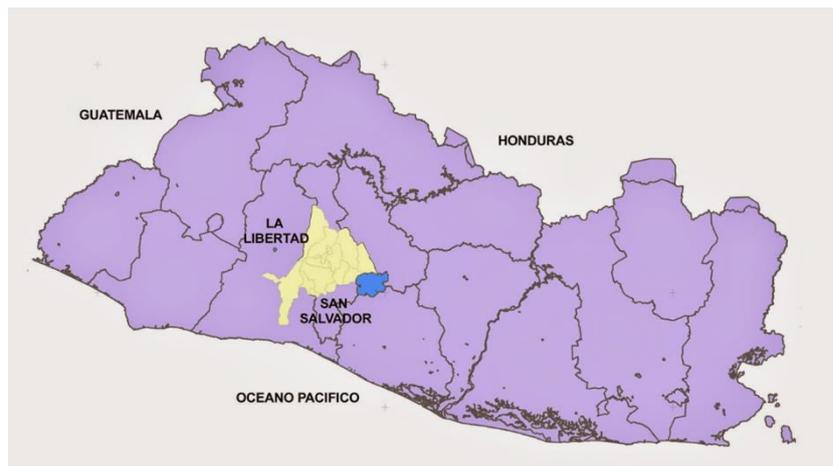


Ilustración 1: AMSS en el contexto territorial de El Salvador.

Fuente: (blogspot, 2014).

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

El objetivo de este estudio secuencial es analizar y comprender las barreras que impiden la implementación de los SUDS en el AMSS. La primera etapa consistirá en la exploración de las normativas, entidades y programas que intervienen en la construcción de estos drenajes. Para la segunda etapa se realizará un análisis de la percepción técnica de los SUDS en el AMSS mediante la elaboración de encuestas y cuestionarios destinados a los profesionales de la administración pública, sector privado y el ámbito académico que tengan relación



con el diseño, manejo, mantenimiento e investigación de los recursos hídricos en el AMSS, todo esto con el fin de proporcionar recomendaciones y estrategias para fomentar su adopción y promover la sostenibilidad en toda la metrópoli.

1.5.2. *Objetivos específicos*

1. Identificar los factores que dificultan la implementación de los SUDS en el AMSS.
2. Analizar las barreras normativas y legales que obstaculizan la adopción de los SUDS, examinando las regulaciones vigentes, las políticas públicas y los marcos legales relacionados con el manejo del agua lluvia y la infraestructura urbana en el área metropolitana.
3. Investigar las barreras institucionales y de gobernanza que afectan la adopción de los SUDS, examinando los roles y responsabilidades de las entidades gubernamentales, los actores involucrados, las estructuras de gobernanza existentes y los posibles desafíos de coordinación y colaboración.
4. Construcción de un grupo de enfoque, con profesionales y docentes que tengan experiencia con los SUDS en el AMSS.
5. Proponer recomendaciones y estrategias para superar las barreras identificadas y promover la adopción efectiva de los SUDS en el AMSS, teniendo en cuenta los aspectos técnicos, normativos, financieros, institucionales y de percepción pública.

1.6. Sistema de hipótesis

Hipótesis 1: Existe una falta de conocimiento técnico y capacitación especializada entre los profesionales del sector y las entidades gubernamentales en el AMSS, lo que representa una barrera significativa para la implementación efectiva de los SUDS.

Hipótesis 2: Las barreras normativas y legales, como regulaciones y políticas públicas medianamente exigentes, representan un obstáculo para la adopción y aplicación de los SUDS en el AMSS, limitándose a edificaciones nuevas, sin ret.

1.7. Planificación

Para el presente Trabajo de Fin de Grado (TFG), con tema “Identificación de barreras a la implementación de SUDS en el AMSS”, la planificación comprende dos etapas: la primera en las fechas comprendidas entre el tres de octubre y el treinta de diciembre de 2022; mientras que, la siguiente etapa comienza el primero de mayo de 2023 y finaliza el treinta de junio de 2023. Entre estos dos períodos de tiempo hay un total de ciento cincuenta y dos días, de los cuales noventa y uno son para la primera fase, y sesenta y uno en la segunda, de los cuales ciento cinco son laborales en el Principado de Asturias, y más específicamente en la ciudad de Mieres. Con jornadas medias de cuatro horas al día durante los 131 días laborales, se computa un total de 420 horas de trabajo.



Tabla 1: Planificación del TFG.

Fuente: Elaboración propia.

	Octubre 22				Noviembre 22					Diciembre 22				Mayo 23				Junio 23					
Semana	3	10	17	24	1	7	14	21	28	1	12	19	26	1	8	15	22	29	1	12	19	26	
Fase 1. Gestión de Archivo (trabajo documental)																							
Fase 2. Desarrollo del Grupo de Enfoque																							
Fase 3. Elaboración de Entrevistas																							
Fase 4. Creación modelo de partida																							
Fase 5. Creación de Hipótesis de Partida y secciones																							
Fase 6. Reformulación Cuestionario																							
Fase 7. Análisis de resultados																							
Fase 8. Elaboración de Entregables																							



La fase 1 tiene una duración total de 55 días que se corresponden aproximadamente con unas 60 horas, teniendo en cuenta que algunos de los días también se realizaron labores de la fase 2, 3, 4, 5 y 8. Esta es la segunda fase más larga ya que dentro de la gestión de archivos se incluye la revisión de literatura, análisis de fuentes primarias y secundarias, identificación de brechas y lagunas en la literatura, selección de teorías y marcos conceptuales relevantes.

La fase 2 tiene una duración de 15 días que se corresponden aproximadamente con unas 40 horas, teniendo en cuenta que algunos de los días también se realizaron labores de la fase 1 y 3.

La fase 3 tiene una duración de 15 días que se corresponden aproximadamente con unas 38 horas, teniendo en cuenta que algunos de los días también se realizaron labores de la fase 1, 2 y 4. Se realizaron las entrevistas en un promedio de tres semanas debido a la disposición de los integrantes del grupo focal.

La fase 4 tiene una duración de 20 días que se corresponden aproximadamente con unas 60 horas, teniendo en cuenta que algunos de los días también se realizaron labores de la fase 1 y 2.

La fase 5 tiene una duración de 7 días que se corresponden aproximadamente con unas 24 horas, teniendo en cuenta que algunos de los días también se realizaron labores de la fase 1 y 8.

La fase 6 tiene una duración de 14 días que se corresponden aproximadamente con unas 52 horas, teniendo en cuenta que algunos de los días también se realizaron labores de la fase 1 y 8.

La fase 7 tiene una duración de 45 días que se corresponden aproximadamente con unas 60 horas, teniendo en cuenta que algunos de los días también se realizaron labores de la fase 7.

La fase 8 tiene una duración de 66 días que se corresponden aproximadamente con unas 86 horas, teniendo en cuenta que algunos de los días también se realizaron labores de la fase 1 y 7. Esta es la fase más larga ya que dentro de la elaboración de entregables se incluye el desarrollo del marco conceptual, definición de variables y constructos, como la elaboración de un informe final.

1.8. Valoración económica

La valoración económica detallada de este TFG se puede encontrar en el ANEXO 1: Valoración económica. El valor total asciende a 19045,04 €.

1.9. Introducción a los SUDS

Los SUDS son “*elementos superficiales, permeables, preferiblemente vegetados, integrantes de la estructura urbana-hidrológica-paisajística y previos al sistema de saneamiento. Están destinados a filtrar, retener, transportar, acumular, reutilizar e infiltrar al terreno el agua de lluvia, de forma que no degraden e incluso restauren la calidad del agua que gestionan*” (LASA, 2008).

Los objetivos de los SUDS son:

- Diseñar ciudades resilientes con un sistema que considere y restaurará el ciclo natural del agua, igualando la conducta hidrodinámica de la cuenta natural previa a la entropía por la construcción de urbanizaciones, creando espacios con mayor vegetación y zonas con altos grados de biodiversidad, contrarrestando la polución que se tiene en las ciudades, reduciendo la contaminación por los vertidos derivados de los desbordamientos del sistema de saneamiento en los períodos de lluvia.
- Lograr captar el agua pluvial, en el momento de origen, al estar lo más cerca de donde precipita se puede alcanzar una mejor calidad del agua, se hace uso de depósitos, se puede reutilizar para el riego o bien para la infiltración en el terreno.
- Alcanzar una economía circular en el ciclo urbano del agua, al considerar el agua de lluvia como un recurso natural valorizable se capta y gestiona preservando y/o restaurando la calidad permitiendo su uso para riego, inodoros, mingitorios, aseos, lavado de vehículos, riego de jardines y otros que no requieran de agua potable.
- Al diseñar ciudades con una mentalidad más inclusiva del agua, al hacer uso de jardines verticales, cubiertas ecológicas, el efecto paisajístico de las ciudades es un bono más de todos los efectos que producen los SUDS, se añade dentro de los objetivos económicos y visuales.
- Para mejorar el rendimiento de las EDAR, las SUDS, buscan reducir la escorrentía pluvial urbana, utilizando sistemas apropiados que permitan la detención, infiltración o reúso, según convenga de las aguas lluvias captadas y tratadas, disminuyendo su carga.



Ilustración 2: Objetivos del diseño de SUDS

Fuente: (Fontaneda., 2019).



2. Marco teórico

En el segundo capítulo de la presente investigación se proporciona el contexto teórico, conceptual, jurídico e histórico necesario para comprender las barreras a la implementación de SUDS en el AMSS.

2.1. Marco histórico

En el marco histórico de este estudio de investigación, se explorará la evolución y los antecedentes de los SUDS en el AMSS, esa sección permitirá comprender como ha surgido la necesidad de implementar estos sistemas en la capital y sus alrededores y como ha abordado esta cuestión en el pasado, analizando los eventos históricos y las problemáticas ambientales que han afectado a los salvadoreños, particularmente en lo que respecta al drenaje urbano y la gestión de aguas pluviales.

2.1.1. *Antecedentes de los sistemas de drenaje y alcantarillado en el AMSS*

Los antecedentes de los sistemas de drenaje en el AMSS se remontan a varias décadas atrás. El drenaje en el AMSS se divide en sistemas de drenaje primario y secundario. El drenaje primario o macrodrenaje se refiere a la infraestructura y sistemas de drenaje a gran escala diseñados para gestionar el flujo de aguas pluviales en la región. Estos sistemas están diseñados para controlar las inundaciones, minimizar el impacto de los eventos climáticos extremos y proteger la infraestructura como a la población. El microdrenaje se refiere a la infraestructura y sistemas de drenaje a menor escala diseñados para gestionar las aguas pluviales a nivel local, centrandó su gestión a nivel de vecindarios, calles y lotes individuales, el sistema de drenajes secundarios se descarga a los drenajes primarios, vaguadas, quebradas de invierno, ríos y lagos. (Consejo de Alcaldes y Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador, 2021).

Durante la época colonial, en 1807, San Salvador disponía de acueductos de barro o el servicio de agua potable a las plazas públicas, con una longitud de 653 m (Martínez Lainez, 2005). Sin embargo, para la misma época el sistema de drenaje era deficiente y las aguas pluviales corrían superficialmente por las calles, a veces causando inundaciones. Además, el manejo de los desechos residenciales era básico, ya que las excretas se depositaban en letrinas de fosas tanto privadas como públicas.

Por los frecuentes terremotos de la época, las cañerías de barro estaban constantemente afectadas. Tras la independencia en el año 1821, debido al crecimiento de la ciudad, se llevaron a cabo mejoras en el sistema de abastecimiento de agua, sustituyendo las antiguas tuberías de barro por modernas cañerías de hierro (Martínez Lainez, 2005).

Para el año 1914, las aguas de lluvia continuaban corriendo superficialmente, ocasionando la erosión y arrastre del suelo, para la población poder atravesarlas se construyeron pequeños puentes de madera. Al principio del siglo ya se hacía frente a los primeros desbordamientos del río Acelhuate debido a las fuertes lluvias, lo que ocasionó que varios sectores de los barrios de Candelaria, La Vega, El Calvario y San Jacinto fueran destruidos y la muerte de cientos de personas (Cañas C. , 2019).



La red del sistema de alcantarillado sanitario y aguas lluvias del AMSS data de principios del siglo XX (MARN, 2012), a partir de la década de los sesenta, se inició la implementación de estos sistemas impulsados por la construcción de una planta de tratamiento de aguas negras en el municipio de Santa Tecla, estos sistemas consistían en una red de tuberías subterráneas donde se recogía y transportaba las aguas residuales (domésticas) hacia plantas de tratamiento o puntos de descarga adecuados. La planta dejó de operar para los años setenta, por orden del Gobierno Central, quienes continuaron construyendo y expandiendo los sistemas de recolección, encausando las aguas residuales hacia otros puntos de descarga (Vidaurre, 2016).

Debido a la alta inmigración de las familias en la zona rural y por el conflicto armado, el AMSS experimentó un deterioro medioambiental por la pérdida de recursos naturales, la explotación y contaminación de las aguas freáticas, la impermeabilización del terreno en el área urbana por la construcción de viviendas aumentando la debilidad de la ciudad ante fenómenos naturales debido a la obsolescencia en los sistemas antes construidos, que no estaban listos para este fenómeno migratorio de la ciudad produciendo el congestionamiento de los drenajes (Berry D. , 1994), esto no se consideró un problema puesto que la contaminación del recurso hídrico con las aguas residuales sin tratamiento no eran tan significativas para la época. (MARN, 2012)

Después, en la década de los noventa se implementaron proyectos de expansión de la red de alcantarillado en varios municipios del AMSS, con el objetivo de mejorar la cobertura y la gestión de aguas residuales, se realizaron intervenciones especificadas en zonas propensas a inundaciones o con problemas de drenaje (Herodier, 2021).

Estas obras incluyeron la construcción de sistemas de drenaje secundario en áreas urbanas con dificultades para el flujo de agua pluvial, mejorando así la capacidad de drenaje local por su limitada capacidad y obsolescencia.

Ha inicios del siglo XXI, se vuelve crítico y necesario la implementación de sistemas de detención para lluvias y ampliación en capacidad de los sistemas existentes de alcantarillas secundarios, incluyendo la instalación de sistemas de detención prediales en cada lote por una nueva construcción cuya descarga sería controlada, tributando caudales similares a terrenos rústicos antes de la construcción (Lavado, 2010). Para el año 2002 se realizó el comienzo de la promoción e implementación de técnicas de drenaje sostenible en el AMSS, pero solamente aplicables a nuevas construcciones, utilizando período de retornos bajos, y sin la promoción del reusó del agua (Urrutia, 2019).

Para 2005, la red de drenajes de aguas lluvias del AMSS, ya adolecía de una serie de problemas, sobre todo por la falta de un ente institucional que se responsabilizara por la planificación, limpieza y mantenimiento del sistema, para esta fecha el sistema de drenaje del AMSS casi en su totalidad estaba construido por colectores de concreto (Molina, 2005).

En el informe de criterios para el drenaje de aguas de lluvias, elaborado en el año 2005, Celina Cruz y Lorena Molina identificaron algunos problemas en la red de drenaje “*graves deficiencias estructurales, incapacidad hidráulica, conexiones cruzadas de aguas negras y vertidos industriales, diseños inadecuados, cambios de diámetros mayores a diámetros menores, pozos sellados por el pavimento*” (Molina, 2005).



Todo esto a raíz del crecimiento urbano acelerado, la falta de planificación del sistema de drenaje y la falta de normativa adecuada para su construcción. Dentro de las deficiencias estructurales encontradas por Cruz y Molina, como cambios en la forma del colector respecto a su forma original, el deterioro rápido de la parte inferior de las tuberías por la mala instalación en pendientes mayores que las de diseño, roturas en las tuberías, acumulaciones de grasa y basura formando costras en el interior de los tubos que disminuyen su área hidráulica, entre otros problemas.

Las conexiones cruzadas de aguas negras y vertidos industriales constituían un problema permanente en toda la red de aguas lluvia, deteriorando los colectores y a la vez contaminando la escorrentía pluvial, las descargas de los vertidos industriales en el sistema pluvial del AMSS era un problema común en donde muchos casos los desechos tóxicos muy contaminantes que contenían estos vertidos terminaban por deteriorar las paredes de los sistemas colectores.

Tomando en cuenta el inicio de la implementación de los drenajes sostenibles, a partir del dos mil diez se fomentó la formación y mantenimiento de los sistemas de microdrenaje en el AMSS, incorporando programas de monitoreo para evaluar el rendimiento de los sistemas, detectando posibles obstrucciones o problemas de funcionamiento y tomar medidas correctivas de manera oportuna (Alfaro, 2016).

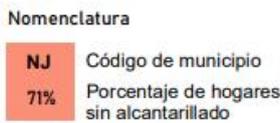
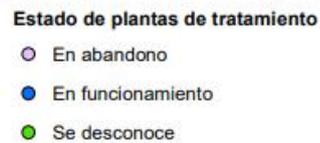
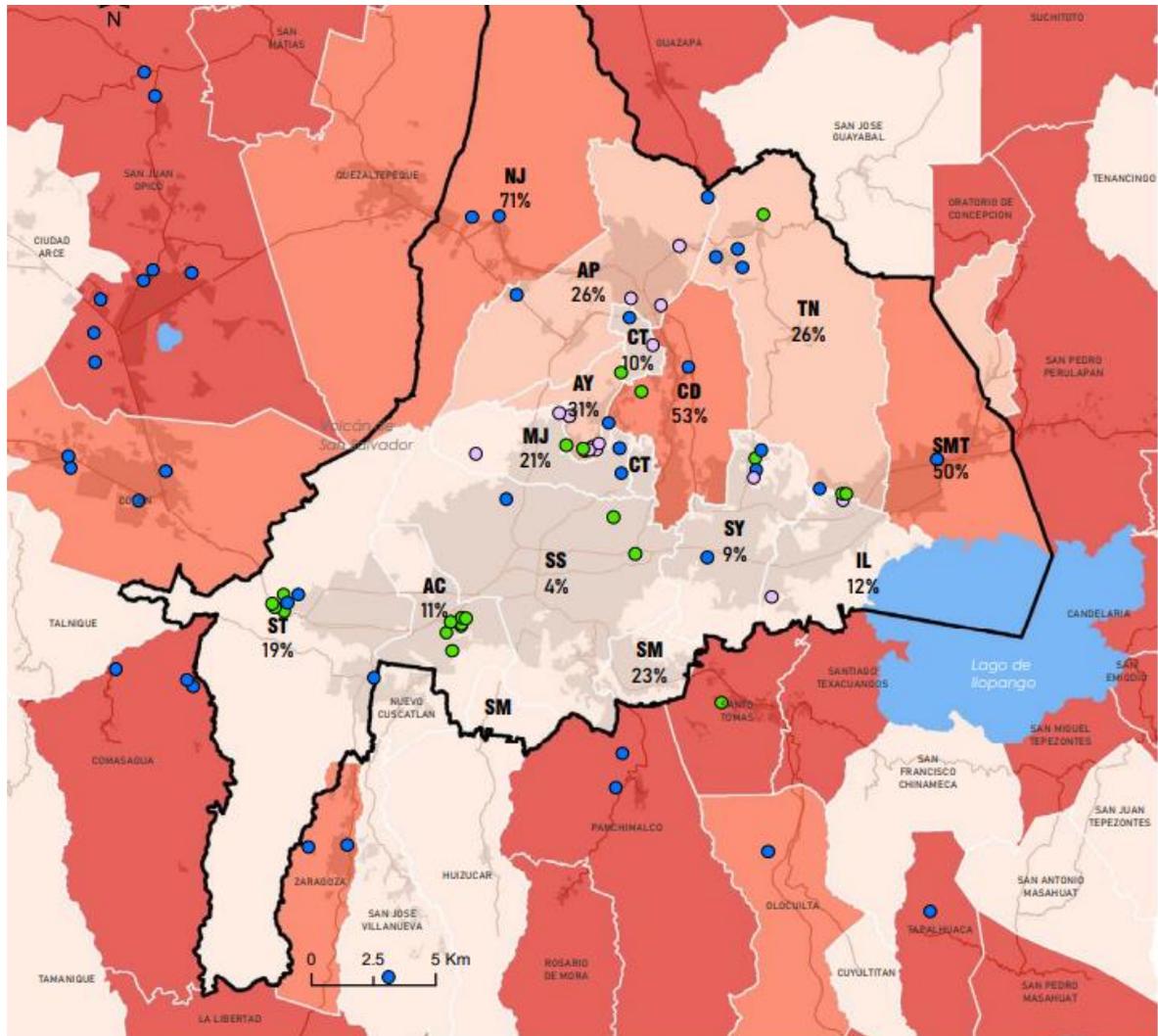
Para el año 2018, se publica la guía de edificaciones sostenibles formulada por la OPAMS denominada Hábitats Urbanos Sostenibles del AMSS (HAUS) en el que propone estrategias con el uso de agua lluvia en las edificaciones (OPAMSS/COAMSS, 2018), con el objetivo de apostar por estrategias que favorecen el desarrollo sostenible del AMSS y generar beneficios a la ciudad a los desarrolladores e inversionistas.

El Consejo de Desarrollo Metropolitano (CODEMET), en el año 2018 asume la responsabilidad de desarrollar el Plan Inicial de Adaptación al Cambio Climático del AMSS, en el que estableció como primera acción crear una Guía de medidas y propuestas de diseño SUDS, y la capacitación en SUDS para desarrollos urbanísticos privados y proyectos urbanos, junto con un instrumento de incentivos para instalación de SUDS en desarrollos urbanísticos y viviendas ya construidas en zonas prioritarias, todo esto para enfrentar el aumento de la precipitación extrema en el AMSS (CODEMET, 2018).

Como otra medida de acción se crea el Plan Maestro de drenajes del AMSS, en el que e incluyen el análisis histórico de las inundaciones y la actualización dinámica de la red hídrica urbana debido a la falta de información sobre la ubicación, longitud y estado de las redes de drenaje de aguas lluvias en el AMSS (Peñate, 2018)

Para el año 2021, “*cinco municipios sobrepasan más del veinticinco por ciento de hogares sin alcantarillado*” (OPAMSS/COAMSS, 2021, pág. 41). Los municipios de San Salvador y Soyapango encabezan la mayor cobertura de hogares con sistemas de alcantarillado, seguido de Cuscatancingo y Antiguo Cuscatlán pero tener estos sistemas no garantiza un tratamiento adecuado de las aguas residuales debido a que son vertidos sin depuración previa (MARN, 2017). OPAMSS con base a la Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples (Dirección General de Estadística y Censos (DIGESTYC), 2019) que en el AMSS el dieciocho por ciento de las viviendas disponen sus aguas residuales directamente a la calle y que

sigue existiendo centros poblacionales con mixtura de las aguas residuales y pluviales en las descargas hacia el alcantarillado.



INFRAESTRUCTURA DE ALCANTARILLADO EN LOS HOGARES
Fuente: Elaboración propia con base en EHPM 2019, DIGESTYC, 2020 y MARN, 2020

Tasa de hogares sin alcantarillado en el AMSS
20%

Ilustración 3: Hogares sin alcantarillado en el AMSS

Fuente: (OPAMSS/COAMSS, 2021)



Según un estudio impartido por la Universidad nacional estableció que “*para el año 2021 se registran veinticuatro zonas con riesgo de inundaciones, entre ellas calles principales, cauces u orillas de ríos, más de un sesenta por ciento de las calles más concurridas con alcantarillas inoperables donde solo funcionan cuatro de cada diez alcantarillas*” (Pineda, 2022), todos estos ejemplos demuestran una necesidad de reforzar las acciones y políticas integrales que abordan tanto la infraestructura física como aspectos medioambientales.

Para el día trece de julio del 2022, entra en vigor la Ley General del Recurso Hídrico (ASA, 2022), creando La Autoridad Salvadoreña del Agua (ASA), como un ente rector de la gestión integral de los recursos hídricos y demás bienes que formen parte del dominio público hidráulico, para la definición de recursos hídricos se “*Comprenden tanto las aguas lluvias, superficiales y las subterráneas*” (ASA, 2022, pág. 12).

2.1.2. *Historia del desarrollo urbano en el AMSS*

El desarrollo urbano en el AMSS ha experimentado importantes cambios a lo largo de su historia, incluyendo la expansión de la ciudad, la planificación urbana, el crecimiento demográfico y los cambios del uso del suelo. Es relevante considerar la historia del desarrollo urbano ya que esto puede influir en la infraestructura de drenaje existente y suponer limitaciones para implementar nuevos sistemas sostenibles de drenaje en las áreas urbanas. A continuación, se presenta un resumen de la historia del desarrollo urbano en el AMSS:

Época precolombina: Antes de la llegada de los colonizadores españoles, en el siglo X, la región que ahora comprende el AMSS estaba habitada por los pipiles, un pueblo indígena nativo americano que habitaba en la zona occidental y central de El Salvador cubriendo un territorio de aproximadamente 10 000 kilómetros cuadrados, conformando el territorio del Señorío de Cuzcatlán¹ (Umaña, 2015).

¹ La palabra Cuzcatlán es del idioma mexicana, en el idioma náhuatl sería Kuskatan, en ambos casos significa: “*tierra de collares, se escribe Cuzcatlán, ya que los españoles tenían traductores que hablaban el idioma azteca y este fue preponderante durante los inicios del Virreinato de Nueva España*” (Larín, 1957)

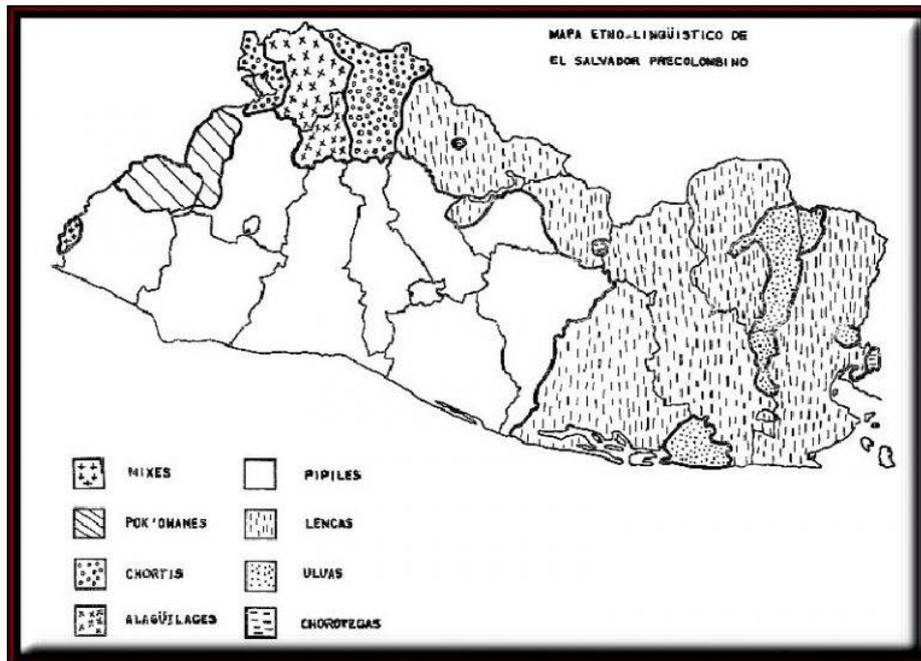


Ilustración 4: Mapa de El Salvador precolombino

Fuente: (Native Land Digital, 2022)

Los sistemas de cultivo de los pipiles demostraron una mayor sostenibilidad ambiental que los implantados posteriormente. Sus métodos de cultivo permitían un equilibrio entre el aprovechamiento de los recursos naturales y la conservación del medio ambiente (Martínez Lainez, 2005). El control y aprovechamiento del recurso del agua se hacía de forma comunal (Avilés Ángel, 2008).

Época colonial: Durante el período colonial, a partir del siglo XVI hasta principios del siglo XIX, El Salvador estuvo bajo el dominio de la corona española, tras la conquista en el año 1524 por el ejército de Pedro de Alvarado (Larín, 1957). Esta situación resultó en importantes cambios en la organización política, la apropiación de tierras y su uso, así como en la estructura social y la estructura de los asentamientos. En ese tiempo, la exportación más importante fue el cacao, y los asentamientos clave se encontraban en el que actualmente es el departamento de Sonsonate debido a las condiciones óptimas para su cultivo (Fowler, 2006). Para esta época el recurso del agua era propiedad del Rey pero su uso era común (Avilés Ángel, 2008).

Se fundaron las primeras ciudades mediante cédulas reales, con la participación de dignatarios municipales y una planificación urbana en damero siguiendo la retícula hipodámica, que incluía los elementos básicos como iglesias, plazas y cabildos. Sin embargo, la mayoría de los colonos procedentes de la Península, que eran comerciantes y encomenderos, preferían vivir en grupos de chozas ubicadas en los principales asentamientos indígenas en lugar de las ciudades recién fundadas debido a los fuertes terremotos ocurridos en la época (García M. Á., 1952).

Se atribuye a Gonzalo de Alvarado la primera fundación de San Salvador en 1525, para el siguiente año la ciudad fue abandonada debido a la destrucción y los ataques ocasionados



por un levantamiento indígena (Dirección Nacional de Museos y Salas de Exposición, MUNA, 2021). Fue reconstruida por Diego de Alvarado en 1528 en el valle de la Bermuda al Sur de Suchitoto y finalmente se estableció en su ubicación actual en 1545, en la confluencia de los ríos Acelhuate y Garrobo denominada “Ciudad Vieja”, según la Academia Salvadoreña de la Historia, los beneficios del río Acelhuate fueron factores determinantes para su fundación actual (Arteaga, 2019). En 1546, recibió el título de Ciudad por una cédula real del Emperador Carlos V.

Durante la época colonial la ciudad era la más importante de la Alcaldía Mayor de San Salvador, a su vez parte del Reino de Guatemala² (Beteta, 1818).

Los habitantes de San Salvador preferían vivir fuera de la ciudad debido al temor a los frecuentes terremotos. En 1576, un terremoto resultó en la total destrucción de la ciudad (Dirección General de Observatorio de Amenazas y Recursos Naturales, 2006). Para 1594, se estableció el trazado de la Plaza de Armas, marcando el origen de la estructura urbana básica del San Salvador colonial. En los alrededores de la plaza, la población perteneciente a la Capitanía General de Guatemala vivía en edificaciones con portales que servían a los comerciantes y ofrecían resguardo a los visitantes. Por otro lado, los indígenas y otras clases sociales se ubicaban en la periferia de la ciudad, limitada por trozos de caminos indígenas.

La Descripción Geográfica Moral del arzobispo Cortés y Larraz proporciona más información sobre la estructura urbana de San Salvador en ese período, destacando una cuadrícula en el trazado de calles que se extendían desde la plaza en diversas direcciones. Los barrios, con nombres relacionados a iglesias existentes, estaban subdivididos. Sin embargo, debido a la topografía accidentada y la falta de regulaciones urbanas, no siempre se mantenía una cuadrícula precisa en el trazado de las calles (Luengo, 2019).

El historiador Jorge Lardé y Larín dibujó un mapa interpretativo basado en relatos de la época, considerando el terremoto de 1593 que dejó daños severos en San Salvador y otros eventos, para el año 1594 la ciudad que ahora es establecida como AMSS tenía alrededor de 3500 habitantes y ocupaba un territorio de veinticinco manzanas (Larín, 1957).

² El Reino de Guatemala “fue una entidad territorial integrante del Imperio español, y a su vez de la Corona española en su período de dominio americano, que abarcó el territorio de las actuales República de Guatemala, Belice, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Costa Rica, además del estado mexicano de Chiapas y las provincias panameñas de Chiriquí y Bocas del Toro” (wikisabio, 2017).

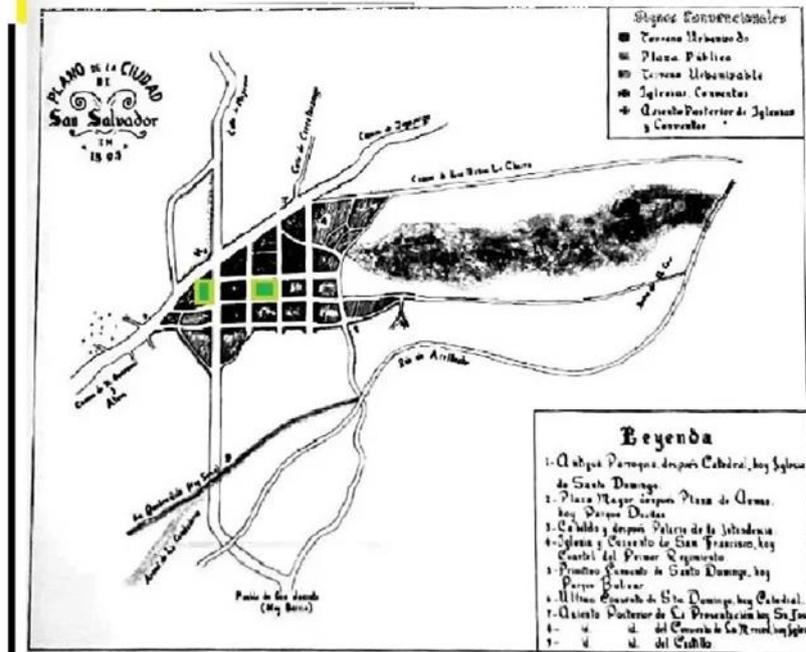


Ilustración 5: Mapa Urbano del AMSS 1594

Fuente: (Herodier, 2021)

En lo referente a la introducción del servicio de agua potable en la ciudad, no se tiene una versión única de los hechos, en realidad existen dos versiones la primera es que el servicio de agua fue implementado por los españoles utilizando cañería de barro (García M. Á., 1955), y la otra versión señala que los primeros acueductos fueron introducidos en la administración del General Barrios entre los años 1860 a 1863, afirmando la utilización de arcilla vitrificada.

Siglo XIX: En el año de la independencia 1821, San Salvador contaba con 62 manzanas de territorio y 12,500 habitantes. Durante este tiempo, la ciudad experimentó una consolidación y hubo un importante traslado del núcleo central desde la antigua Plaza de Armas, también conocida como Plaza Mayor, hacia la Plaza de Santo Domingo. Esta expansión se reflejó en la estructura reticular de la ciudad, que se extendió desde el centro hacia la periferia (Consejo Nacional Para la Cultura y el Arte).

Gradualmente se modernizaron los servicios públicos, las calles y aceras son empedradas. Para 1840 las condiciones sanitarias mejoraron bajo el gobierno de Dueñas, con la introducción de las cloacas y cañerías metálicas para sustituir el frágil sistema de acueductos de barro heredado de la Colonia (Ministerio de Educación, 2009).

Para 1863, la ciudad alcanza los 20,000 habitantes y con 89 manzanas de territorio, la ciudad contaba con la Universidad Nacional, un hospital, juzgados, correo y un teatro. Durante el período de reforma agraria en El Salvador, se produjo la abolición de la propiedad ejidal y comunal. Esta medida permitió utilizar las tierras altas de las regiones centrales y occidentales del país, como valles y laderas, para el cultivo del café. La demanda de exportación de este producto impulsó el desarrollo de infraestructuras clave, como carreteras, ferrocarriles



y puertos, y contribuyó al crecimiento sostenido de las principales ciudades (Consejo Nacional Para la Cultura y el Arte).

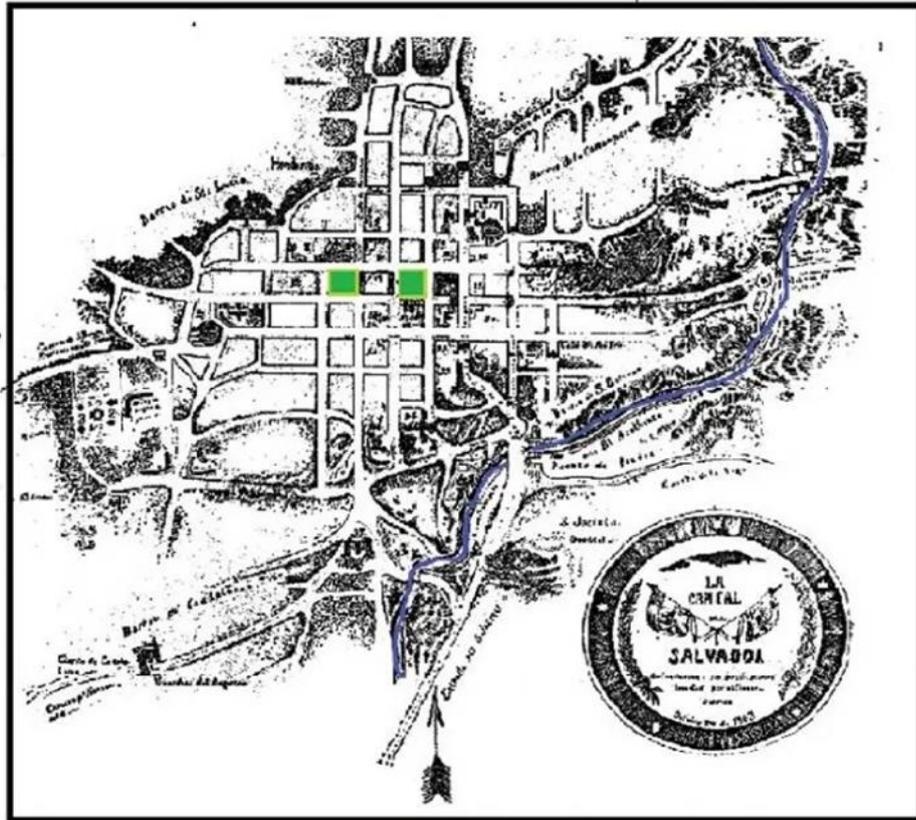


Ilustración 6: Mapa Urbano del AMSS 1863

Fuente: (Herodier, 2021)

Siglo XX: En el año 1900, el gobernador departamental y la municipalidad acuerda en la construcción de los parques Gerardo Barrios y Dueñas, se inaugura el ferrocarril del Salvador hasta la capital; Con la presencia de las nuevas infraestructuras y la llegada del tranvía a la ciudad, se da la apertura de nuevas calles y la creación de nuevos colegios. En el año 1911 se inaugura la carretera entre San Salvador y el Puerto de la Libertad (Imprenta Nacional, 1911). Debido a los incendios de la década en el año 1914 se presentan nuevos elementos urbanos, así como el Teatro Nacional, el Palacio Municipal, el Mercado, La Iglesia el Rosario, La Casa Blanca, el ferrocarril de Santa Tecla a San Salvador, el ferrocarril a Occidente, Palacio Presidencial, entre otros.

En este año, las calles seguían empedradas y con graves problemas de corrientes de agua. El alcalde de la época decidió ensanchar las calles alrededor del parque Bolívar previamente nombrada Plaza Santo Domingo, formándose dos avenidas separadas por arriates con arbustos.

De cara al año 1921 se celebra el primer centenario de independencia, donde la capital alcanza un territorio de doscientos cincuenta manzanas de extensión, se construye la Casa Presidencial, se apertura nuevas rutas de la empresa Ferrocarril de San Salvador y Santa Tecla. Como efecto del creciente comercio y oportunidades de trabajo, la ciudad cabecera se



ve perjudicada por la alta inmigración de personas y familias al interior del país, debido a que la producción de café iba en aumento la capital se permitió un avance en su desarrollo con la construcción de nuevas infraestructuras, y la pavimentación de las calles (Martínez Lainez, 2005).

La ciudad crece para el año 1938, con un total de setecientos cincuenta manzanas, con la construcción de nuevas colonias, se apertura el Estadio Flor Blanca, el parque Cuscatlán, se edifica la colonia Escalón, y la extensión llega hasta la Plaza las Américas (wikipedia, 2023).

A mediados del siglo XX, se da el crecimiento acelerado de las anteriores colonias mencionadas y la aparición y trazado del Paseo General Escalón y el desarrollo de la colonia San Benito; Vistos los problemas que surgieron con las nuevas construcciones el arquitecto Gabriel Riesgo Fernández elaboró un plan cuya intención era ordenar el territorio y controlar su crecimiento durante los próximos años, mejorando la seguridad y la moral de los futuros habitantes. El plan a cargo del Ministerio de Obras Públicas concreto el trazado del sistema vial, controlando el crecimiento de la ciudad teniendo en cuenta los derechos de vía propuestos y la legislación vigente para ese año. El plan se refleja en la Ley de Planes reguladores, el plan Vial metropolitano y la Ley de Urbanismo y construcción, sin embargo, el plan tenía varios defectos como la falta de coordinación entre las instituciones gubernamentales, la falta de estrategias y necesidades futuras puesto que solo se consideraron los siguientes cuarenta años (Martínez Lainez, 2005).

Ante el deterioro económico que se experimentó a finales de los años cincuenta producida por la bajada de precio del café, la población en busca de oportunidades de empleo trajo consigo una nuevo aumento en la migración interna del país lo que resultó en el crecimiento desordenado de la población y ya que la ciudad carecía de territorios idóneos para la construcción de nuevas viviendas, los grupos de menos recursos se asentaron ilegalmente en zonas con alto riesgo de inundaciones y poca resistencia a los terremotos.

Entre los años 1961 y 1967, se elaboraron nuevos planes como el Plan Regulador el cual no tuvo éxito por falta del respaldo político, el Plan Vial y de Zonificación que contenía un conjunto de datos y análisis de los problemas urbanos de la ciudad, el plan de Desarrollo Metropolitano Ochenta que surge a raíz del terremoto de 1965. Este último plan definió los diez municipios de San Salvador, la región metropolitana, y propuso una nueva estructura administrativa para el AMSS con un organismo de planificación nacional (CONAPLAN) (Hernández).

El plan no logró alcanzar una estrategia urbana integral, y para finales de los 70 esta planificación había perdido casi toda su vigencia, creando una incertidumbre sobre como manejar los problemas generados por el continuo crecimiento del AMSS.

En relación con el suministro de agua potable, se reconoció que la captación de fuentes subterráneas en el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) fue insuficiente durante mucho tiempo. Esto llevó a la perforación de pozos en áreas alejadas del AMSS a través del proyecto conocido como "Zona Norte", ubicado a 25 kilómetros de distancia y que comenzó a operar en 1984 (Universidad Nacional de Ingeniería, 2022). Sin embargo, a fines de la década de 1980, esta opción se agotó y la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) se vio obligada a captar agua de fuentes superficiales, como el río Lempa, para garantizar el suministro de agua potable en el AMSS. Sin embargo, esta opción, además de



causar trastornos ecológicos a nivel nacional, tuvo que tomarse como última opción ya que tanto las fuentes de agua superficiales como subterráneas en el país presentaban para esta fecha una situación precaria. En esta década se determinó la existencia de un umbral crítico en este "punto de presión ambiental" debido a la escasez de recursos hídricos (Baires, 1995).

En cuanto al tratamiento de desechos sólidos y líquidos, así como el saneamiento ambiental en general, también representan un "punto de presión ambiental" crítico en el AMSS. Según la Alcaldía Municipal de San Salvador, en 1993 los trece municipios del AMSS producían alrededor de 1076 toneladas métricas de basura por día, siendo el municipio de San Salvador responsable del 43% y los demás municipios del 57% (Baires, 1995). Solo se recogía un poco más de la mitad de la basura total producida, mientras que el resto se depositaba en vertederos ubicados en quebradas y ríos del AMSS. Aunque se realizaron avances, esta situación no mejoro ya que un estudio estimó que durante la década de los ochenta solo se recogía el 70% de los desechos sólidos en el municipio de San Salvador. La falta de tratamiento adecuado de la basura recolectada y el vertido de aguas residuales en quebradas y ríos, como el Acelhuate, fueron problemas graves para esta fecha (MARN, 2010).

El fenómeno de concentración poblacional en el AMSS se aprecia aún más para el principio de la década de los noventa, contando para el año 1994 un total de 14 municipios y un total de 1 500 000 habitantes (Lungo, 1995).

Para 1994, la migración que como se comentó anteriormente en los Antecedentes de los sistemas de drenaje y alcantarillado en el AMSS, fue debido a los cambios en la economía y los efectos de la guerra provocaron un desplazamiento de la población rural a la zona urbana del país en especial el AMSS, entre los años de 1971 a 1971 la densidad poblacional alcanzaba un nivel de 1,668 personas por kilómetros cuadrados (Berry D. , 1994).

Para finales del año 2017 se crea el plan de descontaminación hídrica, el cual "*pretende la definición e identificación de los principales parámetros y/o índices que permitirán priorizar acciones de protección y/o descontaminación, así mismo para la evaluación de los recursos hídricos superficiales de El Salvador, tanto en cantidad como calidad*" (Cañas C. G., 2007). Dentro de su informe final en el diagnóstico de la calidad de las aguas superficiales, se encontró datos alarmantes como que el 83% de los ríos en El Salvador tienen algún tipo de contaminación, se encontró: La mayoría de los ríos tienen mejor calidad de agua en sus cabeceras, cuando todavía no han pasado por los cascos urbanos, pero es evidente que la contaminación de éstos deteriora los cursos y limita los usos del río aguas abajo de los mismos, y que esta contaminación proviene de desechos domésticos, para una campaña realizada en 2009, observo que ninguno de los puntos de muestreo mejoro su calidad de las aguas es más ninguno de los puntos presentaron una calidad buena de agua y subió un diez por ciento las aguas categorizadas como malas o pésimas.

Desarrollo y expansión de la mancha urbana: Para el año 2015 el AMSS contaba con una extensión territorial de 610 kilómetros cuadrados, casi el tres por ciento de todo el territorio nacional, en donde el treinta y dos por ciento es urbana y el resto es no urbanizable, la tasa de crecimiento poblacional es del 1,41 %, la densidad poblacional es de 2896 por kilómetro cuadrado, y casi seiscientos habitantes viven bajo suelos precarios, debido a esto la OPAMSS estableció unos ejes estratégicos con el objetivo de desarrollar estructuras urbanas de calidad compactas, integradas y sostenibles (César Córdova, 2015).

Por todos estos problemas, los SUDS son una alternativa beneficiosa en el AMSS, permitiendo una gestión más eficiente y sostenible del agua de lluvia en un entorno urbano. Pero el funcionamiento exitoso en esta área metropolitana está intrínsecamente ligado a una serie de factores socioeconómicos y culturales que influyen en su implementación y eficiencia, como el desconocimiento, el mantenimiento y el financiamiento (Sánchez, 2018).

A continuación, se analiza las condiciones económicas y sociales, como el nivel de ingreso, gastos mensuales, entre otros, las cuales pueden influir en la disponibilidad de recursos financieros para la implementación de SUDS. También se explorará las actitudes y prácticas culturales en torno al agua, el medio ambiente y sostenibilidad, para lograr saber que tan factible es la aceptación por parte de la comunidad.

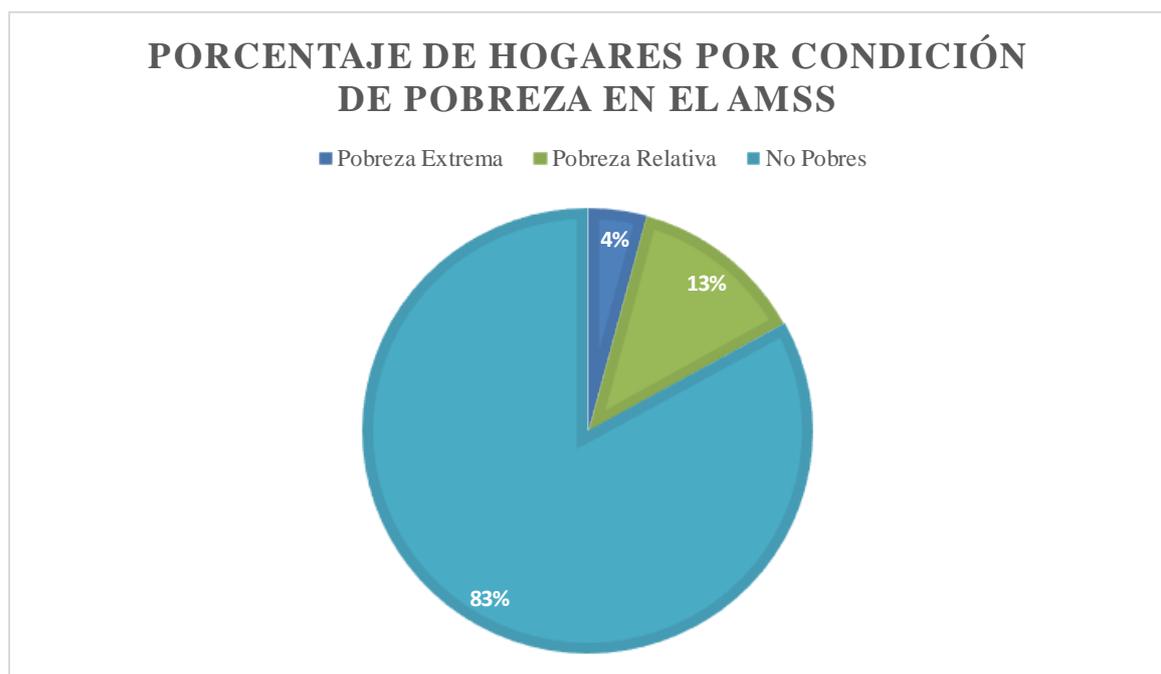


Ilustración 8: Porcentaje de hogares por condición de pobreza 2021

Fuente: Elaboración propia

El ingreso per cápita mensual en el AMSS es de 242,04 dólares, y su salario per cápita es de 425,11 dólares, supera al salario mínimo nacional que es de 365 dólares mensuales, pero los costos de vida son altos, para el año 2019, el gasto promedio mensual era de 535,49 dólares, muy por encima de los ingresos que reciben el promedio de la población del AMSS, casi el 17% vive en pobreza, y la mayoría de ellos poseen una formación medio o superior.

La implementación de los sistemas SUDS, implica la construcción de instalaciones como techos verdes, zanjas de infiltración entre otros, esto requiere una inversión significativa y si la población no cuenta con los recursos financieros necesarios puede ser difíciles implementarlos (OPAMSS, 2021).

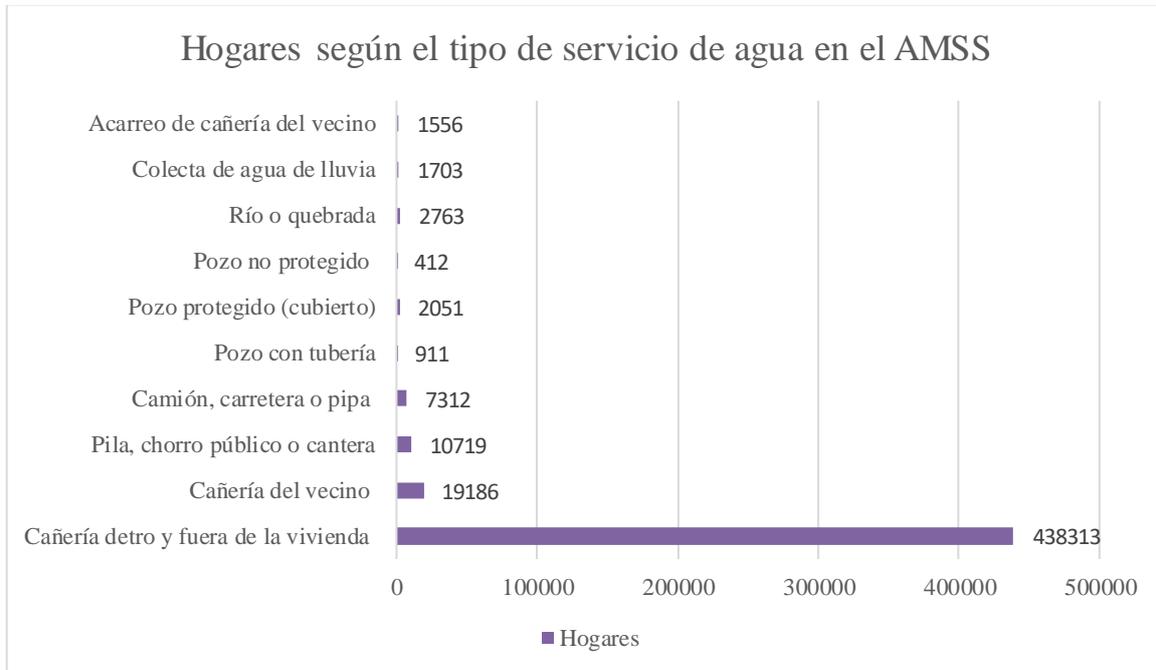


Ilustración 9: Hogares según el tipo de servicio de agua en el AMSS

Fuente: Elaboración propia

Aproximadamente el 90% de los hogares en el AMSS, tiene acceso al agua potable por cañería, el 38% de la población tiene agua potable todos los días de la semana las 24 horas, una tercera parte solo recibe agua máximo 4 días a la semana y de forma discontinua, y el 51% experimenta cortes de agua al menos una vez a la semana (Ibarra, 2021). A parte de ello el consumo diario por persona supera casi el doble que lo que dispone la OMS, el consumo promedio anual para el año 2021 fue de 82 849,5 metros cúbicos (ANDA, 2021). Ha este dato también se le agrega las aguas pérdidas por fugas en la red, debido al deterioro y desperfecto de las redes de distribución por su antigüedad que para el año 2021 es de 65,3% del consumo.

La mayoría de las casas reciben agua clorada o mejorada, usado como principal sistema de protección contra la contaminación microbiológica, sin embargo para 2017 solo 30% presentaron una calidad buena, el resto no lo cumplía (OPAMSS/COAMSS, 2021).

El resto de los hogares que no tiene acceso potable por cañería en su mayoría se abastecen con agua no mejorada proveniente de extracciones privadas o comunitarias de pozos, quebradas o ríos, o transportadas por medio de camiones y solo el 3,5 % lo hace por colecta de agua de lluvia.

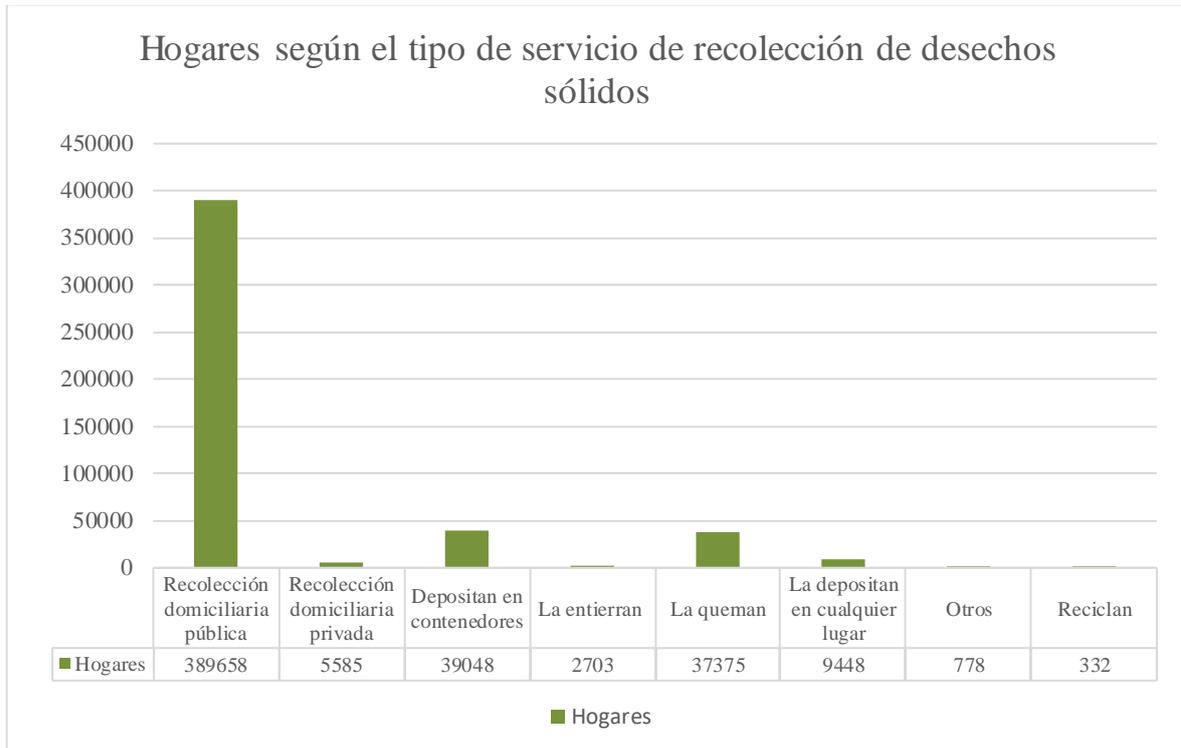


Ilustración 10: Hogares por tipo de tratamiento de basura AMSS

Fuente: Elaboración propia

A nivel metropolitano, el 80% de los hogares se deshacen de la basura mediante recolección domiciliaria pública, el 7% a depositatan en contenedores, y aproximadamente el 10% realiza una disposición inadecuada de los mismos.

Estos hogares realizan prácticas inadecuadas, tales como la quema, el entierro, o la depositatan en cualquier lugar, y solo el uno por ciento lo recicla, el porcentaje de personas que reciclan bajo un 4,3 % desde la estadística realizada en 2020 (OPAMSS, 2020). A parte de ello, el AMSS cuenta con problemáticas con la recolección domiciliaria pública de los desechos sólidos, con casos extremos de 116 sin su recolección (Madrid, 2021), el mayor problema es la acumulación de basura en los tragantes³ o su ineficiencia en algunos casos, son los causantes de inundaciones en varios puntos de la capital (Diario La Página, 2021).

³ Los tragantes son, “las aberturas que en las superficies de las calles o en los bordillos, dan acceso a las aguas pluviales a los tubos de drenaje” (Carranza).



Ilustración 11: Acumulación de basura en San Salvador año 2021

Fuente: (Madrid, 2021)



Ilustración 12: Acumulación de basura en los desagües de San Salvador

Fuente: (Carbajal, 2021)

2.1.4. Clima, precipitación, variabilidad y cambio climático que enfrenta el AMSS

El clima de El Salvador, donde llueven anualmente 1800 mm sobre el territorio nacional, hay una estación húmeda que comprende los meses de mayo a octubre, y otra seca que oscila entre noviembre a abril, se puede clasificar en cuatro zonas climáticas, en donde el AMSS se encuentra en las zonas Sabana Tropical caliente para las planicies internas. Además, se distinguen otras tres zonas climáticas a saber: Sabana Tropical Calurosa identificada en las faldas de zonas montañosas, valles o planicies de altura y Clima Tropical de las Alturas comprendidas entre los 1200 y 1800 metros sobre el nivel del mar (MARN, 2018).

Para los meses de octubre a diciembre, las condiciones del clima se ven influenciadas por el viento del Noroeste y en algunas ocasiones por el viento fuerte del Norte, en donde ingresa aire fresco por las regiones polares de Norteamérica y se van calentando a medida que atraviesan por el Golfo de México hasta llegar al país. La actividad lluviosa se desarrolla en los meses de mayo a octubre, con disminuciones entre los meses julio y agosto, en las cuales puede presenciar períodos secos con lluvias nocturnas, a estos períodos secos se le denominan canículas y producen serios problemas en los valles interiores. También cabe mencionar que existe una diferencia de temperaturas en la parte norte del AMSS, las altas temperaturas se pueden deber a que es un área de baja altura con predominación agrícola y por ende con alta deforestación.

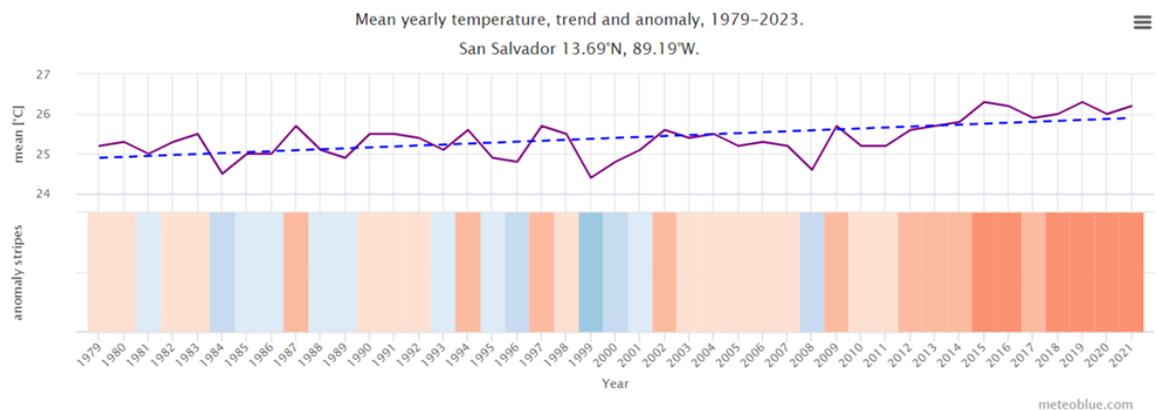


Ilustración 13: Estimación temperatura media anual San Salvador

Fuente: (meteoblue, s.f.)

En el gráfico superior, se estima la temperatura media anual para San Salvador, ya que la línea de tendencia sube de izquierda a derecha, la tendencia de la temperatura para esta área aumenta.

Para el año 2022 se observó que el incremento de la temperatura promedio anual en el área de San Salvador aumenta un grado centígrado más que en las últimas cuatro décadas, para 1979 con una temperatura media de 24,9 centígrados y en 2022 una media de 25,9 centígrados (meteoblue, s.f.). Durante un mínimo de 22 días al año se experimenta una mayor exposición y vulnerabilidad a temperaturas elevadas, que superan los 33 °C (OPAMSS/COAMSS, 2021). Se estima que esta cifra aumentará a 48 días al año en los próximos 20 años.; En el informe técnico de Análisis de la isla de Calor y Mapa de clima Urbano en el AMSS a través de las estaciones meteorológicas colocadas en la Universidad



Nacional, Santa Tecla y el Aeropuerto Ilopango, se concluyó que la temperatura media tiende a incrementar entre los meses de Abril y Julio, en cambio, para las bajas temperaturas se dan los últimos y primeros meses de año por la influencia de los vientos del norte; En relación con la variación de temperatura a lo largo del día se observó que esta se reduce en las épocas de lluvia, y aumenta para la época seca, otro factor que contribuye a esta diferencia es la presencia de vegetación ya que para la época seca, debido a la escases del agua el potencial vegetativo disminuye por ende el enfriamiento radiactivo por la noche aumenta y la temperatura baja (Juan A. Acero, 2016).

El aumento de la temperatura se debe a la ubicación geográfica del país, ya que al estar rodeado por los dos océanos al sur por el océano pacífico y la cordillera de fuego anticiclónica que corre del oeste al este (PRISMA, 2021), lo cual lo hace vulnerable a los cambios de temperatura en las vertientes oceánicas, en el caso del fenómeno la canícula, se ve desencadenada por el calentamiento de las aguas del Océano Pacífico Ecuatorial Central o en ocasiones por el enfriamiento del océano Atlántico Tropical Norte, aunque el impacto más grande es por la suma y el aumento de los factores como la deforestación, la erosión, mal uso de la tierra, entre otros.

En el marco de la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático de El Salvador, presentada en el 2018, se realizaron cuatro escenarios climáticos. Para el aumento de las emisiones de gases efecto invernadero por la falta de medidas de mitigación, se provee que las temperaturas presenten tendencias al aumento para la siguiente década a 44 grados centígrados, y en caso de precipitación se reducen en un máximo de un veinticinco por ciento (PNUD y MARN, 2018).

La variación y la tendencia a la reducción de la precipitación en El Salvador y en este caso específico el área metropolitana se puede deber a varios factores, como la variabilidad climática, el cambio climático, los eventos extremos y en especial por los fenómenos climáticos de la “Niña” y el “Niño”, el primero caracteriza por la aparición de temperaturas más frías de lo normal en la superficie del Océano Pacífico tropical afectando los patrones de circulación atmosférica y oceánico, el segundo ocurre periódicamente en el Océano Pacífico tropical y se caracteriza por el calentamiento anormal de las aguas superficiales del océano (Organización Meteorológica Mundial, 2018).

Durante la Niña, las aguas frías en el Pacífico central y oriental generan una disminución en la evaporación y la formación de nubes, lo que puede resultar en la disminución de la precipitación, desde el dos mil veinte el comportamiento de este fenómeno resulto ser diferente, para el dos mil veinte se superó el promedio anual que es de ochocientos noventa y ocho milímetros, para el siguiente año se mantuvo en el promedio, y para el dos mil veintidós se marcaron cifras récord de precipitaciones.

El fenómeno El Niño no solo ha reducido la precipitación, además de ello se aumentaron los períodos de sequía, el incremento del estrés hídrico, la disminución de la disponibilidad de los recursos hídricos y deja al AMSS en una mayor vulnerabilidad a inundaciones repentinas en áreas urbanas y rurales, ya que puede haber períodos de lluvias intensas y eventos de precipitación extrema.

Los eventos El Niño y La Niña, son importantes condicionantes del AMSS, forman parte de los fenómenos naturales recurrentes que causan variabilidad en el clima.



Aparte de estos fenómenos, el AMSS, presenta independientemente del cambio climático unas condiciones climáticas alteradas, a este fenómeno se le atribuye el nombre “isla de calor” ocasionando cambios significativos en la acumulación de temperatura, La intensidad de la isla de calor es más pronunciada durante la temporada seca y se prevé que aumente durante los meses de marzo y abril, cuando los vientos del norte disminuyen y se acumula más calor en el área urbana (Juan A. Acero, 2016).

Como se comentaba anteriormente el AMSS se ve afectado por las sequías y la artificialización de los suelos, ya que el uso intensivo del suelo para la creación de viviendas, infraestructuras y equipamientos resultan en la impermeabilización de importantes zonas de infiltración de aguas subterráneas, lo que conlleva a hacer uso de las reservas de agua en la Cordillera del Bálsamo y se visibiliza la sequía en zonas de agricultura interna y externa de granos necesitando la explotación de acuíferos. Debido a que la sobreexplotación del acuífero de San Salvador ha sido un grave problema, ha obligado a la explotación de otros recursos como los acuíferos del Sistema Zona Norte o la potabilización del agua extraída del río Lempa (Universidad Nacional de Ingeniería, 2022).

Para el 2016, el AMSS fue declarado estado de emergencia debido a la escasez de agua (La Información, 2016), y para el 2018 la sequía meteorológica alcanzo los cuarenta días secos consecutivos, todos estos eventos generaron severos impactos tanto en la salud, medio ambientales, agropecuarios y financieros. Además, la deficiencia o reducción de precipitación por períodos prolongados tiene una fuerte repercusión en la disponibilidad y calidad del agua, tanto superficial como subterránea. El incorrecto almacenaje de agua incrementa los criaderos de zancudos, agravado por las altas temperaturas, afectan las cosechas incrementando las plagas y los pastos secos impactan a la ganadería y potencia la probabilidad de incendios forestales (NPIC, 2020).

2.1.5. Eventos climáticos extremos y desastres naturales

El AMSS (AMSS) ha experimentado a lo largo de su historia diversos eventos climáticos y desastres naturales que han dejado graves repercusiones en cada municipio. Estos sucesos, caracterizados por fuertes lluvias, inundaciones y deslizamientos de tierra, han resaltado la necesidad urgente de abordar los problemas de drenaje obsoleto en la zona (Rivera, 2022). El AMSS, siendo una de las áreas urbanas más pobladas y dinámicas de Centroamérica, ha enfrentado los embates de la naturaleza que han puesto a prueba la infraestructura existente y la capacidad de respuesta de sus sistemas de drenaje. A continuación, se mencionan alguno de estos eventos destacados (Rivera, 2022):

- Tormenta tropical 12-E (2011): La intensa precipitación, que alcanzó más de 1,500 mm de agua, tuvo un impacto significativo en 181 municipios, lo que equivale al 70 % del territorio de El Salvador. La considerable cantidad de lluvia, combinada con la falta de preparación por parte de las autoridades centrales y municipales para hacer frente a este fenómeno, generó graves consecuencias en la infraestructura del país.
- Tormenta tropical Agatha (2010): Agatha ocasionó la trágica pérdida de 12 vidas, afectando a aproximadamente 120,000 personas y obligando a albergar a unas 14,800 personas debido a los fuertes impactos de esta tormenta tropical,



que se concentraron principalmente en la zona costera y Oriental de El Salvador, según informes de medios locales. Los daños causados por Agatha representaron una cifra estimada de \$112 millones de pérdidas en la economía del país. Tuvo un impacto significativo en el AMSS, las fuertes lluvias provocaron inundaciones en varias zonas de la ciudad, afectando a viviendas, infraestructuras y vías de comunicación. Las inundaciones causaron interrupciones en los servicios básicos, como el suministro de agua potable y la energía eléctrica. Además, se registraron deslizamientos de tierra en áreas cercanas, lo que representó un riesgo adicional para la población.

- Tormenta tropical Amanda (2022): Durante la noche del 31 de mayo, la tormenta tropical Amanda impactó con fuerza en El Salvador, ocasionando la lamentable pérdida de al menos 15 vidas. Las intensas lluvias provocaron inundaciones, desbordamientos de ríos y deslizamientos de tierra, afectando alrededor de 900 viviendas, algunas de las cuales resultaron totalmente destruidas. Los municipios más afectados fueron San Salvador, Soyapango, Ciudad Delgado y también a las afueras del AMSS como los municipios de San Juan Opico y el departamento de La Paz.

Debido al tipo de urbanización del AMSS y el constante cambio climático, hace hincapié en la vulnerabilidad que se enfrenta el territorio ante los movimientos de ladera, flujos de escombros, erosión e inundaciones (Lavado, 2010). Aparte de los eventos extremos que muestran la fragilidad de la zona se le suma otras graves afectaciones y múltiples puntos de riesgo, como las más de ciento doce cárcavas en el territorio que se producen por la socavación constante del terreno, debido a la concentración de aguas incontroladas de los escurrimientos superficiales (Universidad Nacional de Ingeniería, 2022).

Como se comentó en la introducción los informes afirman que los eventos extremos irán en aumento para las siguientes décadas por lo que es necesario la aplicación de los planes para la reducción de la vulnerabilidad y riesgo climático no solo en el AMSS si no en el resto del país.



Ilustración 14: Inundaciones en la capital por el fenómeno Amanda

Fuente: (Rivera, 2022)

2.2. Marco conceptual

En esta sección, se presentan conceptos claves relacionados con los SUDS, como el drenaje urbano sostenible, las técnicas de manejo de aguas pluviales, la infraestructura verde urbana y otros términos relevantes.

2.2.1. Conceptos que están relacionados al ciclo hidrológico natural, cuenca hidrográfica, cuenca urbana y ciclo hidrológico urbano

Cuenca hidrográfica:

Según Castaneda Romero y Villalta Rodríguez, el concepto de cuenca hidrográfica se refiere a “El territorio o espacio de terreno, limitado por cerros, partes elevadas y montañas de los cuales se configura una red de drenaje superficial, que, en presencia de la precipitación o lluvias, forma el escurrimiento de un río, para conducir sus aguas a un río más grande y posteriormente a un lago o mar” (Erick Rigoberto, 2019).

La cuenca hidrográfica se puede dividir según el grado de concentración de la red de drenaje, y se definen en unidades menores como subcuencas, microcuencas y quebradas.

Subcuenca: definiéndose éstas como la superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y, eventualmente, lagos hacia un determinado punto de un curso de agua (generalmente un lago o una confluencia de ríos) (Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO), 2020), es un área que desarrolla su drenaje directamente al curso principal de la cuenca.

Microcuencas: corresponde al área de aguas superficiales, que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen



en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar; la microcuenca está delimitada por la línea del divorcio de las aguas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Colombia, 2015). Es un área que desarrolla su drenaje directamente a la corriente principal de una subcuenca.

Quebrada: Es “*un área que desarrolla su drenaje directamente a la corriente principal de una microcuenca*” (Erick Rigoberto, 2019).

Por el sistema de drenaje y conducción final, las cuencas hidrográficas se pueden clasificar como: exorreicas, endorreicas y Arreicas.

Son tres las cuencas más importantes del AMSS están: Lempa que a su vez se subdivide en las subcuencas del río Sucio y el río Acelhuate, el Jiboa y Mandinga Comalapa.

Cuenca urbana:

Debido al incremento demográfico y el cambio del uso del suelo, se ve modificada el entorno de una cuenca natural transformándolo en cuenca urbana, la expansión urbana conlleva a la construcción de infraestructuras como edificios, carreteras, aceras y sistemas de drenaje lo que produce una impermeabilización del suelo debido a la construcción de áreas pavimentadas y la reducción de áreas verdes provocando un aumento en el escurrimiento de aguas de lluvia, lo que conlleva a problemas de inundaciones, erosión y la descarga de contaminantes en los cuerpos de agua receptores.

Básicamente una cuenca urbana es “*una zona de la superficie en la ciudad en donde, si fuese impermeable, toda gota que ingrese a la cuenca tiende a ser desalojada por el sistema de drenaje hacia un mismo punto de salida*” (ERICK RIGOBERTO GÓMEZ RODAS, 2019).

La cuenca urbana se divide en tres componentes: el macrodrenaje, el microdrenaje y la zona urbana, previamente fueron definidos los primeros dos conceptos haciendo énfasis que el macrodrenaje comprende los causes naturales de la cuenca desalojando el agua producto de lluvias extraordinarias y el microdrenaje se considera la red de drenaje pluvial creadas como vías artificiales de una cuenca, este es crítico para las zonas urbanas para poder evacuar el agua lo más rápido posible (OPAMSS/COAMSS, 2018) La zona urbana será aquella donde se realizarán las diferentes actividades de la población y la infraestructura urbana estará formada por los servicios públicos y la población que habita en la zona.

Ciclo hidrológico natural:

El ciclo hidrológico es “*la sucesión de etapas que atraviesa el agua al pasar de la tierra a la atmósfera y volver a la tierra: evaporación desde el suelo, mar o aguas continentales, condensación de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o masas de agua y reevaporación*” (Gálvez, 2015).

Este ciclo se puede suponer que inicia con la evaporación de la superficie del agua en los océanos debido a la energía térmica del sol, este proceso mediante el cual convierte el agua líquida en estado gaseoso y se eleva a la atmósfera, esto solo ocurre cuando se encuentra disponible las fuentes de agua y también se requiere que la humedad de la atmósfera sea



menor que la superficie de evaporación, debido a que El Salvador se encuentra en un clima tropical es común que exista una humedad relativa alta que quiere decir que el aire ya está saturada de vapor de agua y esta ralentiza el proceso de evaporación.

Continúa el proceso condensación en que el vapor de agua se enfría en la atmosfera y se convierte en pequeñas gotas de agua o cristales de hielo, formando nubes, que se agrupan y se vuelven tan pesadas como para caer en la superficie terrestre en forma de lluvia (precipitación) (Universidad de Piura). No toda la precipitación que ocurre llega al terreno de manera directa, puede experimentar diferentes procesos antes de infiltrarse en el suelo o llegar a cuerpos de agua como: 1) La intercepción que sucede cuando la lluvia cae sobre la vegetación y esta es interceptada por las hojas, ramas u otros componentes de la cubierta vegetal, donde parte de esa agua se evapora directamente desde la superficie de la vegetación sin antes llegar al suelo, lo que radica en la reducción de la cantidad de agua disponible para la recarga de acuíferos, la alimentación de los ríos y cuerpos de agua.

La Infiltración es el paso del agua a través de la superficie del suelo hacia el interior de la tierra, la infiltración y la percolación están altamente relacionados, la percolación es el movimiento agua dentro del suelo. Los factores que pueden llegar a afectar la infiltración del agua en el suelo son: el tipo de suelo, la estructura del suelo, contenido de humedad del suelo, compactación del suelo, precipitación intensa, la cobertura vegetal y la época del año. El tipo de suelo es uno de los factores más importantes para determinar la capacidad de infiltración, ya que entre más porosidad más infiltración habrá (Gálvez, 2015)

Evapotranspiración combina la evaporación desde superficies libres de agua y la transpiración de las plantas que representan la pérdida de agua de la superficie terrestre hacia la atmósfera (Stephany Callañaupa, 2019).

Ciclo hidrológico de una cuenca urbana:

Como se comentaba previamente la necesidad de proveer medios que faciliten los quehaceres cotidianos de la población han distorsionado ese circuito cerrado perfecto que es el ciclo hidrológico. El llamado ciclo hidrológico urbano *“considera los efectos del drenaje, el tratamiento del agua y las descargas residuales de los habitantes de la zona”* (Erick Rigoberto, 2019).

En este ciclo las dos principales fuentes de abastecimiento de agua serán: la precipitación y el agua obtenida a través de una fuente de abastecimiento. El agua tomada en las fuentes de abastecimiento será tratada para su potabilización y posterior transporte a múltiples puntos de consumo en la ciudad.

Aquí se describen algunas modificaciones que ocurren en el ciclo hidrológico natural en una zona urbana:

- Impermeabilización del suelo: Se define el concepto de impermeabilización como *“aquellas superficies que evitan el movimiento del agua hacia el interior del suelo. Las causas suelen ser naturales (geológicas), antrópicas (compactación de los suelos) o una combinación de estas; además, el grado de impermeabilización varía con relación a los materiales que conforman la superficie impermeabilizante y a procesos físicos y químicos que actúan en estos”*



(Stanuikynas, 2000), la construcción de las distintas infraestructuras en las zonas urbanas han limitado la capacidad del suelo para absorber el agua de lluvia, al no infiltrarse el agua en el suelo este tiende a fluir sobre las superficies impermeables generando un mayor escurrimiento superficial.

- **Escorrimento superficial acelerado:** Debido a la impermeabilización del suelo, el agua de lluvia no puede infiltrarse y, en su lugar, se dirige rápidamente hacia las alcantarillas, cunetas y sistemas de drenaje pluvial de la ciudad. Esto puede resultar en un aumento del volumen y la velocidad del escurrimiento superficial, lo que a su vez puede causar inundaciones y la erosión de ríos y quebradas.
- **Eliminación de la evaporación natural:** Las superficies impermeables en las áreas urbanas limitan la evaporación directa del agua en la superficie del suelo. Esto significa que una menor cantidad de agua se evapora y se devuelve a la atmósfera en comparación con áreas no urbanizadas.
- **Canalización de los flujos de agua:** Los ríos y arroyos naturales en las zonas urbanas suelen ser canalizados o encauzados para gestionar el escurrimiento de agua. Estas modificaciones pueden alterar el curso natural del agua, aumentar la velocidad del flujo y afectar los ecosistemas acuáticos locales.
- **Infraestructuras de drenaje:** Las ciudades suelen tener sistemas de drenaje pluvial que incluyen alcantarillado y desagües pluviales para recolectar y dirigir el agua de lluvia lejos de las áreas urbanas. Estas infraestructuras ayudan a prevenir inundaciones, pero también pueden generar problemas, como la descarga directa de agua pluvial no tratada en cuerpos de agua receptores.

2.2.2. *Definición y explicación de los conceptos relacionados a los SUDS*

Para este trabajo el concepto de los SUDS se entenderá como *“Elementos integrantes de la infraestructura urbano-hidráulico paisajística cuya misión es captar, filtrar, retener, transportar, almacenar e infiltrar al terreno el agua, de forma que ésta no sufra ningún deterioro e incluso permita la eliminación, de forma natural, de al menos parte de la carga contaminante que haya podido adquirir por procesos de escorrentía urbana previa. Todo ello tratando de reproducir, de la manera más fielmente posible, el ciclo hidrológico natural previo a la urbanización o actuación del hombre”* (OPAMSS/COAMSS, 2018).

El enfoque que asume la presente investigación es la identificación de las barreras, que queda entendido como *“Las barreras son aquellos factores que afectan de manera adversa al éxito de la implantación en las organizaciones y pueden ser tanto internas como externas”* (Kant, 2008).

Desde esta perspectiva el concepto de la identificación de barreras en este TFG será el proceso de reconocer y comprender los obstáculos, limitaciones o desafíos que pueden dificultar la implementación exitosa de un determinado proyecto, programa o iniciativa. En el contexto de los SUDS en el AMSS, la identificación de las barreras implicará identificar y analizar los factores y limitaciones que obstaculicen la implementación exitosa de los SUDS en la región.



Estas barreras anteriormente mencionadas no solo impiden la implantación de medidas físicas, sino que también dificultan aquellas medidas que no precisan de acción directa sobre la red ni la construcción de infraestructura alguna, se habla entonces de medidas no estructurales. Algunos ejemplos son educación y programas de participación ciudadana o limpieza y mantenimiento adecuados.

Para dar un contexto sobre el drenaje urbano, este se remonta hasta las civilizaciones de la Antigüedad, en las zonas de Mesopotamia y Oriente Medio provistas de sistemas de evacuación de aguas de lluvia dotados de canaletas y desagües específicos para la escorrentía superficial. No fue hasta el Imperio Romano cuando la implantación de infraestructuras de conducción de las aguas como los conductos (tuberías y canales) y los acueductos, se desarrolló de forma más amplia, destacando el drenaje urbano, que trajo consigo focos de infecciones y enfermedades debido al vertido de residuos urbanos y la falta de tratamiento de las aguas negras. Esto último incrementado con el aumento de las poblaciones de las ciudades de la antigüedad.

A partir de los siglos XVII y XIX, y a raíz de los graves problemas, se implantan nuevos sistemas de recogida y transporte de las aguas fuera de las ciudades, añadiendo infraestructuras para la evacuación de estas y llevándolas a plantas de tratamiento. En el siglo XX, con el objetivo de mejorar las instalaciones de tratamiento y prevenir la contaminación generada por la insuficiente capacidad de caudal, se llevó a cabo un nuevo tipo de red: la red separativa, la cual separa las aguas pluviales de las aguas residuales (OPAMSS, 2021).

En la actualidad, la mayoría de los centros urbanos gestionan sus sistemas de vertido utilizando este tipo de red separativa. Sin embargo, es importante destacar que, aún persisten problemas relacionados con la calidad del agua en este tipo de gestión. Por este motivo, a finales del siglo XX, el enfoque por la gestión de los vertidos y las aguas pluviales se desplazó hacia un planteamiento más general y sostenible de la hidrología urbana. Surgirán entonces los SUDS, frente a los sistemas de drenaje convencionales, dentro de ese cambio de paradigma de la gestión de las aguas pluviales y de la escorrentía superficial generada a partir de las lluvias (Martín Ginés, 2017).

Un sistema de drenaje urbano convencional se diseña para recoger la escorrentía superficial generada por la lluvia, transportarla a lo largo del canal o cuneta y descargarla lo más rápidamente posible por una estructura de captación, evitando posibles inundaciones. Últimamente, han ido surgiendo otros conceptos de drenaje, que tienen en cuenta, además, otros objetivos basados en el desarrollo sostenible, buscando la reducción del volumen de escorrentía por zonas impermeables y que no se han contemplado en el desarrollo de las ciudades, laminación y mejora de la calidad del agua lluvia contaminada por las vías urbanas.

Para cumplir con estos objetivos se han desarrollado nuevos sistemas de drenaje urbano, tomando como referencia lo que se denomina SUDS. Estos pueden clasificarse, según su función, tal y como aparece recogido en los conceptos de SUDS de El Salvador, los cuales pueden diferir de la terminología usada en España, por lo que se clasifican en la Ilustración 15: SUDS según su función.

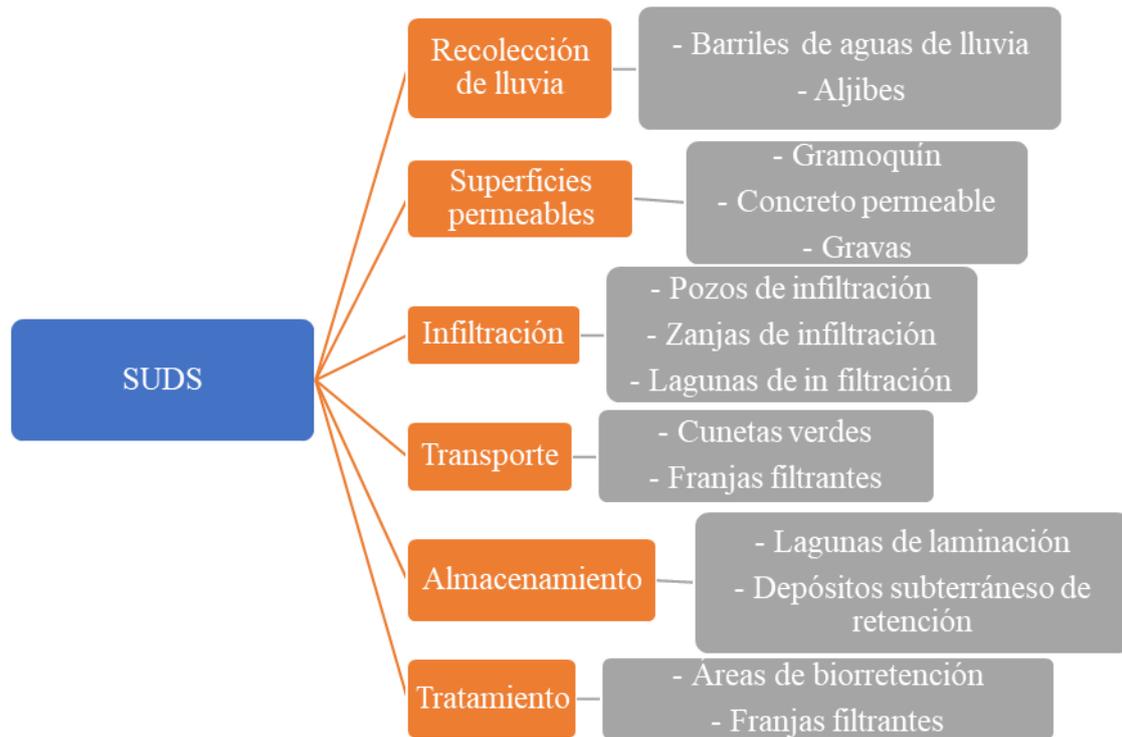


Ilustración 15: SUDS según su función

Fuente: Elaboración propia

Depósitos para la recolección de agua de lluvia: Los depósitos de infiltración son áreas de escasa profundidad, creados para almacenar e infiltrar la escorrentía de lluvias.

Estos depósitos se emplean para drenar la escorrentía de una serie de propiedades. No se deben utilizar para drenar áreas extensas debido a la gran contribución de sedimentos y contaminantes. En general se diseñan para tratar solo pequeños eventos de lluvia (Ana Abellán, 2017).

Los depósitos requieren estructuras previas para el pretratamiento del agua lluvia y la eliminación de sedimentos que eviten la obstrucción de la superficie de infiltración.

Su finalidad es transformar el agua de superficie en agua subterránea y eliminar los contaminantes, a través de los procesos de filtración que se producen dentro de los suelos bajos del sistema.

Entre los más comunes se encuentran los barriles de agua de lluvia o aljibes, que se emplean para almacenar el agua procedente de los tejados y posteriormente emplearla para otros usos.



Ilustración 16: Barriles de agua de lluvia

Fuente: (jardinerialplantasyflores, s.f.)

Superficies permeables: El agua se percola a su través, lo que reduce la porción de escorrentía que se transporta al sistema de drenaje.

Estas superficies permiten el paso del agua a través de ellas, para retenerla durante el evento de escorrentía y luego descargarla de forma controlada. Estas estructuras contribuyen en la laminación, y al control de contaminantes procedentes de la escorrentía superficial urbana, además, aumentan la proporción de área permeable.

La superficie permeable está compuesta por capas que cumplen una función específica en la estructura, dicha superficie actúa como soporte y permite el paso del agua, la base proporciona tratamiento a través de la filtración y la subbase se encarga del almacenamiento de la escorrentía.

Algunos de los materiales que permiten la creación de esta clase de superficies son el gramoquín, que sustituye al adoquinado proporcionando un ambiente más fresco al no reflejar el calor como lo hacen los adoquines y aportan un nivel de alto de mitigación a la isla de calor, pero su coste inicial es alto. El concreto permeable también es otra opción, sin embargo, requiere de un mayor mantenimiento ya que la pasta puede escurrir por gravedad a través de los conductos internos hacia el fondo del elemento (losa, cilindro, entre otros.), obstruyéndolos e impidiendo así el paso del agua. Por otra parte, las grabas también son una opción muy utilizada al tratarse de un material muy económico, sin embargo, en ocasiones no se emplea ya que genera mayor suciedad y este material no es apto para todos los usos (Abellán, 2014).



Ilustración 17: Gramoquín

Fuente: (prepeniel, 2022)



Sistemas de infiltración: facilitan la infiltración de agua en el subsuelo, reduciendo el volumen de agua de escorrentía, causante de las inundaciones.

Son pozos, zanjas o trincheras de profundidad entre uno a tres metros rellenos de material granular. En ellos se recoge la escorrentía desde unas superficies impermeables adyacentes y recogen y almacenan temporalmente el agua mientras se infiltra en el terreno natural (Abellán, 2014).

También existen las llamadas lagunas de infiltración, son grandes lagunas abiertas de agua que se excavan, almacenando agua de lluvia la finalidad de infiltrar el agua a los acuíferos donde podrá ser extraída posteriormente.

Sistemas de transporte: Conducen el flujo de agua de un sistema a otro (por ejemplo, de almacenamiento o infiltración o de suelo impermeable a un almacenamiento).

Uno de estos sistemas son las cunetas verdes, estructuras lineales cubiertas de hierba. Están diseñadas para captar y tratar el agua mejorando su calidad. Deben generar velocidades inferiores a uno o dos metros por segundo evitando que las partículas erosionen la estructura. También pueden permitir la infiltración a capas inferiores (Abellán, 2014).

También existen las franjas filtrantes, franjas anchas de suelo cubiertas de vegetación, tiene poca pendiente y se encuentran entre una superficie impermeable y la zona receptora de escorrentía. Se favorece así la sedimentación de las partículas y contaminantes arrastrados por el agua y la infiltración del agua.



Ilustración 18: Franja filtrante

Fuente: (CIRIA, 2015)

Sistemas de Almacenamiento: En los que se acumula la escorrentía en un punto o elemento controlado para después laminar el caudal de salida, extendiendo la base del hidrograma y reduciendo los picos de escorrentía o facilitar su infiltración.

Las lagunas de laminación son un buen ejemplo de estos sistemas, en El Salvador cobran gran importancia ya que actúan como presas en los cauces de forma que generan un gran descenso del caudal punta impidiendo así inundaciones indeseadas (Beatriz Calderón, 2018).



Los depósitos subterráneos de retención, que almacenan el agua de forma subterránea también son una buena solución para un efectivo almacenamiento del agua de lluvia.

Sistemas de tratamiento: Eliminan o facilitan la degradación de contaminantes presentes en la escorrentía. El principal tratamiento es la filtración, aunque pueden darse otros como la bioacumulación, proceso mediante el cual uno o más organismos vivos absorben cantidades importantes de contaminantes en su cuerpo de manera constante limpiando el agua de lluvia recogida, se da en las áreas de biorretención.

Dentro de este grupo también se encuentran las franjas filtrantes.

Por **medida estructural** se entiende como cualquier construcción física para reducir o evitar los posibles impactos de las amenazas o la aplicación de técnicas de ingeniería para lograr la resistencia y resiliencia de las estructuras o de los sistemas frente a las amenazas de las inundaciones.

Para vencer estas barreras en el AMSS han surgido desafíos a los que debe enfrentarse en materia de drenaje como el cambio climático, que en la última década ha producido un aumento considerable de las temperaturas y disminución de la precipitación media anual a pesar de que los periodos de lluvias intensas son cada vez más catastróficos al concentrarse en periodos cortos de tiempo aumentando su intensidad.

Otro gran problema es la creciente densidad urbana que, desde que se instalaron las principales redes de agua de lluvia ha aumentado de forma considerable, es necesario que el sistema de drenaje pueda satisfacer las necesidades de los actuales y futuros habitantes.

La impermeabilidad del suelo en muchas zonas también supone un gran inconveniente al impedir la infiltración de las aguas de lluvia dificultando su ciclo natural y la recarga de los acuíferos, además al mantenerse en superficie aumenta la erosión y modifican la hidromorfología de las quebradas.

Habrán de tenerse en cuenta también mejoras en el mantenimiento de las actuales redes de drenaje y así evitar el envejecimiento y deterioro de las infraestructuras, en la actualidad no se llevan a cabo tareas de mantenimiento suficientes, por lo que muchos tramos de la red se encuentran taponados.

Todo esto conlleva un deterioro y degradación de la calidad de las masas de agua naturales, además, los actuales sistemas de drenaje vierten directamente la escorrentía, tras lavar las basuras dispuestas sobre la superficie viaria, y a los lagos o ríos donde desembocan.

La calidad de las aguas limitará, si no se producen cambios, la cantidad de recurso disponible para consumo humano.

2.2.3. *Concepto de infraestructura verde en el contexto de los SUDS en el AMSS*

La Infraestructura Verde Urbana (IVU), es “*la utilización de vegetación, suelos, y procesos naturales para la gestión del agua y la creación de ambientes urbanos más saludables*” (BID, 2014). Se puede utilizar en ambientes construidos como los del AMSS, en donde las lluvias intensas sobrecargan los sistemas de drenaje, los eventos extremos de lluvia que provocan inundaciones que conllevan a pérdidas monetarias, materiales y en los casos extremos vidas humanas, también se utilizan en “*ciudades con sistemas de drenaje cloacal*



y pluvial combinados, una lluvia intensa sobrepasa la capacidad de tratamiento de los efluentes combinados, y éstos se terminan, volcando sin tratamiento directamente a los cursos de agua” (BID, 2014).

La estrategia IVU en el AMSS pretende definir el camino de desarrollo que quiere tener el AMSS en la planificación del sistema de IVU y de sus servicios ecosistémicos, el objetivo principal del plan IVU es la renaturalización de las zonas urbanas, la adaptación al cambio climático, el uso sostenible de recursos y la mejora paisajística del AMSS. Esto se realizará llevando a cabo varias acciones: mejorar de la biodiversidad, potenciar los servicios ecosistémicos, regenerar los flujos ecológicos e hidrológicos, aumentar los espacios de uso público de calidad, fomentar la habitabilidad de los espacios públicos y restaurar la relación entre la ciudad y la naturaleza (BID, 2022).

Para la concepción de la estrategia de IVU para el AMSS, se consideran los programas, planes y estrategias preseleccionados por los responsables de la OPAMSS, considerando los recursos de los que se dispone.

Este conjunto de iniciativas es de carácter urbano, ambiental y sostenible, y todas tienen potencial para integrarse dentro de un marco de IVU y Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN), si no lo contemplan ya, como es el caso de algunas de ellas.



Ilustración 19: Programas IVU escogidos por la OPAMSS

Fuente: Elaboración propia

De manera general, todas las estrategias de IVU deben estar coordinadas con los respectivos programas urbanos existentes actualmente. Todos los proyectos específicos de IVU enmarcados dentro cada uno de los programas precisan contar con:

- Una agenda que incluya un programa de formación de las autoridades competentes.
- Proyectos específicos de integración de IVU en los programas considerados.
- Un plan de actividades definidas temporal y geográficamente.
- Un plan de ejecución y mantenimiento flexible que se adapte a las condiciones y recursos de cada caso, considerando los insumos obtenidos de los talleres públicos.

Para el inicio de la materialización de las estrategias se recomienda empezar con un proyecto de trabajo para cada una de ellas, donde en un contexto dado se incluyan las Fases para la materialización de estrategias IVU en el AMSS.

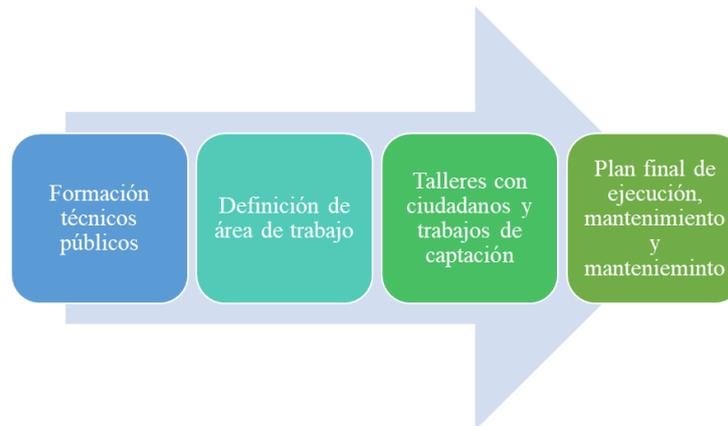


Ilustración 20: Fases para la materialización de estrategias IVU en el AMSS

Fuente: Elaboración propia

Se puede así observar la necesidad de implementación de medidas no estructurales ya que la formación de los técnicos para el posterior desarrollo de las infraestructuras es imprescindible, así como talleres ciudadanos para diseminación, formación e involucramiento de todas las partes participantes del espacio público tanto en su gestión como de uso y disfrute para un correcto mantenimiento, para el cual también serán necesarios técnicos cualificados con la finalidad de monitorear la evolución de las soluciones materializadas.

Redes Ambientales de Peatones Seguras (RAPS):

Se basa en la creación de una red articulada de recorridos para peatones y la mejora de las condiciones de desplazamiento peatonal en la ciudad y de la conectividad con el transporte público (COAMSS/OPAMSS, 2021). Se plantean los Desafíos para la implementación del plan RAPS en el AMSS y las Acciones planteadas por la OPAMSS para implementar el plan RAPS:



Ilustración 21: Desafíos para la implementación del plan RAPS en el AMSS



Fuente: Elaboración propia

Mejora y recuperación de aceras

- Instalación de cunetas verdes, jardines de lluvia y bioretenedores.
- Instalación de superficies permeables verdes en arriates y otras áreas urbanas residuales.
- Instalación de cobertura arbórea, normalmente lineal, debido a los condicionantes locales.

Intersecciones seguras

- Instalación de cunetas verdas, jardines de lluvia y biorretenedores.
- Instalación de superficies permeables verdes en arriates y otras áreas urbanas residuales.
- Instalación de cobertura arbórea, líneas o en grupos en función del espacio disponible. Los elementos vegetales no deben obstruir la visibilidad entre los usuarios de la vía pública.

Ciclo Rutas

- Instalación de superficies permeables híbridas en intersecciones con evacuación de aguas y cunetas verdes.
- Instalación de cobertura arbórea, siempre y cuando no comprometa la seguridad y visibilidad de los usuarios.

Estacionamientos

- Biorretenedores que permitan captar agua de lluvia y fijar contaminantes.
- Mejora de cobertura arbórea autóctona de bajo mantenimiento.

Mejora de fachadas, instalación de mobiliario urbano e iluminación

- Instalación de cubiertas verdes y, potencialmente, jardines verticales.
- Instalación de cobertura arbórea cuando los edificios no permitan el trabajo de IVU sobre los mismos.
- Reorganización del espacio de manera que los elementos vegetales no limiten la visibilidad ni movilidad.

Recuperación de espacios residuales

- Este tipo de actividad es transversal y puede admitir varios tipos de soluciones como soluciones mediante cobertura arbórea, jardines de lluvia, cunetas verdes, bioretenedores.
- Las acciones de jardinería deben aprovechar el potencial de las soluciones de IVU, evitando la implementación de jardineras en altura o macetas que no provean los beneficios de la IVU y requieran labores de mantenimiento.

Seguridad ciudadana

- Instalación de elementos vegetales mediante soluciones como cobertura arbórea y jardines siempre que no se creen espacios marginales sin visibilidad.

Ilustración 22: Acciones planteadas por la OPAMSS para implementar el plan RAPS



Fuente: Elaboración propia

Espacios públicos:

El programa de Espacios Públicos es una estrategia para recobrar y mejorar los lugares públicos urbanos que se desarrolla alrededor de los siguientes 4 objetivos: gobernanza metropolitana mediante el fortalecimiento institucional, protección y cuidado, mediante la mejora física del espacio, legibilidad y acceso, mediante la mejora del espacio y la orientación, y ampliación y diversificación, mediante el fomento de usos mixtos de los espacios públicos urbanos (OPAMSS/COAMSS, 2019).

Las intervenciones de IVU deben responder no solo a los problemas urbanos para los que se crean, sino que también tendrán en consideración los principales retos señalados por los responsables del programa, como se citan a continuación:



Ilustración 23: Principales retos para la implementación de las estrategias para la gestión del espacio público

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se enumeran, en función de cada tipo de espacio público, aquellas soluciones tipo que se consideran más recomendables, sin perjuicio de que existan más soluciones adaptadas para cada caso concreto.



Plazas cívicas

- Reverdecimiento de plazas mediante integración de parterres o cunetas verdes, jardines de lluvia y otras áreas verdes.
- Creación de superficies verdes multifuncionales que combinen los tres estratos vegetativos para potenciar los beneficios de los servicios ecosistémicos.
- En el caso de introducir cobertura arbórea hay que buscar la compatibilidad con los elementos urbanos, culturales e iluminación de las plazas.

Plazas de bolsillo

- Instalación de espacios verdes que alberguen usos varios como educativos y recreativos principalmente. Los diseños deben realizarse de manera que se garantice la seguridad de los usuarios.
- Jardines de lluvia que se integren con el sistema de drenaje tradicional para que trabajen complementariamente.

Parque lineal

- Instalación de corredores verdes que a su vez permitan la circulación de usuarios y actúen como conectores de espacios verdes públicos para mejorar la biodiversidad.
- Integración de cobertura arbórea, jardines de lluvia y cunetas verdes.
- Infraestructura verde de transporte lineal que maximice la superficie permeable y ofrezca confort térmico a los usuarios.
- Potencialmente compatible con las intervenciones del programa de RAPS.

Eco-parque

- Espacios verdes, parques, jardines de lluvia y otros espacios multifuncionales.
- Corredores verdes que actúan como vías de conexión entre otros espacios verdes públicos.

Jardín botánico

- Jardines y parques que contribuyan a la mejora de drenajes, el incremento de sombras, regulación de condiciones micro climáticas y embellecimiento urbano.
- Espacios verdes que mejoran el capital natural y fomentan la biodiversidad.

Vivero jardín

- Jardines y parques que incrementan la cobertura, regula las condiciones micro climáticas y embellecen el entorno urbano.
- Espacios verdes que mejoran el capital natural y fomentan la biodiversidad.

Espacios deportivos como canchas de fútbol o baloncesto

- Espacios deportivos reverdecidos que garanticen el uso por todo tipo de usuarios de manera segura.
- Aumento de cobertura arbórea sin obstruir la visibilidad y seguridad de los usuarios.

Ilustración 24: Tipo de soluciones de gestión de espacio público y soluciones recomendables

Fuente: Elaboración propia



Mallas verdes y azules:

El programa de mallas verdes y azules pretende crear una red de zonas verdes, cuerpos de agua dulce y su biodiversidad, en el AMSS, compatibilizando aquellos espacios que fomentan la conectividad ecológica, el esparcimiento, la cultura, el equipamiento y nodos de transporte con la vivienda. El programa plantea varias intervenciones de SbN que se desarrollan en toda la región y no solo en las zonas urbanas. El programa incluye acciones sobre los espacios abiertos y otros espacios verdes donde está previsto el desarrollo de varios parques dentro o cerca del AMSS (BID, 2022).

Las intervenciones de IVU responden a los problemas genéricos ambientales urbanos, deberán enfrentarse a los siguientes desafíos:



Ilustración 25: Desafíos para la implementación de mallas verdes en el AMSS

Fuente: Elaboración propia

Las soluciones de IVU se estructuran a partir del tipo de espacio de trabajo que se recoge en el programa, como se muestra en el cuadro a continuación en función del tipo de espacio.



Áreas/espacios abiertos

- Recuperación y reforestación de áreas verdes abiertas que brinden beneficios térmicos e hídricos en las zonas circundantes.
- Jardines de lluvia que permitan la regulación del ciclo hidrológico de manera sostenible beneficiando a las áreas urbanas que le rodean.
- Parques de ribera cercanos a las correspondientes masas de agua implementando vegetación ribereña autóctona y reduzca los procesos de inundación que se originen a partir de esas masas de agua.

Zonas de protección y reserva ecológica

- Corredores verdes que sirvan de vínculo entre espacios verdes existentes y proyectados.
- Espacios verdes multifuncionales que permitan el desarrollo de otros usos y que fomenten la mejora de la biodiversidad, así como la regulación térmica, amortiguación de ruido y reducción de inundaciones.
- Soluciones híbridas que permitan integrar espacios verdes y corredores para otros

Áreas verdes y parques

- Recuperación y reforestación de áreas verdes abiertas que brinden beneficios térmicos e hídricos en las zonas circundantes.
- Jardines de lluvia que permitan la regulación del ciclo hidrológico de manera sostenible beneficiando a las áreas urbanas que le rodean.
- Espacios verdes multifuncionales en forma de corredores verdes o parques lineales que hacen de nexo entre áreas verdes.

Ilustración 26: Soluciones IVU para la implementación de mayas verdes en el AMSS

Fuente: Elaboración propia

Sistemas urbanos de drenaje sostenible

El programa de Sistemas Urbanos de Drenajes Sostenibles (SUDS) es llevado a cabo por el OPAMSS y gira alrededor de los fundamentos de la IVU y las SbN, en muchos casos junto con infraestructura tradicional. El programa tiene por finalidad la implementación de varios tipos de soluciones de drenaje para mejorar la gestión de las aguas de lluvia de una manera sostenible, considerando todas las fases del ciclo del agua. Este programa da apoyo al Plan Maestro para la Gestión Sostenible del Aguas de las Lluvias del AMSS que comenzó en 2018. También es parte del Plan Inicial de Adaptación al Cambio Climático del AMSS.

Actualmente, el programa de SUDS se está ejecutando de manera paulatina por barrios en función a la disponibilidad de recursos públicos e incluso la publicación de dos tomos que recogen recomendaciones nuevas basadas en la experiencia del uso de la guía elabora en base al programa (Diógenes Chévez Guerrero, 2019). En este sentido, barrios como Candelaria (en San Salvador) y Ciudad Merliot (en la Libertad), ya han visto parte de su infraestructura de drenaje actualizada. También se están trabajando con soluciones híbridas de IVU e infraestructura gris o tradicional, a continuación, se muestran los Desafíos planteados por la OPAMSS para la implementación de SUDS en el AMSS y las Propuestas de acciones para la aplicación de SUDS en el AMSS.



Ilustración 27: Desafíos planteados por la OPAMSS para la implementación de SUDS en el AMSS

Fuente: Elaboración propia

Edificios

- Integración de cubiertas verdes diseñadas para recolectar el agua pluvial que se vierte sobre ellas, reduciendo la presión sobre los sistemas tradicionales de recogida y evacuación de agua. En caso de falta de espacio para depósitos, las cubiertas permiten absorber períodos de lluvia cortos o ralentizar el caudal de agua vertido al sistema tradicional.
- Fachadas verdes con sistemas de almacenamiento que ralenticen el ciclo del agua y atenúen el caudal.

Calle y viales

- Jardines de lluvia, cunetas verdes y bioretenedores en función del espacio disponible y de los objetivos priorizados (almacenamiento de agua, recogida o tratamiento por ejemplo).
- Soluciones híbridas que aumenten los pavimentos permeables, bien a través de superficies verdes, bien a través de pavimentos innovadores.
- Reforestación y reverdecimiento de áreas próximas que tengan influencia sobre las zonas urbanas consideradas.

Parques, plazas y otros espacios

- Jardines de lluvia, cunetas verdes y bioretenedores en función del espacio disponible y de los objetivos priorizados (almacenamiento de agua, recogida o tratamiento por ejemplo).
- Soluciones híbridas que aumenten los pavimentos permeables, bien a través de superficies verdes, bien a través de pavimentos innovadores.
- Creación de espacios verdes multifuncionales que tengan diversos públicos como educativos, deportivos, religiosos o recreativos y que a su vez funcionen como zonas de recogida, almacenamiento y tratamiento de aguas.

Ilustración 28: Propuestas de acciones para la aplicación de SUDS en el AMSS

Fuente: Elaboración propia



2.3. Marco referencial

En el marco referencial, se abordará la recopilación y revisión de diferentes estudios, teorías y trabajos de investigación relacionados con la implementación de SUDS en el AMSS. En esta sección, se explorarán las referencias y fuentes relevantes que respaldan y enriquecen el presente estudio.

2.3.1. Investigaciones y estudios previos que abordan la implementación de SUDS en el AMSS

Laguna de laminación ubicada al sur de San Salvador

En 2018, el ministerio de obras públicas (MOP) aprobó la construcción de una laguna de laminación y se plantea la construcción de dos más en los próximos años, el proyecto fue impulsado por el programa de vulnerabilidad de asentamientos urbanos precarios, ejecutado por el ministerio de vivienda en el AMSS, para prevenir las inundaciones en el sector sur de San Salvador que son tan frecuentes. Esta primera laguna de laminación en la región centroamericana ha necesitado una inversión superior a los 18 millones de dólares.

Permitirá prevenir inundaciones en al menos 25 comunidades ubicadas al sur de San Salvador, entre ellas las colonias Dina, Luz, Monserrat, Ibu, San Juan, San Antonio, La Málaga, Los Arcos, Barrio Modelo, Santa Anita, San Jacinto, Candelaria, La Vega, Lourdes, Gallejos, La Chacra y El Coro. En invierno, la cantidad de agua que baja desde las zonas altas a través del río El Arenal de Monserrat llegará a esta laguna. Ahí, los flujos de agua serán bloqueados con un muro de contención. La cantidad de agua que antes bajaba en 30 minutos a las comunidades, con esta obra se podrá liberar en cuatro horas (MOP, 2018).

Este tipo de lagunas se construyen generalmente en zonas bajas propensas a inundaciones, donde se requiere una gestión adecuada del agua para proteger a las comunidades y la infraestructura urbana. La laguna de laminación actúa como un reservorio temporal, capturando y almacenando el agua de las lluvias intensas y liberándola gradualmente cuando disminuye el riesgo de inundaciones.

La capacidad máxima, es de 260 000 metros cúbicos que se irán liberando, produciendo así la laminación de avenidas. La obra también incluye un canal de desagüe de 200 metros. Cuando se tenga embalsada el agua, este canal servirá para seguir dejando pasar el flujo, pero ya de forma controlada.

En uno de los laterales existe un dique, es decir, un relleno de tierra que servirá como muro de contención para disminuir la cantidad y velocidad de agua que viene bajando desde el volcán de San Salvador hacia la zona sur de la capital.

Este proyecto comenzó su iniciativa en 2013, puesto que las pérdidas económicas eran altas y cada vez más aumentaban los casos de muerte por las inundaciones en Monserrat, como por ejemplo el caso de 2018 donde un bus fue arrastrado por la corriente de la quebrada del arenal en donde no quedo ningún sobreviviente (Calderón, 2018).



Planteamiento del problema y propuesta de soluciones para abordar el desafío de la gestión de las aguas lluvias en el área metropolitana de San Salvador (AMSS), El Salvador

El AMSS se enfrenta a un gran desafío en la gestión de las aguas lluvias. Durante la temporada de lluvias, se producen inundaciones y desbordamientos de ríos y quebradas que afectan gravemente la calidad de vida de los habitantes y generan pérdidas económicas importantes. Además, el crecimiento urbano acelerado ha llevado a una mayor impermeabilización del suelo, lo que ha reducido la capacidad de absorción de agua y aumentado los problemas relacionados con el manejo del exceso de agua de lluvia.

El Artículo propone cinco soluciones (Pablo G.B., 2019), la primera es la implementación de un sistema de infraestructura verde puede ayudar a mejorar la gestión de las aguas lluvias al promover la infiltración de agua de lluvia en el suelo y reducir el volumen de agua que fluye hacia los ríos y quebradas. Las propuestas pueden incluir la creación de parques urbanos, jardines verticales, techos verdes y sistemas de suelos permeables en áreas públicas y privadas. Como segunda propuesta fomenta la recolección adecuada de residuos sólidos es fundamental para prevenir el taponamiento de alcantarillas y desagües, lo que puede provocar inundaciones. Se pueden implementar campañas de concientización ciudadana y establecer medidas más rigurosas para el manejo de los desechos. La tercera es elaborar una regulación y política clara y efectiva que permita controlar y limitar la urbanización en zonas vulnerables (como áreas cercanas a los ríos y quebradas). Esto podría incluir la creación de incentivos para el desarrollo en áreas menos vulnerables, la promoción de prácticas de construcción sostenibles y el fortalecimiento de la inspección y supervisión de la construcción. Cuarta propuesta es El diseño adecuado de sistemas de drenaje urbano puede ayudar a gestionar las aguas lluvias de manera más efectiva. Se pueden construir depósitos temporales de agua de lluvia, canales de desagüe y sistemas de tratamiento de agua para reducir los impactos negativos del exceso de agua de lluvia. Y por último La implementación de un sistema de monitoreo y evaluación puede ayudar a medir el impacto de las medidas tomadas y ajustarlas en consecuencia. Esto permitiría la toma de decisiones basadas en datos y una planificación más efectiva a largo plazo.

En general, abordar el problema de la gestión de las aguas lluvias en el AMSS requiere un enfoque integral e intersectorial que involucre a diferentes actores, como el gobierno local, la sociedad civil, el sector privado y la comunidad en general.

2.3.2. Organismos y entidades relevantes para el diseño y mantenimiento de los SUDS en el AMSS

- Ministerio de Medio Ambiente Y Recursos Naturales (MARN): Es la entidad gubernamental encargada de la gestión ambiental de El Salvador, dentro de ella se encuentra el Servicio Meteorológico Nacional (SNET), esta se encarga de realizar el monitoreo sobre las condiciones atmosféricas de todo el país, incluido el AMSS, este servicio se encarga de facilitar los datos de pluviometría para la caracterización de la zona del proyecto, la entidad se divide en tres áreas:



- Centro de Pronóstico Meteorológico (CPM): este realiza el monitoreo y la vigilancia de las situaciones atmosféricas en toda la región a través de la Red Nacional de Estaciones meteorológicas del SNET.
- Centro de Información y Agrometeorología (CIAGRO): Consiste en una base de datos actualizado, informando de las precipitaciones, intensidades, temperaturas, presión atmosférica, luz solar, radiación solar, entre otros. Estos indicadores sustentan los pronósticos meteorológicos que difunde el SNET cada día.
- El Centro de Predicción Climática (CPC): Elabora perspectivas de la lluvia y la temperatura en el país a mediano plazo y estacional, monitorea y predice las fechas de las épocas lluviosas, la magnitud y fechas de canícula, y estudia la tendencia pluviométrica en el país durante los últimos cuarenta años, etc.
- Centro Nacional de Registros (CNR): Es un ente del gobierno salvadoreño, que ofrece a través del Instituto Geográfico y del Catastro Nacional, información de la topografía y Geología de la zona en la que se realice el proyecto de SUDS. Esta es importante para conocer las pendientes de las calles de estudio y delimitar las subcuencas urbanas.
- Ministerio de Obras Públicas (MOP): Es el organismo gubernamental que supervisa las áreas de obras públicas que opera principalmente en el sector de infraestructura vial, se divide en dos viceministerios, el de transporte y la división de Obras Públicas, este último se encarga de dirigir la planificación, construcción y mantenimiento de la infraestructura vial del país. Esta entidad establece normativas y regulaciones relacionadas con el diseño, construcción y operación de infraestructuras de drenaje en el país. Para el diseño de SUDS es necesario conocer la red de drenaje existente, si se producen inundaciones se deberá analizar su capacidad para conocer el volumen que queda sobre la superficie viaria.
- Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA): Es una organización autónoma del estado de El Salvador, su misión es proveer a nivel nacional el servicio de agua para el consumo humano, la recolección y el tratamiento de aguas residuales junto con el cuidado del medio ambiente.
- Oficina de Planificación del AMSS (OPAMSS): Es una entidad autónoma creada por el Consejo de Alcaldes del Área Metropolitana de San Salvador (COAMSS), para la investigación y el análisis de los problemas de desarrollo urbano, la planificación y control de territorio con una visión estratégica unificada de la metrópoli. A través del “Geoportal”, OPAMSS aporta planos como el uso del suelo, los niveles piezométricos, mapa hidrogeológico, entre otros.
- Alcaldías municipales: Cada municipio tiene su propia municipalidad, estas instituciones se encargan de consólidar el cumplimiento administrativo municipal, en el caso de los SUDS, las municipalidades se encargarán de su mantenimiento.



2.3.3. *Experiencias internacionales y nacionales exitosas en la implantación de SUDS*

Isla Urbana, México:

Isla urbana buscaba resolver la problemática del agua de una familia en la zona de la Juzgo.

El objetivo del sistema es aprovechar el agua del techo y hacerla pasar por un proceso de limpieza para posteriormente almacenarla. Influyen en gran medida las condiciones ambientales a la hora de elegir el tratamiento que ha de llevar a cabo.

El agua que cae en el techo es necesario analizarla en un solo punto, independientemente del material que sea el techo. Seguramente para por un filtro para desechar cualquier tipo de basura o hoja, posteriormente pasa el reparador de primeras lluvias, que se encarga de reparar el primer volumen de las lluvias que se trata de la parte que está más sucia. Este proceso se encarga de llevar a cabo el setenta y cinco por ciento del trabajo de limpieza. Después pasa a la tierra llevándose a cabo un proceso de cloramiento y finalmente tras pasar por un par de filtros más ya tienes el agua potabilizada para poder utilizarla para cualquier uso doméstico.

Los cálculos de Isla urbana indican que por cada metro cuadrado de un techo se obtienen mil litros de agua (22, 2018).

Además de la captación, Isla urbana tiene un programa cultural que concientiza a las personas acerca de los problemas con el agua

Laguna de retención, Tuscánica, El Salvador:

Vía del Corso es un proyecto urbanístico en el que todas sus instalaciones tienen en común la reutilización agua.

La propia urbanización dispone de una laguna de retención a modo de depósito, permitiendo el aprovechamiento combinado de aguas pluviales y aguas negras procedentes de las instalaciones. Estas últimas son llevadas a tratamiento y oxigenación, de forma que en épocas secas o de escasez de recurso, la planta de tratamiento se encarga de verter el agua en la laguna de retención y así evitar el uso adicional de agua.

En su funcionamiento, el centro logístico se encarga del reparto a cada una de las líneas, en donde se distinguen como elementos fundamentales la planta de tratamiento y la laguna de retención, de la que parten las siguientes líneas:

- La red de incendios, que alimenta a todas las instalaciones del proyecto.
- La línea de frío, para aires acondicionados.
- La línea de riego, para las zonas verdes.

Este modelo sirve como ejemplo para la iniciativa en el uso sostenible del agua basado en la reutilización, y sirviendo como base para la mejora y posterior aplicación en muchos lugares del territorio de San Salvador.



Philadelphia, Pennsylvania: Green City, Clean Waters

A medida que la ciudad de Nueva York y Filadelfia continúa creciendo, también aumenta su demanda de agua. Para satisfacer esta creciente demanda, las ciudades han recurrido cada vez más a la recolección de agua de lluvia, un proceso que captura y almacena la lluvia para su uso posterior. La recolección de agua de lluvia *“es un método sostenible para recoger y almacenar agua de lluvia para su uso futuro. Es una parte importante de la gestión de los recursos hídricos en áreas urbanas y puede ayudar a reducir las inundaciones durante eventos de lluvia intensa”* (Cooper, 2023).

Filadelfia, Pensilvania, se encuentra en la región del Atlántico Medio de la costa este de Estados Unidos. El organismo encargado del suministro de agua en Filadelfia es el Departamento de Agua de Filadelfia (PWD) (Departamento de Agua de Filadelfia, 2023), que proporciona servicios de agua potable y tratamiento de aguas residuales a más de 1,5 millones de ciudadanos. Al igual que en la ciudad de Nueva York, el PWD controla el suministro de agua, el tratamiento de aguas residuales y las instalaciones de aguas pluviales en toda Filadelfia, incluido el control de los ingresos y el presupuesto. El sistema de recolección, que está envejeciendo, consta aproximadamente de un 60% de alcantarillas combinadas y un 40% de alcantarillas separadas.

En 2011, el Departamento de Agua de Filadelfia implementó el plan "Green City, Clean Waters" para utilizar tecnologías de SUDS y reducir la contaminación de las aguas pluviales que ingresan al sistema de alcantarillado combinado. El plan, que se extiende durante 25 años, incluye una inversión total de \$2,4 mil millones, de los cuales \$1,67 mil millones se destinan a tecnologías de SUDS, \$345 millones a mejoras en las plantas de tratamiento de aguas pluviales y \$420 millones para la gestión adaptativa (ya sea SUDS o infraestructura tradicional gris) (Kathryn DePippo, 2009). El objetivo principal del programa en términos de calidad del agua es eliminar los contaminantes que de otra manera se eliminarían del 85% en volumen de las aguas residuales recolectadas en el sistema de alcantarillado combinado durante eventos de lluvia.

Desde la implementación del plan, Filadelfia ha utilizado trincheras de árboles para aguas pluviales, jardines de lluvia, humedales, pavimentos permeables y otros SUDS para manejar las aguas pluviales en su origen. Hasta 2016, cinco años después de la implementación del programa, la ciudad ha establecido 837,7 acres "verdes", superando la meta inicial. El programa en general ha llevado a una reducción de más de 1,5 mil millones de galones (5,6 mil millones de litros) de desbordamientos del sistema de alcantarillado combinado con la implementación de estos acres "verdes" y otras mejoras de infraestructura gris. Se han instalado un total de 441 sitios de SUDS. Aunque Filadelfia está en camino de alcanzar sus objetivos, la ciudad ha enfrentado desafíos similares a los de la ciudad de Nueva York, como la coordinación y aprobación con agencias de servicios públicos, que siguen siendo un desafío en la mayoría de los proyectos (Estado de Nueva York, 2015).

Otros logros destacados del Programa Green City, Clean Waters de Filadelfia incluyen los Proyectos Públicos de Infraestructura Verde para aguas pluviales, que consisten en el diseño e instalación típicos por parte del PWD u otras agencias asociadas; los Proyectos de Infraestructura Verde Incentivada, que son proyectos voluntarios de gestión de aguas pluviales en propiedades privadas como resultado directo de incentivos patrocinados por el PWD, como



el programa de facturación y crédito por aguas pluviales y subvenciones; y la Infraestructura Verde de (Re)Desarrollo, que incorpora proyectos de gestión de aguas pluviales en el lugar durante el desarrollo o la remodelación de propiedades para cumplir con las Regulaciones de Aguas Pluviales de la Ciudad de Filadelfia.

2.4. Marco Jurídico

Este trabajo de investigación se enfoca en analizar las barreras para implementar SUDS en el AMSS, y sus regulaciones jurídicas en Leyes que permiten implementarlos, gozando de protección nacional e internacional en el campo jurídico.

El Salvador ha ratificado tratados internacionales en los que directa o indirectamente adquiere responsabilidad en la gestión integral del agua, así mismo y en el marco internacional, se han dictado importantes principios en la gestión sustentable del agua, tales como los Principios contenidos en la Declaración de Dublín sobre el Agua y el Desarrollo Sostenible; las Reglas de Berlín sobre Recursos Hidráulicos y más recientemente el reconocimiento del Derecho Humano al agua y el derecho humano al saneamiento por parte de la Asamblea General de las Naciones Unidas (Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente (CIAMA), 1992).

La Constitución Salvadoreña tiene un carácter personalísimo como carta magna y referente normativo para las Leyes secundarias, en sus Artículos uno y dos (República de El Salvador, 1993). Que regula: Que el fin del Estado es la persona humana. El Salvador reconoce a la persona humana como el origen y el fin de la actividad del Estado, que está organizado para la consecución de la justicia, de la seguridad jurídica y del bien común. Asimismo, reconoce como persona humana a todo ser humano desde el instante de la concepción.

En consecuencia, es obligación del Estado asegurar a los habitantes de la República, el goce de la libertad, la salud, la cultura, el bienestar económico y la justicia social.

Enfocándose en el tema de investigación, se puede mencionar de manera general las disposiciones que regulan lo aplicable a la gestión del agua, y en particular sobre los territorios públicos en cuanto a la gestión y tratamiento de las aguas lluvias.

También, se hablará en este apartado sobre las normas que establecen regulación en cuanto a la recolección de las aguas lluvia en los territorios públicos, además sobre la gestión y el control de estas en el AMSS.

La Constitución de la República en su Art 117 establece: “*Es deber del Estado proteger los recursos naturales, así como la diversidad e integridad del medio ambiente, para garantizar el desarrollo sostenible. Se declara de interés social la protección, conservación, aprovechamiento racional, restauración o sustitución de los recursos naturales, en los términos que establezca la Ley. Se prohíbe la introducción al territorio nacional de residuos nucleares y desechos tóxicos*” (República de El Salvador, 1993).

Es importante describir el contenido normativo que mandata el ordenamiento jurídico de El Salvador, que es la base para regular las leyes especiales, implementando criterios de sostenibilidad y por ello, se analizará también reglamentos que disponen mandatos, así como políticas públicas que deben implementarse.



Esto se puede verificar en las siguientes Leyes del ordenamiento jurídico salvadoreño, se clasificará en cinco grandes ámbitos del derecho que se interrelacionan.

2.4.1. *Ley general de recursos hídricos*

En primer lugar, se deben definir los postulados sobre el recurso hídrico agua, que debe constituirse como: *“Un bien nacional de uso público, inalienable, inembargable e imprescriptible, por lo que su dominio, uso y goce pertenece a todos los habitantes del país, siendo, en consecuencia, una de las finalidades principales que debe perseguir el Estado, que permita asegurar su gestión integral, su sostenibilidad y la seguridad hídrica de la población presente y futura”* (Asamblea Legislativa, 2022, pág. 4).

En segundo lugar, existe pluralidad en diferentes cuerpos legales de mandatos que sistematizan la protección, conservación y el uso sectorial del agua.

Sin embargo, el tema de recurso hídrico de manera específica la regula la Ley especial y ordena su uso y aprovechamiento, y establece el marco legal para su administración y gestión sustentable.

Para desarrollar un enfoque legal la creciente variabilidad climática, generando irregularidades en los patrones de lluvias y excesos de precipitación que afectan a la infraestructura y afectan a la población, poniendo en riesgo la seguridad, ante estos problemas sociales sobre todo en el tema de desarrollo urbano y el mejoramiento en la infraestructura, revisten vital importancia las políticas efectivas que aborden las necesidades e intereses de la población en este ámbito jurídico para desarrollar regulaciones sobre programas legítimos para el uso y manejo de los recursos hídricos del país. Estos derechos son componentes del derecho constitucionalmente configurado a un nivel de vida adecuado y digno de las personas (Asamblea Legislativa, 2022).

El Estado, en todos sus órganos fundamentales de gobierno y sus instituciones, tienen la obligación y la responsabilidad primordial de garantizar el goce efectivo a su población de sus derechos humanos tanto en el área de saneamiento, asegurando la sustentabilidad ambiental, para las presentes y futuras generaciones, debiendo adoptar todas las políticas, legislación y medidas que conduzcan a la plena realización de este derecho al agua, su canalización y por consiguiente hacerlo más eficiente.

En virtud de todo lo anterior el agua no podrá ser privatizada bajo ninguna condición.

El Artículo dos de la presente Ley establece que *“es de orden público y la misma tiene como objeto regular la gestión integral de las aguas, su sostenibilidad, garantizar el derecho humano al agua, la seguridad hídrica para una mejor calidad de vida de todos los habitantes del país, y promover el desarrollo humano, social y económico mediante la utilización sustentable de los recursos hídricos”* (Asamblea Legislativa, 2022, pág. 3).

Que su ámbito de aplicación el artículo tres incluye todas las aguas continentales, insulares, estuarinas, marinas, subterráneas y atmosféricas, cualquiera que sea su ubicación dentro del territorio nacional, independientemente de su estado físico, calidad o condición natural, todo de conformidad al artículo 84 de la Constitución.

La finalidad de la Ley está regulada en el artículo cuatro consiste en:



1. Garantizar el ejercicio del derecho humano al agua.
2. Regular el marco normativo sobre la gestión del agua como un bien nacional, incluyendo los derechos, uso, aprovechamiento, protección, conservación y recuperación, la protección de las cuencas hidrográficas y de los ecosistemas, respetando las fases del ciclo hidrológico.
3. Realizar acciones que fomenten el saneamiento del agua a fin de garantizar la seguridad hídrica que propicie la higiene y la dignidad humana.
4. Crear la institucionalidad que ordene y articule los usos y aprovechamientos de los recursos hídricos, así como la gestión adecuada de los vertidos.
5. Desarrollar instrumentos de planificación, técnicos, legales y económicos financieros para la gestión integral del recurso.
6. Establecer la coordinación entre los organismos estatales, los gobiernos municipales, la sociedad civil, el sector académico y los sectores productivos, para una adecuada gestión del agua.
7. Promover la participación y corresponsable de la sociedad salvadoreña y en particular la equidad e igualdad entre hombres y mujeres en el acceso, uso y decisión sobre los recursos hídrico.

Es un bien nacional de uso público, el artículo 5 de esta Ley establece: “*Que el agua es un bien nacional de uso público, inalienable, inembargable e imprescriptible; su dominio, uso y goce pertenece a todos los habitantes del país; en consecuencia, no podrá ser privatizada bajo ninguna condición. Corresponde al Estado la regulación, gestión integral y administración de los recursos hídricos, de acuerdo con lo establecido en la presente Ley*” (Asamblea Legislativa, 2022, pág. 3).

Se exceptúan las aguas lluvias directamente recolectadas y almacenadas artificialmente por particulares; siempre y cuando no sean objeto de comercialización, que cause perjuicio a terceros ni afecte de forma notable otras fuentes de agua.

Aguas lluvias: “*Son aquellos resultantes como consecuencia del cielo hidrológico que se producen por el fenómeno de la evaporación con la atmósfera pasando del estado gaseoso al estado líquido y precipitándose en forma de lluvia, a la superficie terrestre de donde vuelve a evaporarse y transpirarse para continuar el ciclo*” (Asamblea Legislativa, 1998).

Alcantarillado: “*Es el conjunto o sistema de obras, instalaciones o servicios que tienen por objeto la evacuación y disposición final de las aguas residuales. Es importante destacar que es aquí donde las aguas lluvias que son diferentes a las residuales también se recogen en la misma alcantarilla*”.

Se destaca ambos conceptos ya que serán de utilidad para abordar el tema sobre la recolección de aguas en las servidumbres.

El diseño de un sistema de drenaje de aguas pluviales y control de inundaciones es un desafío, y un diseño estructural para tal sistema en el entorno urbano.

Las Leyes relativas a este tema y que han sido descritas, lo permiten, más bien la reforma legal estaría encaminada a la actualización de estas con los aportes que los comités que hacen la planeación institucional recomienden.



Estos conceptos que ha sido retomado de las Leyes ambientales regulan como debe ser el diseño para la escorrentía del agua, para el caso el sistema de alcantarillado que debe ser renovado.

Es importante destacar lo prescrito en cuanto a las aguas lluvias que para este trabajo nos interesan, que son las que se recogen y deben desaguar, a diferencia en las que son recogidas por el sistema de servidumbres en el AMSS, que por problemas como inundaciones que afectan a la población, la urbanización desordenada por construcciones y ocupación de áreas vulnerables, son factores que impiden el flujo natural del agua, las inundaciones en el área metropolitana son un problema y deben tener una solución a mediano plazo, en cuanto a la captación, conducción y utilización del recurso en lo que legítimamente está permitido.

Por ello en el Art. 44, establece que como política nacional gestionada hídrica, servirá de base para la elaboración de los planes hídricos y contiene como mínimo nueve lineamientos, que relacionan el agua de lluvia o el cuidado sostenible del agua: Como *“1. El Aprovechamiento sustentable y equitativo del recurso hídrico; 2. Gestión adecuada de las aguas superficiales o subterráneas en cantidad y calidad; 3. Uso prioritario entendido a satisfacer las necesidades humanas fundamentales, con énfasis en el uso doméstico; 4. Respeto al ciclo hidrológico y a la protección de las aguas territoriales y marinas; 5. Difusión de una cultura del agua y saneamiento que promueva la sustentabilidad y la corresponsabilidad socio ambiental; 6. Promover acciones de adaptación a los efectos del cambio climático; 7. Fomentar o incentivar el aprovechamiento de las aguas lluvias; 8. Uso eficiente del recurso hídrico, con énfasis en el subsector agropecuario, acuícola y pesquero; 9. Fomentar el reúso y reciclaje de las aguas residuales tratadas”* (Asamblea Legislativa, 2022, pág. 36).

Y como Ley principal para el aprovechamiento de aguas lluvias el Art. 66 de la presente Ley establece *“El Estado fomentará el aprovechamiento y cosecha de agua lluvia, para lo cual deberá promover programas de incentivos, cooperación nacional e internacional, financiera y técnica. La ASA emitirá los lineamientos o directrices para el aprovechamiento y cosecha de agua lluvia. Toda persona natural puede utilizar las aguas lluvias que se precipiten en su inmueble, siempre y cuando no sean objeto de comercialización, no cause perjuicios a terceros, ni afecte de forma notable otras fuentes de agua”*.

El principal problema de El Salvador con el cuidado de los recursos hídricos en el pasado era la falta de un ente que regule el uso del del agua en todo el territorio nacional, por eso se actualizó en el año 2022 y la creación de la Autoridad Salvadoreña de Agua (ASA) que su creación y función se estipula en el Art. 10 *“Créase la Autoridad Salvadoreña del Agua, que en adelante se podrá denominar ASA, como una institución oficial autónoma de derecho público, su autonomía comprenderá lo técnico, administrativo, financiero y presupuestario, con personalidad jurídica y patrimonio propio; estará adscrita al Órgano Ejecutivo a través del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. La ASA será la instancia superior, deliberativa, rectora y normativa en materia de política de los recursos hídricos”* (Asamblea Legislativa, 2022, pág. 14).

2.4.2. Ley de ordenamiento y desarrollo territorial

El Objeto de la Ley en su artículo primero regula: *“Que dicho cuerpo normativo desarrolla los principios Constitucionales relacionados con el ordenamiento y desarrollo*



territorial; además de establecer los principios rectores de la administración pública y municipal; organizar la institucionalidad que implementará la Ley y sus funciones; regular los instrumentos de planificación, programación, evaluación y de gestión territorial; así como, el régimen sancionatorio aplicable a la violación de sus disposiciones” (Asamblea Legislativa , 1993).

Dentro de la finalidad y Ámbito de Aplicación de la Ley, se establece en el postulado segundo:

Que el ámbito de aplicación del ordenamiento y desarrollo territorial comprende:

1. La utilización del suelo según su vocación.
2. La conectividad territorial y la conexión de los servicios básicos en los asentamientos humanos.
3. La protección y conservación de los recursos naturales.

La importancia de esta Ley en el ordenamiento territorial será el AMSS, los territorios de los municipios siguientes: Antiguo Cuscatlán, Apopa, Ayutuxtepeque, Cuscatancingo, Delgado, Ilopango, Mejicanos, Nejapa, Nueva San Salvador, San Martín, San Salvador, Soyapango y Tonacatepeque, que por su desarrollo urbano constituyen una sola unidad urbanística o conurbación.

2.4.3. Ley de la administración nacional de acueductos y alcantarillados (ANDA)

Esta ley tiene por objeto proveer y ayudar a los habitantes de la República, en cuanto a cómo tratar las aguas residuales en el territorio de El Salvador, tiene que ver con “acueductos y alcantarillados” (Corte suprema de justicia de El Salvador , 1961), mediante la planificación, financiación, ejecución, operación, mantenimiento, administración y explotación de las obras necesarias convenientes.

Es importante resaltar que se cita dicha disposición porque ANDA es la institución encargada en proyectos de desarrollo urbano en El Salvador.

La Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados ANDA, es una institución autónoma de servicio público que tiene por objeto proveer y ayudar a proveer a los habitantes del país acueductos y alcantarillados, mediante la planificación, financiación, ejecución, operación, mantenimiento, administración, y explotación de las obras necesarias o convenientes.

Como parte de su estructura orgánica se encuentra la Subdirección de Ingeniería y Proyectos, cuyo objetivo es coordinar y dar seguimiento a los programas de pre inversión (estudios, diseños, proyectos de acueductos y alcantarillados) y los de inversión, con base a las políticas institucionales, controlar y regular las actividades ambientales, operadoras externas, sistemas rurales, agua y saneamiento, factibilidades y seguimiento y monitoreo de proyectos que permitan suministrar el servicio eficientemente a la población que lo demanda. ANDA cuenta con una Unidad de Gestión Ambiental que representa a la institución en Comités Ambientales institucionales e interinstitucionales. Esta se encarga de coordinar, y dar seguimiento a la gestión ambiental institucional, velando por el cumplimiento de las políticas, planes, programas, proyectos y acciones ambientales a nivel institucional. Dependiendo del



sitio donde se desarrolle el proyecto, se debe solicitar una factibilidad ante la ANDA, tanto para acueductos como para alcantarillados.

Si el punto geográfico corresponde con una zona en la que ANDA posee capacidad instalada para manejar los caudales previstos, se otorga un certificado de factibilidad, luego del cual se sigue el trámite de solicitud de conexión de los servicios.

Se debe realizar un estudio de vertidos: diseñar la separación de las aguas pluviales y sanitarias de las del proceso de producción o de acuerdo con el uso de la obra finalizada.

2.4.4. Leyes medioambientales

El ministerio de medio ambiente y recursos naturales es una institución centralizada que canaliza los instrumentos de planificación local y regional, leyes que crea el MARN y establecen los planes municipales y micro municipales de reordenamiento y desarrollo sostenible (Asamblea Legislativa, 2012).

En cuanto a la problemática de construcción y urbanismo, se suma el hecho que la zona metropolitana tiene pocas áreas verdes y este es un factor de solución, además la falta de tener un plan elaborado por expertos que revisen el sistema de drenaje actual, evitando la mezcla de las diferentes aguas pluviales y residuales, evitando condiciones insalubres y peligros a la salud son factores que inciden y deben retomarse por las autoridades.

Otras alternativas es regular sobre la obligatoriedad de implementar una gestión sostenible integrada de los problemas de drenaje pluvial y control de inundaciones, un sistema de reciclaje de agua lluvia y darle el uso eficiente a este recurso.

Se han fortalecido la formación y mantenimiento de los micro drenajes y se han incorporados programas de monitoreo que evalúan el rendimiento de los sistemas, y al verificar estos mantenimientos deben proponer mejoras, al divulgar los resultados para favorecer la elaboración de instrumentos similares en otros centros urbanos de diferentes países.

Al desarrollar una propuesta o marco legal que regule el sistema de drenajes en la zona metropolitana, ayudaría a que la institucionalidad funcione eficientemente y que implementen un plan competente. Es decir, una normativa jurídica de carácter especial.

La cooperación técnica complementa y guía los esfuerzos en materia de control de inundaciones urbanas, principalmente aquellos ejecutados en el marco del programa de reducción de vulnerabilidad en San Salvador, como la construcción de una laguna de laminación en la colonia luz y dos proyectos piloto de SUDS.

Un buen sistema de drenajes trae muchos beneficios, mejora la calidad de vida favoreciendo los procesos naturales de depuración e impidiendo que las cargas contaminantes incrementen. Se ha complementado un último programa en la zona de agua y saneamiento rural ejecutado por una alianza entre el gobierno de España y el BID.

2.4.5. Ley de Carreteras y Caminos Vecinales

En El Salvador, la regulación de las aguas lluvias en las carreteras es un aspecto importante, ello con la finalidad de garantizar la seguridad vial y prevenir las inundaciones.



El país ha implementado medidas diversas para manejar y tratar de controlar el flujo de aguas lluvias durante la época lluviosa que cada invierno es más cuantioso, debido al cambio climático.

Los sumideros o alcantarillas que son estructuras ubicadas a los bordes de las carreteras o en puntos específicos para captar el agua de la lluvia. Estos están conectados a una red de alcantarillado subterráneo que transporta el agua lejos de la carretera y la descarga en un sistema de drenaje adecuado.

La presente Ley regula que las vías terrestres de comunicación y transporte de la República que se clasifican en carreteras, caminos vecinales o municipales y calles, y tiene por objeto regular lo relativo a la planificación, construcción y mantenimiento de las carreteras y caminos, así como su uso y el de las superficies inmediatas a las vías públicas, tengan el drenaje sostenible eficaz.

Las calles siguen sujetas al régimen legal bajo el que se encuentran actualmente, se consideran carreteras las vías cuyo rodamiento las hace de tránsito permanente; su planificación, construcción, mejoramiento, corresponde al Órgano Ejecutivo en el Ramo de Obras Públicas.

Atendiendo a su importancia y características geométricas las carreteras se subdividen en: Especiales, que son todas aquellas que reúnen condiciones geométricas superiores a las primarias. Primarias, las capacitadas para intensidades de tránsito superiores a dos mil vehículos promedio por día, con doce metros de plataforma, siete metros treinta centímetros de rodaje y un mínimo de siete metros noventa centímetros de rodaje en los puentes. Secundarias, las capacitadas para intensidades de tránsito comprendidas entre quinientos y dos mil vehículos promedio por día, con nueve metros cincuenta centímetros de plataforma, seis metros cincuenta centímetros de rodaje y un mínimo de siete metros cuarenta centímetros de rodaje en los puentes; Terciarias, aquellas cuya intensidad de tránsito está comprendida entre cien y quinientos vehículos promedio por día, con seis metros de plataforma, revestimiento de materiales locales selectos y un mínimo de seis metros cincuenta centímetros de rodaje en los puentes; y Rurales, las capacitadas para una intensidad de tránsito de cien vehículos promedio por día, con cinco metros de plataforma y un mínimo de tres metros de rodaje en los puentes; o que, sin llenar tales características, dicha carretera haya sido construida por el Gobierno Central.

Que el actual régimen jurídico sobre carreteras y caminos públicos, ya no responde al auge que ha tomado la construcción de éstos, por lo que es necesario actualizar en la medida que el incremento económico, agrícola o turístico del país lo demandan, las disposiciones que tienden a regular la construcción y mantenimiento de las vías públicas así como su conservación y desarrollo; lo cual debe hacerse conforme principios de orden técnico como medida eficaz; Que de igual manera se hace necesario dictar normas que regulen la construcción de edificios u otras obras que se levanten en propiedades limítrofes con las mismas vías.

Es por ello, que las practicas comunes utilizadas en la regulación de aguas lluvias son:

- Drenajes, construcción de cunetas, zanjas, y canaletas a lo largo de las carreteras para recolectar el agua y guiarla a los puntos de salida.



- Desagües, deben tener un diseño que permita antes de construirlo un estudio hidrológico para determinar la cantidad de agua lluvia que se espera captar en ellos, y el patrón de flujo, esto ayuda a determinar el tamaño y la ubicación adecuada.

El Art. 38 de la precitada ley literalmente establece: *“Los propietarios o tenedores a cualquier título de bienes raíces, están obligados a recibir y dejar correr dentro de sus predios, las aguas lluvias que desalojen las vías públicas cuando así lo determine el desnivel del terreno”* (MOP, 1969).

Asimismo, estarán en la obligación de mantener limpios y libres de obstáculos los desagües de la vía que aparten las aguas pluviales o sus predios.

Para la construcción, mejoramiento y conservación de los desagües en las vías públicas, los organismos competentes tendrán libre acceso a los fundos particulares, debiendo dar aviso con la debida anticipación al propietario, poseedor u ocupante, salvo el caso de emergencia. Los desagües deberán ser construidos en forma y a distancia tales que permitan una equitativa distribución de las aguas lluvias entre los distintos fundos adyacentes a las vías públicas.

2.4.6. Análisis de los planes, normativas y guías que establecen estándares y requisitos técnicos en la implementación de SUDS en el AMSS

Plan inicial de adaptación al cambio climático:

El Plan Inicial de Adaptación al Cambio Climático del Área Metropolitana de San Salvador (PIACC-AMSS) se realiza por el Consejo de Desarrollo Metropolitano (CODEMET) como una forma de enfrentar y fortalecerse ante el cambio climático. Se crea a partir de la recopilación de estudios de análisis de impactos y vulnerabilidades del AMSS, la participación de colectivos como asociaciones ciudadanas, empresas privadas, el sector público y privado, etc. fueron prioritarios para determinar las medidas y acciones más necesarias.

El presente Plan (OPAMSS/COAMSS, 2018) propone medidas de adaptación frente a las vulnerabilidades actuales y futuras relacionadas con el cambio climático, y también se establece las necesidades financieras, tecnológicas y de desarrollo para poder reducir la vulnerabilidad al cambio climático

El Salvador se adhirió a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en la Cumbre de Río en 1992, reconociendo la existencia y gravedad del cambio climático, en la cual se establecen objetivos como estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, prevenir interferencias peligrosas en el sistema climático, promover el desarrollo sostenible, así como muchos otros (OPAMSS/COAMSS, 2018).

Durante los últimos años, El Salvador fortalece su marco normativo e institucional para enfrentar los efectos del cambio climático, como son las Políticas Metropolitanas desarrolladas desde la Oficina de Planificación del AMSS (OPAMSS) que incluyen la Política Ambiental y el Manual de Diseño Urbano. Dichos marcos permitieron sentar las bases para



el desarrollo del Plan Nacional de Cambio Climático aprobado en 2015, el cual establece la hoja de ruta para reducir la vulnerabilidad y las pérdidas asociadas al a este fenómeno.

Aunque se han logrado avances significativos, El Salvador se sigue viendo afectado por los impactos del cambio climático, siendo unos de los principales problemas las lluvias cada vez más extremas, e incremento de la temperatura media y máxima, generando graves impactos en la zona urbana. Es por ello por lo que se han realizado esfuerzos en la implementación de Sistemas de Drenaje Pluvial Sostenible (SUDS) en nuevos desarrollos urbanísticos.

El Plan de Acción es la herramienta central del PIACC-AMSS, que organiza y define las diferentes medidas y acciones de adaptación destinadas a reducir la vulnerabilidad del AMSS, y los diferentes escenarios proyectados seguirán afectándonos y serán cada vez más severos.

Para ello, se plantean cuatro Líneas de Acción dentro del marco del Plan Inicial de Adaptación al Cambio Climático del Área Metropolitana del AMSS. La primera línea dentro del plan es con respecto al aumento de las Precipitaciones Extremas, la cual se centra en reducir la vulnerabilidad de los eventos de precipitaciones extremas, para lo que se proponen mejoras en el sistema de drenaje a través de planes de inversión y reducción de la vulnerabilidad, así como la promoción de implantación de sistemas sostenibles de drenaje pluvial (SUDS). Estos sistemas pretenden imitar el drenaje natural que existía antes del desarrollo urbano, permitiendo una gestión más eficiente y sostenible de las aguas pluviales. Los SUDS se centran en aumentar la infiltración de las aguas pluviales en el suelo y laminar el flujo en los sistemas de drenaje convencionales, buscan controlar el agua de lluvia, evitando su rápida evacuación, para reducir el riesgo de inundaciones y minimizar el impacto sobre la infraestructura urbana. Estos sistemas promueven la infiltración del agua en el suelo, lo que recarga los acuíferos subterráneos y contribuye a mantener el equilibrio hidrológico. Además, al permitir que el agua se filtre gradualmente, se reduce el riesgo de erosión y degradación del suelo.

La segunda línea de actuación propuesta dentro del PIACC-AMSS son los cambios en la Precipitación Anual, cuyo objetivo es reducir la vulnerabilidad ante la reducción de las reservas de agua en los acuíferos del AMSS y otras fuentes externas.

El aumento de la temperatura es la tercera línea de actuación, que busca reducir la exposición de la población del AMSS al aumento de las olas de calor y el efecto de las islas de calor en las ciudades. La última línea de actuación se centra en la educación, la capacitación y el conocimiento, que tiene un enfoque interdisciplinar y adaptar el AMSS incluyendo acciones de sensibilización, concienciación y educación de la población y los profesionales, con la publicación de datos e información medioambiental y sobre el cambio climático.

Normativa hábitats urbanos sostenibles del AMSS:

El propósito de la normativa es establecer criterios mínimos de sostenibilidad para el diseño y desarrollo de proyectos de construcción en el AMSS, por medio de lineamientos relacionados con:

1. Selección del sitio de intervención.
2. Eficiencia energética.



3. Manejo adecuado y utilización de materiales sostenibles.
4. **Manejo del recurso hídrico.**
5. Aplicación de criterios de diseño bioclimático.

El COAMSS-OPAMSS, que está integrada por el consejo de alcaldes y oficinas de planificación del AMSS, como una instancia comprometida con el desarrollo sostenible del AMSS, promueve a través de la normativa HAUS que significa Hábitats Urbanos sostenibles, la aplicación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, la Nueva Agenda Urbana de Hábitat III y las Contribuciones Nacionalmente Determinadas de El Salvador derivadas de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (OPAMSS/COAMSS, 2018). Dichos instrumentos reconocen el papel del sector privado, como motor de la productividad, del crecimiento económico inclusivo y de la creación de empleo, y que, desde el nivel de micro, mediana y gran empresa hasta las multinacionales pueden aportar soluciones creativas e innovadoras que faciliten el desarrollo sostenible en el país.

Estas normas de aplicación intentan responder a estos estándares internacionales y deben ser vinculantes los lineamientos normativos bases que todo proyecto o edificación debe cumplir, es decir aplicar las estrategias de sostenibilidad de las normas HAUS.

En este contexto la OPAMSS, tiene como apuesta estratégica favorecer el desarrollo sostenible del AMSS con la aplicación de la norma HAUS, con lo cual espera generar beneficios a la ciudad, a los desarrolladores e inversionistas.

De lo anterior se puede destacar, que la guía de edificaciones sostenibles formulada por la oficina de planificación del AMSS, apuestan a la mejora del medio ambiente urbano de la metrópoli con la implementación gradual de normativa HAUS en las distintas etapas de los proyectos o desarrollos urbanísticos, ya sea desde el diseño, construcción o el funcionamiento de estos.

Los objetivos del desarrollo sostenible, referente a lograr que las ciudades y asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles, reduciendo el impacto ambiental, es uno de los desafíos de este tipo de ordenanzas creadas a partir de las exigencias que el Derecho Internacional impone al país, asimismo implica que las oficinas faciliten procedimientos más expeditos.

También, la implementación de políticas y planes integrados para promover la inclusión, el uso eficiente de los recursos, en la adaptación y mitigación al cambio climático, la resiliencia ante los desastres y apoyar la construcción de edificios sostenibles a partir del uso de materiales locales, es otro reto que tienen los operadores tanto Institucionales como privados en poner en marcha estas normas que tienen un carácter técnico al momento de ejecutar las obras.

En el tema específico de agua, se plantea la utilización sostenible de este recurso, mediante:

1. La reducción de pérdidas.
2. Fomento de la reutilización del agua, su retención y recarga.

La normativa HAUS, proporciona las estrategias para edificaciones sostenibles en el AMSS, y que los diseños que se utilicen disminuyan el impacto ambiental.



Ante el análisis del desarrollo de esta ley en la estrategia número cuatro de la HAUS, acerca del manejo y aprovechamiento de agua como el desalojo y evacuación de las aguas lluvias, regula que deben realizarse a través de redes hidráulicas diseñadas eficientemente para que cumplan su función, evitando generar problemas de falta de capacidad hidráulica y fugas.

Para incentivar el manejo y utilización de las aguas lluvias se deben seguir las siguientes medidas:

Hay que asegurar que el diseño y construcción de redes sean a prueba de filtraciones (hermético) también recalcar que no se incorporen elementos susceptibles de contaminación por la mezcla de agua de diferente calidad.

Establecer estrategias de reúso del agua lluvia para conseguir beneficios adicionales al impacto hidrológico cero (de acuerdo con legislación vigente), a efecto no solo de almacenarla temporalmente sino reusarla para otras actividades. Se recomienda instalar tomas domiciliarias y redes internas separadas, marcadas y diferenciadas para su uso en riego de jardines, inodoros y mingitorios, lavado de automóviles, redes de protección contra incendio, usos recreativos y usos industriales como el enfriamiento.

Analizar la alternativa de tratamiento de agua lluvia para la infiltración y recarga artificial de acuíferos. Además, la lluvia en las ciudades debe ser un recurso aprovechable. El drenaje sostenible viene a dar soluciones a los problemas del agua de lluvia en zonas urbanizadas y a ofrecer un apoyo a la red tradicional, de alcantarillado y depuradoras.

Lo más importante, que si se requieren trámites previos deben ser lo más rápido posible, y se da la asesoría para la aplicación de normativa HAUS al proyecto.

Guía técnica para el diseño de SUDS en El AMSS

Para mejorar la gestión de las aguas lluvias, OPAMSS lleva algunos años proponiendo la implantación de SUDS en las urbanizaciones, parcelaciones y edificaciones de nueva construcción. En total hay más de 100 sistemas de detención identificados de diferente naturaleza funcionando con éxito como los pozos de infiltración de Madreselva o los tubos de detención de Torre Quattro.

Para llevar a cabo estas mejoras será imprescindible hacer frente al cambio climático, a la alta densidad urbana, a la alta proporción de terreno impermeable, al envejecimiento y deterioro de las infraestructuras y a la degradación de la calidad de las masas de agua.

Los grandes protagonistas en la gestión de las aguas de lluvia serán los Sistemas de Drenaje Sostenible para imitar así, en la medida de lo posible, el ciclo hidrológico natural.

La Guía técnica de Diseño de SUDS se divide en varios módulos, el primero trata los diferentes SUDS existentes y la problemática a la que estos habrán de enfrentarse (OPAMSS/COAMSS, 2021), en el segundo se indican los pasos a seguir en su diseño basándose en una cadena de gestión que incluye la prevención, el control del origen de la escorrentía, el control local de la zona y el control regional para volúmenes de escorrentía superiores. Se logrará así una gestión sostenible de la escorrentía.



Las fases de diseño que se explican en el segundo módulo incluyen una primera etapa de caracterización de la zona, la creación de un modelo conceptual una vez conocidos los caudales y volúmenes a gestionar, la elaboración del proyecto en sí y la redacción de un informe final (OPAMSS/COAMSS, 2021).

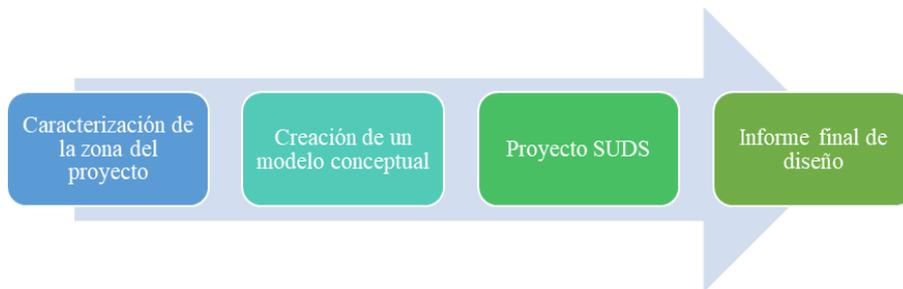


Ilustración 29: Fases del diseño de SUDS

Fuente: Elaboración propia

En el Módulo 2 también se definen los sistemas y materiales más empleados, entre los sistemas utilizados distingue los de recolección, de superficies permeables, almacenamiento, infiltración, transporte y tratamiento. Estos sistemas serán creados empleando suelos, gravas y agregados, geotextiles y geomembranas.

Posteriormente, se la guía introduce un módulo que trata de los sistemas de drenaje sostenible en profundidad. Comienza explicando las medidas ni estructurales, imprescindibles para el correcto funcionamiento de las medidas estructurales, entre otras menciona la precaución de la ciudadanía, el mantenimiento viario, la gestión de la vegetación de parques, jardines y arriates y el desarrollo urbanístico controlado.

A continuación, describe diferentes medidas estructurales tratando sus componentes básicos, tipos, modo de funcionamiento y consideraciones generales en el periodo de diseño e instalación. Estos son algunos de ellos:

- **Depósitos de recolección de lluvia:** En primer lugar, trata los depósitos de lluvia para la recolección de agua en los que el agua que precipita sobre el techo va por unas canaletas para desembocar gracias a unos bajantes en los depósitos.



Ilustración 30: Depósito de recolección de lluvia

Fuente: (OPAMSS/COAMSS, 2021)



Techos verdes: Son techos de un edificio que parcial o completamente está cubiertos por vegetación sobre una membrana impermeabilizante, además proporcionan aislamiento térmico.



Ilustración 31: Techo verde

Fuente: (OPAMSS/COAMSS, 2021)

Zanjas de infiltración: Son trincheras de poca profundidad rellenas de material poroso, a los que vierte esorrentía y recogen y almacenan el agua. Es importante tener en cuenta que siempre han de quedar por encima del nivel freático.

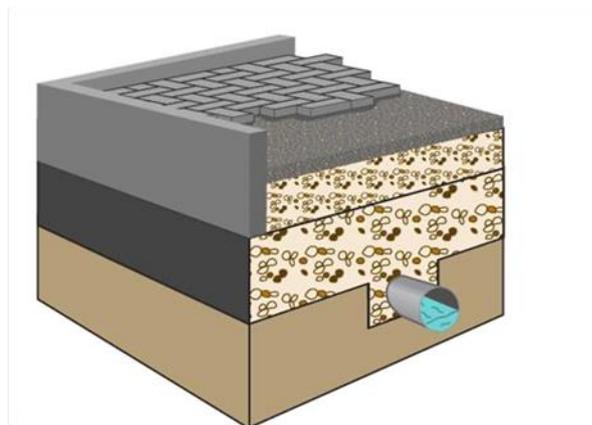


Ilustración 32: Zanja de infiltración

Fuente: (OPAMSS/COAMSS, 2021)



Lagunas de infiltración: Son depresiones poco profundas en el terreno cubiertas con grama que almacenan e infiltran el agua, transforman el flujo superficial en subterráneo y el filtrado previo de la escorrentía.

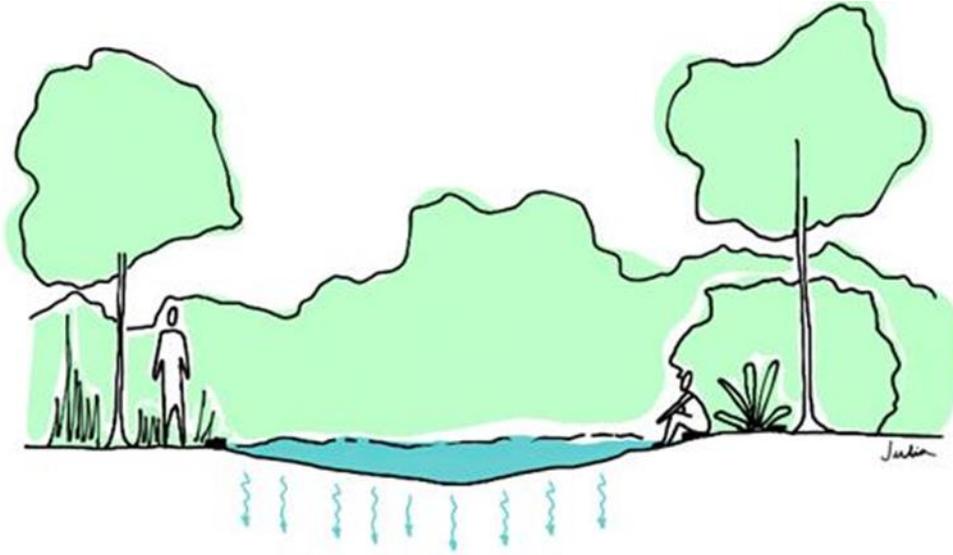


Ilustración 33: Zanja de infiltración

Fuente: (OPAMSS/COAMSS, 2021)

Cunetas verdes: Son canales que sirven para el transporte de caudal imitando el régimen natural de drenaje que escurren el agua a través de la vegetación, cubiertos con grama, de base ancha, superior al medio metro y taludes con pendiente baja. Deben generar lentas velocidades en el agua circulante para que las partículas puedan sedimentarse y no se produzca erosión.

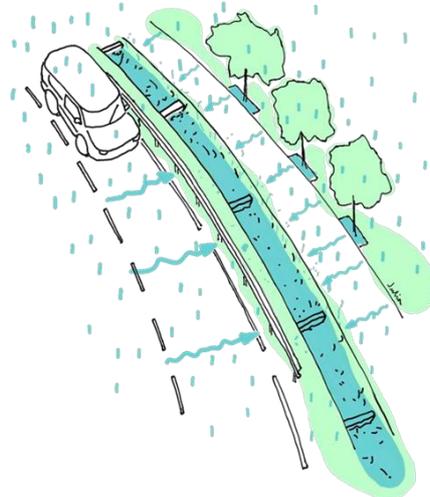


Ilustración 34: Cuneta verde

Fuente: (OPAMSS/COAMSS, 2021)



Áreas de biorretención: Un área de biorretención captura la escorrentía superficial y hace que el agua se filtre gracias a las diferentes capas que la componen. A medida que el agua se filtra, los contaminantes se eliminan mediante mecanismos como la adsorción, la actividad microbiana, la absorción por parte de las plantas, la sedimentación y la filtración.

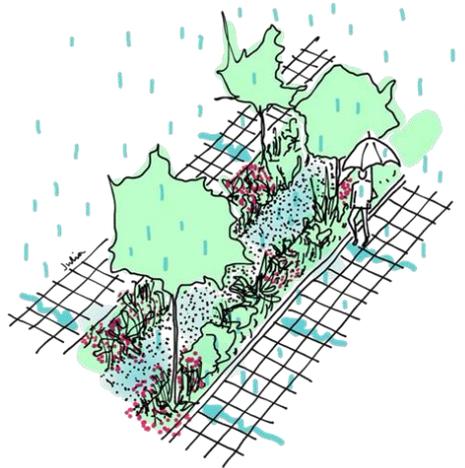


Ilustración 35: Área de biorretención

Fuente: (OPAMSS/COAMSS, 2021)

Franjas filtrantes: Las franjas filtrantes son áreas uniformes, anchas, con una pendiente suave y cubiertas con una densa grama. Imitan el régimen del drenaje natural, permiten que el agua escurra a través de la vegetación a baja velocidad facilitando la filtración de las partículas suspendidas y ralentizando la velocidad del flujo.

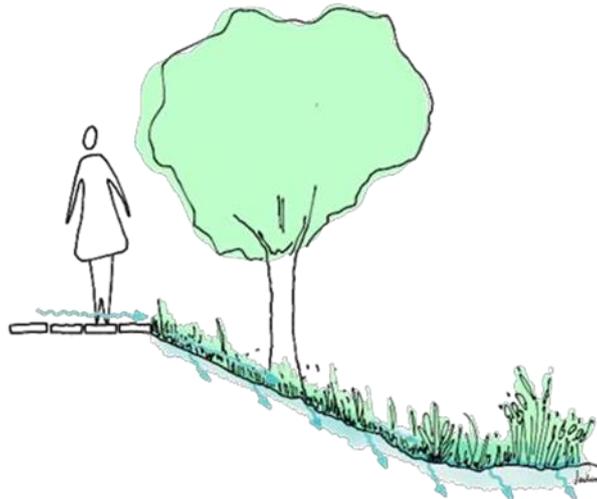


Ilustración 36: Franja filtrante

Fuente: (OPAMSS/COAMSS, 2021)

Estanques de laminación: Son depósitos de almacenamiento a cielo abierto que se hechos para vaciarse por completo tras un periodo relativamente corto después de una tormenta. Su objetivo fundamental es la laminación de caudales.

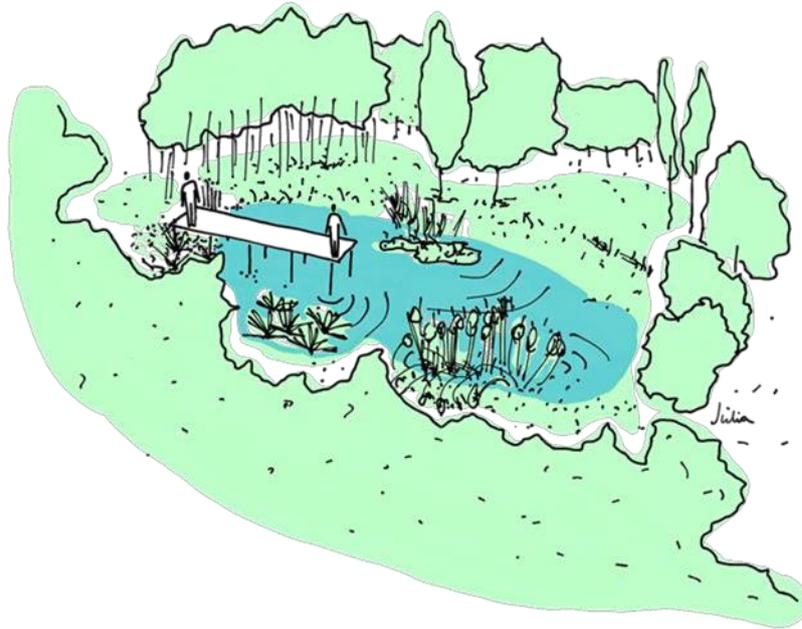


Ilustración 37: Estanque de laminación

Fuente: (OPAMSS/COAMSS, 2021)

En el Módulo 4 se tratan ejemplos de diferentes diseños de SUDS utilizados en el AMSS como ejemplo se comentan dos tipos (OPAMSS/COAMSS, 2021).

El primero es un depósito de pluviales en las oficinas de OPAMSS-COAMSS para el que se comienza caracterizando la zona, tal y como explica la Ilustración 29 conociendo sus datos de pluviometría y antecedentes. El modelo será creado posteriormente con los respectivos cálculos y balances correspondientes.

El modelo será creado siguiendo un procedimiento específico para este tipo de sistemas de drenaje teniendo en cuenta la necesidad de un mantenimiento periódico durante su vida útil.

El segundo ejemplo trata sobre la instalación de un pavimento permeable, en este caso el objetivo principal será cumplir con las restricciones definidas por OPAMSS para la obtención del permiso Factibilidad de Aguas Lluvias para espacio delantero de una casa. En este caso se trata una parte verde de grama y un aparcamiento. Se procederá de forma homóloga al caso anterior, sin embargo, en este caso se requerirán más cálculos al tratarse de un proceso en el que la selección de materiales es decisiva para el correcto funcionamiento de la estructura. Además, una vez definidas las dimensiones y el material habrá también de comprobarse si la salida del excedente se produce de forma segura, es decir, en forma de lámina de agua.



3. Metodología de la investigación

En este tercer capítulo de la identificación de barreras a la implementación de SUDS en el AMSS, se describirá detalladamente la metodología utilizada para diseñar y aplicar un cuestionario que permita conocer la percepción técnica de los profesionales y docentes en el área de construcción que estén relacionados con la investigación, operación, diseño y mantenimiento de los recursos hídricos en el AMSS, con el objetivo de obtener información valiosa que contribuya a la identificación de las percepciones, conocimientos y experiencias de los expertos en el campo.

3.1. Tipo de investigación

El abordaje de la investigación se realizará bajo el enfoque mixto o multimodal, a través del método secuencial explicativo, donde será posible recolectar, analizar y vincular datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio. Primero se llevará a cabo la fase de recopilación y análisis de datos cualitativos, como lo son grupos focales y la aplicación de entrevistas semiestructuradas, seguida de una fase de recopilación y análisis de datos cuantitativos con ayuda de cuestionarios en línea. La idea es utilizar los datos cualitativos para explorar y comprender cuales son las barreras a las que se enfrentan los SUDS para su implementación en el AMSS, y luego utilizar los datos cuantitativos para generar y validar los hallazgos cualitativos en una muestra más amplia.

3.2. Unidad de análisis

La investigación se realizará por medio de entrevistas dirigidas a docentes y profesionales especialistas en la aplicación, diseño, mantenimiento y operación de SUDS en el AMSS, así como también la construcción de un cuestionario en base a los hallazgos e hipótesis descubiertas en las entrevistas semiestructuradas, este cuestionario incluirá preguntas cerradas de opción múltiples que serán impartidos a los docentes y profesionales en el área de construcción que tienen relación con el diseño, construcción, operación, financiamiento, investigación y mantenimiento de los recursos hídricos en el AMSS. Este cuestionario permitirá obtener datos numéricos para su posterior análisis estadístico.

3.3. Variables y medición

3.3.1. Definición de variables

A. Variables cualitativas

- A.1. Percepción de los actores involucrados en la implementación de SUDS
- A.2. Barreras institucionales y políticas
- A.3. Factores socioeconómicos y culturales
- A.4. Experiencias y conocimientos técnicos

B. Variables cuantitativas

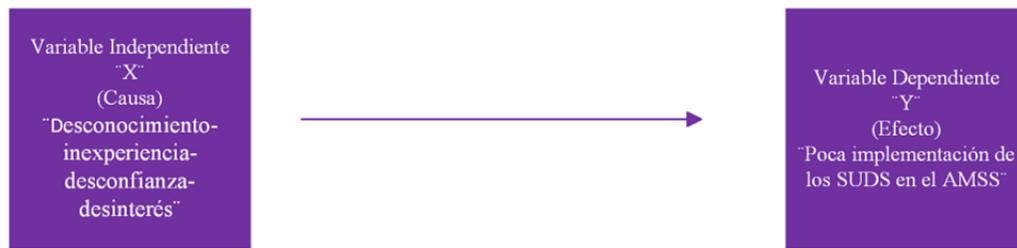


Ilustración 38: Variables cuantitativas

Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Indicadores y su medición

A. Indicadores Cualitativos

- A.1. Indicador: Perspectiva de los actores clave (docentes y profesionales involucrados en el recurso hídrico) sobre las barreras a las que se enfrentan los SUDS en el AMSS.
- A.2. Indicador: Identificación de obstáculos legales o normativos que dificultan la implementación de SUDS en el AMSS.
- A.3. Indicador: Análisis de la influencia de la cultura local y las prácticas tradicionales de construcción en la implementación de SUDS.
- A.4. Indicador: Experiencias y lecciones aprendidas de profesionales y expertos en el diseño de la implementación de SUDS.

B. Indicadores Cuantitativos

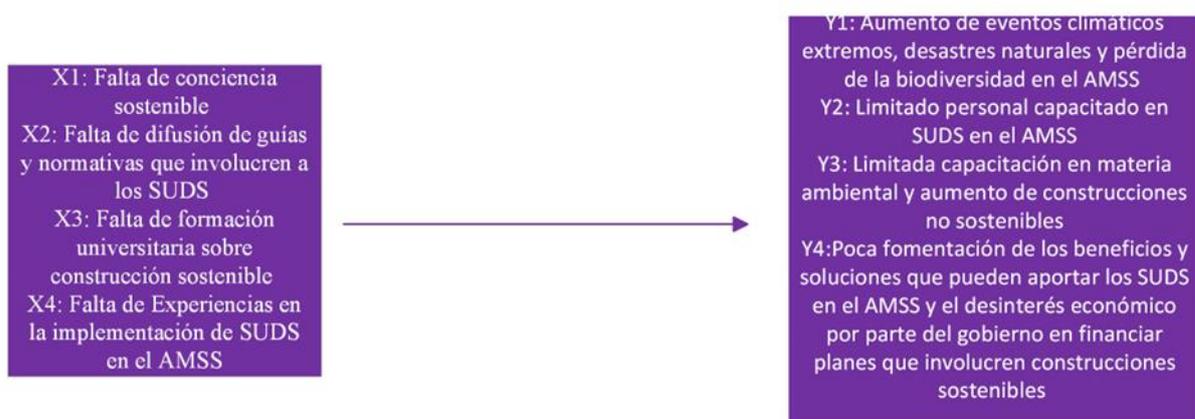


Ilustración 39: Indicadores cuantitativos

Fuente: Elaboración propia

3.3.3. Instrumentos de medición

A. Instrumentos de medición cualitativos

1. Grupos focales: Consistirá en reunir cinco personas expertas en la implementación de SUDS en el AMSS, este grupo estará compuesto por docentes y profesionales del



área, públicas y privadas, para ver diferentes las barreras de los drenajes sostenibles en el área urbana de San Salvador y municipios aledaños, permitiendo una lluvia de ideas si no la interacción de los participantes.

2. Entrevistas: Las entrevistas semiestructuradas permitirán obtener datos detallados sobre las experiencias, opiniones y perspectivas de los distintos participantes del grupo de enfoque, serán preguntas a partir de una guía, pero permite la flexibilidad para explorar los temas emergentes. Este instrumento se pasó a un grupo de ingenieros del área gubernamental, dos del área privado y un docente, que al obtener el primer bloque de respuestas se depuraron las preguntas más adecuadas de acuerdo con los objetivos de la investigación.
3. Observación participante: Esto implicará la interacción entre los participantes del grupo focal y el investigador.

B. Instrumentos de medición cuantitativos

1. Cuestionarios estructurados: Son formularios con preguntas estandarizadas y respuestas predefinidas en base a los hallazgos y opiniones del grupo focal. Los participantes seleccionarán las respuestas que mejor se ajusten a sus situaciones o opiniones. Los cuestionarios serán administrados en formato electrónico.
2. Escalas de clasificación: Se utilizarán dentro del cuestionario para clasificar características o variables según la escala ordinal. Por ejemplo, en una escala de clasificación puede solicitar a los usuarios que clasifiquen su nivel de satisfacción en una escala del uno al cinco donde “1” es “muy insatisfecho” y “5” es “muy satisfecho”.

3.3.4. *Técnicas, procedimientos y materiales para emplearse en la recopilación de información*

Para someter a prueba la hipótesis de trabajo se utilizarán las técnicas de verificación siguientes: la encuesta, la entrevista y la técnica de trabajo documental.

Además, es importante elegir la aplicación más adecuada para la realización de las entrevistas y el cuestionario. Debido a las experiencias exitosas en anteriores investigaciones de la universidad y por disponer de las licencias, se han utilizado las siguientes plataformas:

- Microsoft Forms: Es una herramienta en línea, creada por Microsoft, que permite realizar encuestas, cuestionarios y formularios de manera sencilla. Sus funciones más importantes son la recopilación de datos, en el caso del cuestionario a crear en esta investigación permitirá la creación de preguntas de opción múltiple, respuestas cortas, escalas de calificación también facilita la evaluación y retroalimentación de los encuestados creando informes y gráficos para analizar las respuestas y obtener información valiosa.
- Microsoft Teams: Es una plataforma de colaboración y comunicación empresarial desarrollada por Microsoft, proporciona equipos de trabajo en tiempo real para poder compartir archivos, realizar llamadas, videoconferencias y realizar reuniones virtuales.

El procedimiento para la construcción y posterior elaboración del cuestionario se realizará en base al diseño exploratorio secuencial mostrado en el Esquema DEXPLOS el cual implicará una fase inicial de recolección y análisis de datos cualitativos seguida de otra donde se recaban y analizan datos cuantitativos.



Ilustración 40: Esquema DEXPLOS

Fuente: (B.L., 2014)

A partir de este esquema se realiza una serie de Pasos para la elaboración del cuestionario en el que se relacionara tanto la fase cualitativa como cuantitativa:



Ilustración 41: Pasos para la elaboración del cuestionario

Fuente: Elaboración propia

3.4. Elaboración del cuestionario

3.4.1. Trabajo documental

El trabajo documental para la elaboración del cuestionario se lleva a cabo en el marco teórico del presente trabajo, en el cual se recolectaron los antecedentes de la zona a estudiar, los conceptos relacionados al tema de drenajes urbanos sostenibles en el AMSS, agentes participantes en la toma, diseño y mantenimiento de los SUDS, marco referencial y otros puntos importantes para crear las entrevistas, las secciones del cuestionario y las hipótesis de partida.

3.4.2. Desarrollo del grupo focal

Una vez elaborado el trabajo documental y la identificación de las instituciones relacionada con el diseño, mantenimiento, operación e investigación de los SUDS en el AMSS,



se construye un grupo pequeño de usuarios con experiencia en el tema con el objetivo de aportar información adicional a la ya realizada por el investigador. La información de cada uno de los integrantes del grupo focal se tratará de forma anónima y estos son:

Tabla 2: Integrantes grupo focal

Fuente: Elaboración propia

Integran- tes	Titulación Universita- ria	Especialidad	Área de Tra- bajo	Ámbito Pro- fesional	Empresa
Inte- grante 1	Ingeniero Civil	Maestría en recursos hí- dricos	Área hidrología hidráulica de la direc- ción de plani- ficación de la obra pública	Institución Guberna- mental	Ministerio de Obras Pú- blicas y de Transporte
Inte- grante 2	Ingeniero Civil	Maestría en hidrología y manejo del recurso del agua	Técnico en Gestión Hí- drica OPAMSS	Institución Guberna- mental /Ca- rácter munici- pal	Oficina de Planifica- ción del AMSS
Inte- grante 3	Ingeniero Civil	Maestría en gestión y ma- nejo de desastres por inundaciones	Investigadora en Unidad Ambiental en OPAMSS	Institución Guberna- mental /Ca- rácter munici- pal	Oficina de Planifica- ción del AMSS
Inte- grante 4	Ingeniero Civil	Especialista en hidrología y medioam- biente	Docente Uni- versidad Na- cional de El Salvador	Universidad pública	Universidad Nacional de El Salvador
Inte- grante 5	Ingeniero Civil		Instalaciones Sanitarias. Diseño y Manteni- miento	Empresa Pri- vada	Amanco



3.4.3. *Elaboración de entrevistas*

Para el análisis temático será necesaria la elaboración de entrevistas semiestructuras, como ejemplo de las preguntas que se llevaron a cabo a diversos integrantes del grupo focal y que fueron contestadas a través de la plataforma de Teams son:

Preguntas para el sector privado:

1. En su punto de vista ¿Los planes de urbanismo han tenido éxito en mejorar el desorden urbanístico que se ha presentado en los últimos años en el AMSS (AMSS)?
2. Las páginas aportadas por el ministerio de ambiente y recursos naturales para dar información como los datos pluviométricos (SNET), el servicio meteorológico nacional. ¿Considera que son de acceso sencillo y aportan todos los datos útiles para elaborar un Sistema Urbano de Drenaje Sostenible (SUDS)?
3. En su línea de trabajo y formación, ¿Ha observado en sus compañeros o docentes un interés en el tema de sostenibilidad en el ámbito de la construcción como lo puede ser los drenajes sostenibles?
4. En su opinión, ¿Las entidades correspondientes a la creación de guías y manuales de SUDS, han hecho un buen trabajo en promocionar e incentivar la construcción de drenajes sostenibles en el área de construcción en el AMSS?
5. Los factores socioeconómicos y culturales, tales como la poca enseñanza del cuidado medioambiental ¿Le resultan un factor desencadenante en la falta de interés de realizar drenajes sostenibles?
6. Las leyes de Aguas y las entidades responsables de la regulación del agua, ¿Estima que tienen en cuenta las aguas de lluvia a la hora de generar planes y normativas nuevas, como también crear fondos para la construcción de SUDS en el AMSS?
7. Al ser un integrante que trabaja en el sector privado, ¿Considera que su opinión es valorada por el gobierno con respecto a la toma y manejo del agua?
8. ¿Qué barreras ha podido observar en la implementación de SUDS en el AMSS?

Preguntas para el sector público:

1. Considera que a partir de la construcción de la Guía Técnica para el diseño de SUDS en el AMSS ¿Se ha logrado reducir la rueda de desconocimiento- desinterés- inexperiencia -desconfianza- desconocimiento?
2. ¿Qué obstáculos legales o normativos existen que dificultan la implementación de los SUDS en el AMSS?
3. ¿Cuál es el nivel de coordinación y colaboración entre las diferentes instituciones públicas responsables del manejo del agua y el desarrollo urbano en relación con los SUDS en el AMSS?
4. ¿Cuál es la disponibilidad de recursos financieros y técnicos para la implementación de los SUDS en el AMSS por parte de las instituciones públicas?



5. ¿Existen programas de capacitación y sensibilización dirigidos a las instituciones públicas para promover la comprensión y adopción de los SUDS en el AMSS?
6. ¿Cómo pueden las instituciones públicas fomentar la participación y el compromiso de los actores locales, como la comunidad y el sector privado, en la implementación de los SUDS en el AMSS y superar las barreras existentes?
7. ¿Cuáles son las principales barreras identificadas por las instituciones públicas para la implementación de los SUDS en el AMSS?

Preguntas para los profesores:

1. ¿Qué nivel de conocimiento considera que tienen los docentes sobre los SUDS y su importancia en el manejo del agua y la mitigación de inundaciones en el AMSS?
2. ¿Cuáles son las principales barreras o desafíos que puede identificar como con relación a la implementación de los SUDS en el AMSS?
3. ¿Cómo perciben los docentes la disponibilidad de recursos educativos y materiales relacionados con los SUDS para incluir en sus programas de enseñanza
4. ¿Qué acciones o estrategias se están implementando actualmente en las escuelas para sensibilizar a los estudiantes sobre la importancia de los SUDS y cómo pueden contribuir a su implementación en el AMSS?
5. ¿Existe alguna colaboración o coordinación entre las universidades públicas o privadas para promover la educación sobre los SUDS en el AMSS?
6. ¿Qué tipo de capacitación o apoyo adicional necesitan los docentes para mejorar su conocimiento y enseñanza sobre los SUDS en el AMSS?
7. ¿Cuáles son las expectativas y metas a largo plazo de los docentes con relación a la integración de los SUDS en el currículum educativo y su impacto en el AMSS?

3.4.4. Creación modelo de partida

Sección 1: En esta sección del cuestionario será necesario responder a las siguientes preguntas para conocer el perfil técnico del usuario y así poder segmentar la muestra de participantes en grupos homogéneos según su nivel de experiencia o conocimiento.

1. Profesión
2. Género
3. Edad
4. ¿En qué ámbito se desarrolla principalmente su actividad profesional?
5. ¿Cuál es su formación previa?
6. Introduzca la o las titulaciones universitarias previas
7. Escriba la entidad en la que se encuentra laborando actualmente



Sección 2: En esta sección del cuestionario se pide la valoración y aplicabilidad que se ha tenido sobre los planes, programas y normativas que relacionan y promueven los SUDS (SUDS) en el AMSS (AMSS).

8. Valore su grado de conocimiento sobre el Plan Inicial de adaptación al Cambio Climático (Valore de 1- muy bajo a 5-muy alto)
9. Valore el grado de conocimiento sobre la Normativa de hábitats Urbanos Sostenibles (HAUS) (Valore de 1- muy bajo a 5-muy alto)
10. Desde la publicación de la guía HAUS, ¿Cuál ha sido el porcentaje de aplicabilidad que ha tenido dentro de su línea de trabajo, tanto para proyectos nuevos como anteriores a la publicación?
11. Valore su grado de conocimiento sobre la Guía técnica para el diseño de SUDS en el AMSS (Valore de 1-muy bajo a 5-muy alto)
12. ¿Conoce algún plan, normativa, programa o guías que promuevan la aplicación de SUDS en el AMSS?

Sección 3: En esta sección, se valora el conocimiento sobre los drenajes sostenibles y su terminología.

13. A lo largo de su formación universitaria y laboral, ¿se ha encontrado con alguna de estas nomenclaturas?
14. Valore su grado de conocimiento sobre los SUDS (Valore de 1-muy bajo a 5-muy alto)
15. Valore su grado de conocimiento sobre los beneficios de los SUDS (Valore de 1-muy bajo a 5-muy alto)
16. ¿Conoce la diferencia entre drenaje sostenible y drenaje convencional?
17. Valore su grado de conocimiento sobre el funcionamiento de los SUDS (Valore de 1-muy bajo a 5-muy alto)

Sección 4: Valoración sobre las técnicas de drenaje sostenible aplicada en el AMSS.

18. Valore su grado de conocimiento sobre los desafíos a los que se enfrentan los drenajes en el AMSS (Valore de 1-muy bajo a 5-muy alto)
19. Valore su grado de conocimiento sobre las soluciones que aportan los SUDS en el AMSS (Valore de 1-muy bajo a 5-muy alto)
20. Con base a la experiencia que ha tenido en la implementación de las técnicas de SUDS en el AMSS, ¿Cómo calificaría su éxito dentro de sus proyectos? (Valore de 1-muy bajo a 5-muy alto)
21. Valore su grado de conocimiento sobre el procedimiento de diseño de un Sistema Urbano de Drenaje Sostenible (Valore de 1-muy bajo a 5-muy alto)

22. ¿Ha recibido algún tipo de formación sobre las herramientas que permiten ayudar al proyectista a la realización del diseño y dimensionamiento de SUDS?

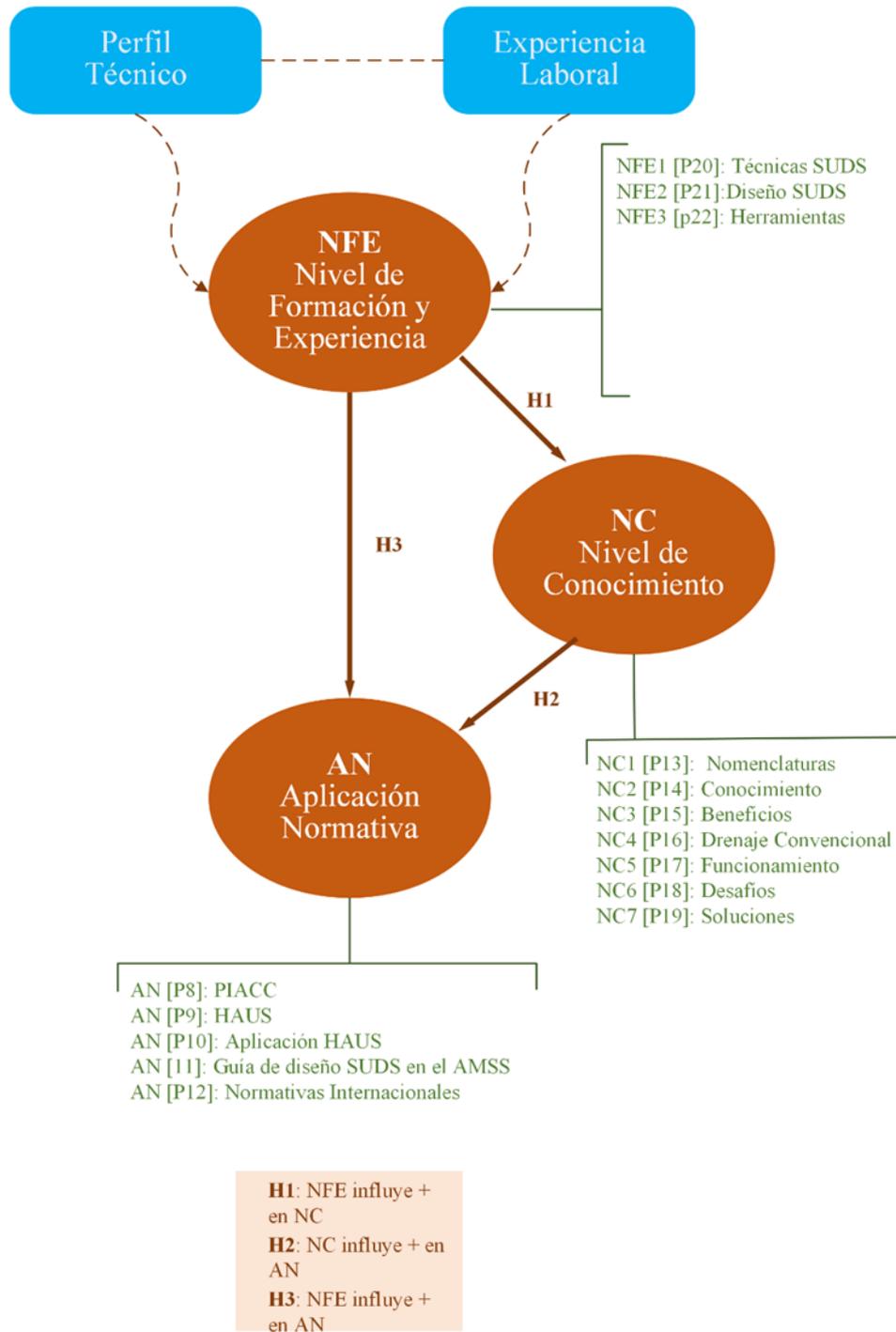


Ilustración 42: Modelo de partida

Fuente: Elaboración propia



3.4.5. *Hipótesis del trabajo a partir del modelo de partida*

Dentro del esquema, se plantean tres hipótesis de relación e influencia entre las secciones:

- Primera Hipótesis (H1): El Nivel de Formación y Experiencia (NFE) influye positivamente en el Nivel de Conciencia (NC).
- Segunda Hipótesis (H2): El Nivel de Conciencia (NC) influye positivamente en la Aplicación de las Normativas (AN).
- Tercera Hipótesis (H3): El Nivel de Formación y Experiencia (NFE) influye positivamente en la Aplicación de las Normativas (AN).

3.4.6. *Evaluación del Cuestionario*

Una vez elaborada una primera versión del cuestionario con sus distintas secciones e hipótesis, se procede a lanzar dicho cuestionario al grupo focal, estos expertos contribuirán con el análisis de cada una de las secciones, proponiendo modificaciones.

Esto será indispensable para proponer nuevas preguntas de interés y la corrección de errores en la redacción de cada una de las preguntas.

A continuación, se presentan los diferentes pasos para la evaluación y modificación del cuestionario:

1. Elaboración de entrevistas con los integrantes del grupo focal, se puede hacer en grupos reducidos o al mismo tiempo.
2. Informar sobre el objetivo del cuestionario y las hipótesis iniciales.
3. Realizar una primera lectura, para analizar detenidamente todas las preguntas e incorporar comentarios para su futura modificación.
4. En una segunda lectura, se comparten los comentarios realizados por los distintos participantes del grupo focal y se realizan modificaciones de las preguntas que puedan tener un doble significado.
5. Desarrollar en Microsoft Forms el cuestionario final, añadiendo una fecha límite de respuesta y el anonimato de cada uno de los participantes.
6. Compartir el cuestionario a docentes y profesionales en el área de construcción que estén relacionados con el diseño, operación, financiamiento, investigación y mantenimiento de los recursos hídricos.
7. Por último, tabular las respuestas obtenidas en un Excel para proceder con el análisis final.

3.4.7. *Reformulación del cuestionario*

Tras la revisión por parte de los integrantes del grupo focal, se realizó la modificación del cuestionario de partida. En total se tiene veinticuatro cuestiones y cuatro secciones, a continuación, se presenta el cuestionario final:

Cuestionario Final:



Sección 1: El objetivo de esta sección es obtener información sobre el perfil de origen del usuario, para lo que será necesario responder a las distintas preguntas.

1. Profesión
2. Género
3. Elija rango de edad
4. ¿En qué ámbito se desarrolla principalmente su actividad profesional?
5. ¿Cuál es su formación previa?
6. Por favor, introduzca la o las titulaciones universitarias de su formación previa
7. Escriba la entidad en la que se encuentra laborando actualmente

Sección 2: Se pide evaluar la normativa HAUS, y conocer el alcance que ha tenido esta herramienta en su unidad de trabajo, específicamente en el manejo sostenible, aprovechamiento del agua y sostenibilidad en general.

Hábitats Urbanos Sostenibles del AMSS (HAUS): Ha sido elaborada por la Oficina de Planificación del AMSS (AMSS). En ella se plantean estrategias y se establecen criterios mínimos de sostenibilidad para el diseño y desarrollo de proyectos de construcción en el AMSS, específicamente los lineamientos del recurso hídrico.

Sostenibilidad: Es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones, garantizando el equilibrio entre el crecimiento económico, el cuidado del medio ambiente y el bienestar social.

8. Medir dentro de la escala, el nivel de formación que adquirió en su carrera profesional sobre el manejo y aprovechamiento sostenible del recurso hídrico (Valore de 1- muy bajo o nulo a 5-muy alto).
9. Medir dentro de la escala, el grado de conciencia de desarrollo sostenible que posee la empresa en donde usted trabaja (Valore de 1- muy bajo o nulo a 5-muy alto).
10. ¿Desde la publicación de la guía HAUS, ¿Cuál ha sido el porcentaje de aplicabilidad que ha tenido dentro de su línea de trabajo, tanto para proyectos nuevos como anteriores a la publicación?
11. Además de la guía HAUS, ¿Ha aplicado alguna otra normativa, planes, publicación, programas internacionales o nacionales que mejoran lo establecido por la guía, para el tema de manejo y aprovechamiento sostenible del agua?
12. ¿Por cuál de estas razones has aplicado la normativa de HAUS?
13. ¿Dónde aplicó este concepto de HAUS?
14. ¿Ha considerado aplicaciones de sostenibilidad, utilizando el agua de lluvia para sus nuevos proyectos?

Sección 3: En esta sección, se valora el conocimiento sobre los SUDS y su terminología.



15. A lo largo de su formación universitaria y laboral, ¿se ha encontrado con alguna de estas nomenclaturas?
16. Valore su grado de conocimiento sobre los SUDS (Valore de 1- muy bajo- a 5- muy alto)
17. Valore su grado de conocimiento sobre los objetivos de los SUDS (Valore 1- muy bajo-a 5-muy alto)
18. De qué forma conoció el tema de SUDS
19. ¿Ha diseñado y aplicado, alguna de estas técnicas SUDS en el AMSS?

Sección 4: Valoración sobre proyectos y normativa aplicada a los SUDS en el AMSS.

20. Valore su grado de conocimiento sobre las soluciones que aportan los SUDS en el AMSS (Valore de 1- muy bajo a 5-muy alto).
21. Valore su grado de conocimiento sobre como cuantificar los beneficios económicos de los SUDS, en el proyecto donde se va a integrar
22. ¿Ha hecho uso de la guía técnica para el diseño de SUDS en el AMSS?
23. Si respondió si, que problema buscaba resolver en el proyecto participado, elegir una o varias de las respuestas
24. Con base a la experiencia que ha tenido en la implementación de las técnicas de SUDS en el AMSS, ¿Como calificaría su éxito dentro de sus proyectos?
25. ¿Conoce algún proyecto de SUDS llevado a cabo en el AMSS? Si es así escribir alguno ejemplo por favor.
26. ¿Ha recibido algún tipo de formación sobre las herramientas que permiten ayudar al proyectista a la realización del diseño y el mantenimiento de SUDS?

Tras las modificaciones del cuestionario el nuevo modelo de análisis de variables es reflejado en la siguiente

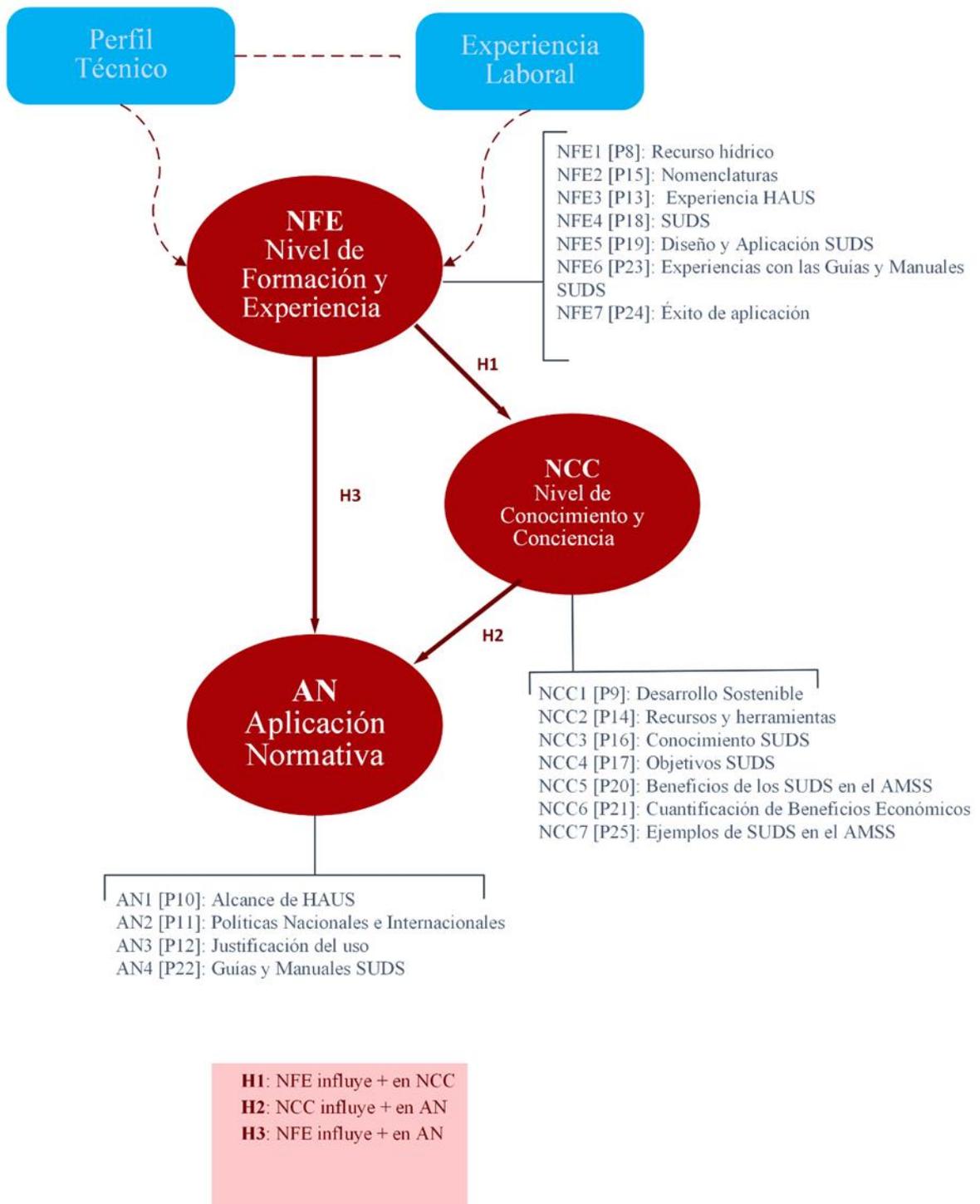


Ilustración 43: Modelo final

Fuente: Elaboración propia



Dentro del esquema, se plantean tres hipótesis de relación e influencia entre las secciones:

- Primera Hipótesis (H1): El Nivel de Formación y Experiencia (NFE) influye positivamente en el Nivel de Conciencia y Conciencia (NCC).
- Segunda Hipótesis (H2): El Nivel de Conocimiento y Conciencia (NCC) influye positivamente en la Aplicación de las Normativas (AN).
- Tercera Hipótesis (H3): El Nivel de Formación y Experiencia (NFE) influye positivamente en la Aplicación de las Normativas (AN).

3.4.8. Difusión del cuestionario

El cuestionario será difundido a través de la plataforma de Microsoft Forms, siguiendo las estrategias mencionadas anteriormente, durante el periodo comprendido del 1 de enero de 2023 al 1 de mayo de 2023 para posteriormente ser tabulados. Se enviarán correos electrónicos a los participantes potenciales, se publicarán mensajes en las redes sociales y se difundirá por medio del grupo focal. Además, se aprovecharán grupos y comunidades en línea relacionados con el tema de investigación para compartir el cuestionario. Con estas acciones, se espera alcanzar a una amplia audiencia y obtener una respuesta significativa que contribuya a los objetivos de la investigación.



4. Resultados de la Investigación

En este cuarto capítulo se facilitan los resultados obtenidos de la encuesta final, junto a la discusión de la información y datos recogidos.

4.1. Presentación de los resultados

En este cuarto capítulo se facilitan los resultados obtenidos en la encuesta final, junto a la discusión de la información y datos recogidos.

Sección 1: El objetivo de esta sección es obtener información sobre el perfil de origen del usuario, para lo que será necesario responder a las distintas preguntas.

Pregunta 1: Profesión

Ingeniero químico Ingeniero Civil Especialidad Hidráulica
Ingeniería Civil
Ingeniera Civil
Ing Civil Hidrogeólogo Arquitecto Ing. Civil Hidrología
MBA

Ilustración 44: Profesión

Fuente: Elaboración propia

Entre las respuestas obtenidas, el ochenta y nueve por ciento de los encuestados posee el grado de ingeniería civil, esto se puede ver a que son los actores primarios en el diseño y construcción de infraestructuras debido a su conocimiento técnico. También puede ser el resultado de la estrategia de difusión que ha seguido la investigación, centrándose inicialmente en profesionales relacionados con el tema de drenajes sostenibles y los agentes gubernamentales involucrados en el diseño, operación, mantenimiento e investigación de los SUDS en el AMSS. Dos personas contestaron arquitectura y uno hidrogeología, es importante destacar que los drenajes sostenibles no son responsabilidad exclusiva de los ingenieros civiles, si no que requiere la colaboración y participación de múltiples actores, el cuestionario puede ser un reflejo de que los actores expertos sobre el recurso hídrico este dominado por el campo de la ingeniería civil.

Pregunta 2: Género

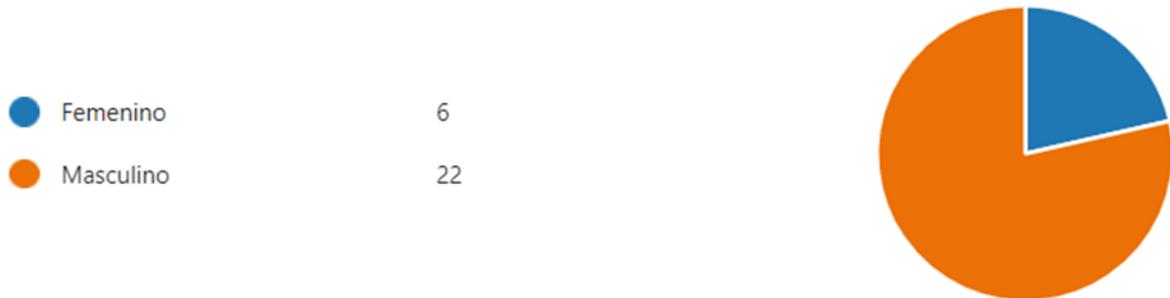


Ilustración 45: Género

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico se aprecia que la participación masculina es mayor que la del género femenino, por lo que se puede comprobar que existe un desequilibrio en el sector de gestión hídrica en el AMSS. Este punto es importante a la hora de realizar normativas, guías, planes o investigaciones de los SUDS en áreas parecidas a las de San Salvador, debido a que las experiencias y perspectivas propuestas por el género femenino son de vital importancia en relación con el agua y por ende el drenaje urbano. La participación del género femenino permite contribuir un enfoque en las necesidades específicas de las mujeres, como el acceso a servicios sanitarios adecuados, la seguridad en el entorno urbano y la gestión de las inundaciones, que pueden afectar de manera diferente a hombres y mujeres. La necesidad de implementar políticas de igualdad asociadas con la práctica profesional de los SUDS es no solo una consideración si no que una necesidad para futuros diseños del drenaje.

Pregunta 3: Elija rango de edad

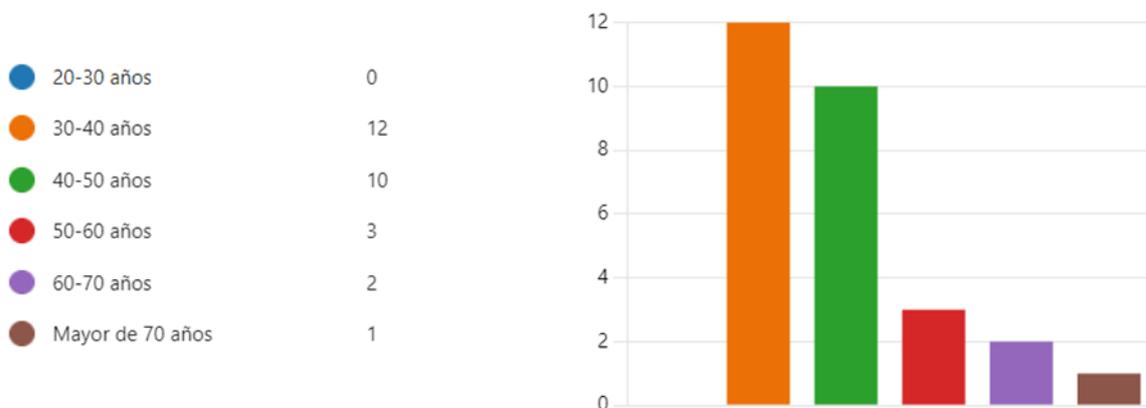


Ilustración 46: Rango de edad

Fuente: Elaboración propia

La distribución de edades entre los encuestados es significativamente mayor en el rango de los treinta y cuarenta años, le sigue el rango de los cuarenta y cincuenta años. Esto puede atribuirse a que las investigaciones de los drenajes sostenibles comenzaron en el año dos mil dos, como también los planes y normativas que incitaban las políticas de sostenibilidad se establecieron en la década de los noventa y fueron en aumento hasta la fecha. Debido a que la investigación está dirigida a expertos en el tema de gestión de los recursos hídricos existe una ausencia de participantes en los rangos de veinte y treinta años, ya que estos posiblemente no tengan experiencia suficiente con los drenajes sostenibles o debido a la estrategia que ha seguido la investigación. Aunque es importante resaltar que las nuevas normativas, planes y guías que involucren a todo lo relacionado en el diseño de SUDS realice un impacto significativo en la formación y conciencia sostenible en las nuevas generaciones.

Pregunta 4: ¿En qué ámbito se desarrolla principalmente su actividad profesional?

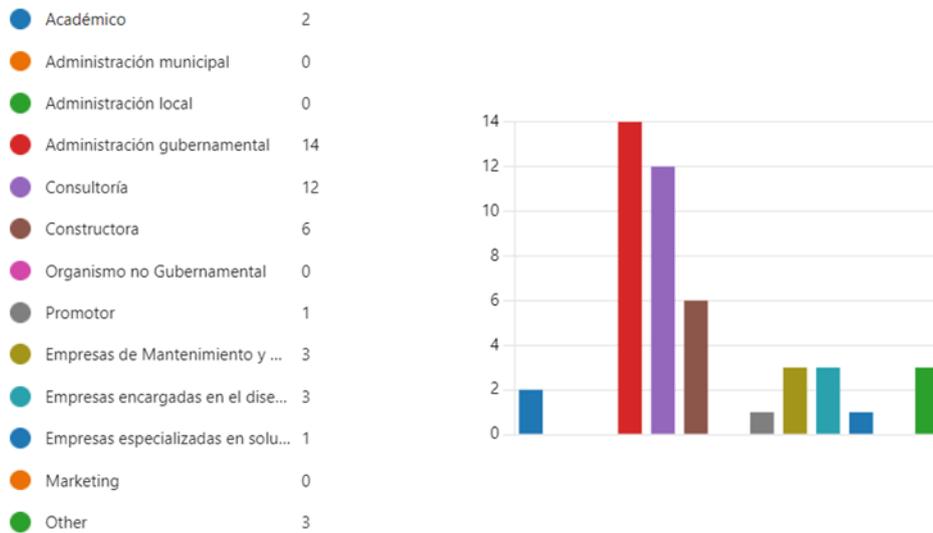


Ilustración 47: Actividad profesional

Fuente: Elaboración propia

La mayoría de los encuestados respondieron administración gubernamental, lo que se puede concluir como un resultado positivo para la implementación de SUDS en el AMSS, ya que estos agentes pueden influenciar tanto en la creación como en el cumplimiento de normativas nacionales e internacionales relacionados con el desarrollo sostenible, la adaptación al cambio climático y la gestión integrada del agua, todo ello con el fin de disminuir la vulnerabilidad a la que se enfrenta El Salvador ante los desastres naturales y los eventos extremos.

Le sigue el ámbito profesional siendo las más significativas las constructoras, empresas encargadas y especializadas en aportar diseños y soluciones sostenibles en los drenajes, es esencial que este sector se enfoque en impulsar la sostenibilidad en los proyectos de construcción como lo pueden ser las técnicas de infraestructura verde. La colaboración entre el sector público y el privado es integral para promover una gestión más eficiente de los recursos hídricos, a partir de las entrevistas semiestructuradas elaboradas en la investigación cualitativa se obtuvo la conclusión que existe una brecha de comunicación entre ambos sectores,



debido a la ausencia de dialogo ante la creación de normativas regulatorias de las aguas pluviales.

Otro importante dato, que arroja este gráfico es la ausencia de docentes en la participación del cuestionario, esto se puede deber a la dificultad de establecer una comunicación con los docentes de las instituciones universitarias encargadas de impartir programas académicos en el ámbito de la gestión hídrica tanto a nivel de grado como de posgrado, esto trasciende significativamente en llegar a una conclusión sobre las formas de educación sostenible impartida por estas instituciones.

Pregunta 5: ¿Cuál es su formación previa?

● Grado universitario	11
● Máster universitario	19
● Doctorado	0



Ilustración 48: Formación previa

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que ningún encuestado respondió a doctorado, y la mayoría de los encuestados poseen un máster universitario, cabe mencionar que, aunque no es necesario que los profesionales posean doctorados o posgrados para la implementación de SUDS, si bien puede proporcionar un nivel avanzado de conocimientos y experiencia en el campo de estudio, la implementación de SUDS puede involucrar una variedad de disciplinas y habilidades. La experiencia práctica, la formación continua y la participación en programas de desarrollo desempeñan un papel importante en la adquisición de habilidades para la implementación de SUDS de manera exitosa.



Pregunta 6: Por favor, introduzca la o las titulaciones universitarias de su formación previa



Ilustración 49: Titulaciones universitarias

Fuente: Elaboración propia

La mayoría de las personas encuestadas proceden de titulaciones asociadas a la ingeniería civil y maestrías relacionadas a la gestión hídrica, entre las más destacadas son: La mitigación de inundaciones, gestión ambiental, hidrología subterránea, medio ambiente y desarrollo sostenible, gestión integral del agua entre otros. Como se mencionaba en la anterior pregunta no es necesario un nivel de formación de posgrado, pero esta puede resultar beneficiosa para componer un equipo multidisciplinario con conocimientos en ingeniería civil, hidrología, diseño urbano, planificación, gestión de recursos hídricos y otras áreas relacionadas para garantizar una implementación.

Pregunta 7: Escriba la entidad en la que se encuentra laborando actualmente



Ilustración 50: Entidad laboral

Fuente: Elaboración propia

Como se reflejó en la pregunta cuatro las instituciones públicas predominan las respuestas de la encuesta, la más notoria con un treinta y seis por ciento de los encuestados es el Ministerio de Obras Públicas (MOP), es importante su participación en el cuestionario puesto que esta entidad establece normativas y regulaciones relacionadas con el diseño, construcción y operación de infraestructuras de drenaje en el país, su enfoque en el financiamiento y mantenimiento es importante para un buen funcionamiento de los SUDS, en el caso de la Oficina de planificación del AMSS solo hubo dos encuestados pero conviene resaltar que en las



entrevistas la OPAMSS es la entidad pionera en la formación de SUDS para todos los involucrados en el área de la construcción lo que influye positivamente en la promoción de la implementación de estos sistemas en los futuros proyectos, otra institución importante es la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) con únicamente dos respuestas. El treinta y nueve por ciento recae en las empresas privadas.

Sección 2: Se pide evaluar la normativa HAUS, y conocer el alcance que ha tenido esta herramienta en su unidad de trabajo, específicamente en el manejo sostenible, aprovechamiento del agua y sostenibilidad en general.

Pregunta 8: Medir dentro de la escala, el nivel de formación que adquirió en su carrera profesional sobre el manejo y aprovechamiento sostenible del recurso hídrico (Valore de 1- muy bajo o nulo a 5-muy alto)

3.75
Average Rating

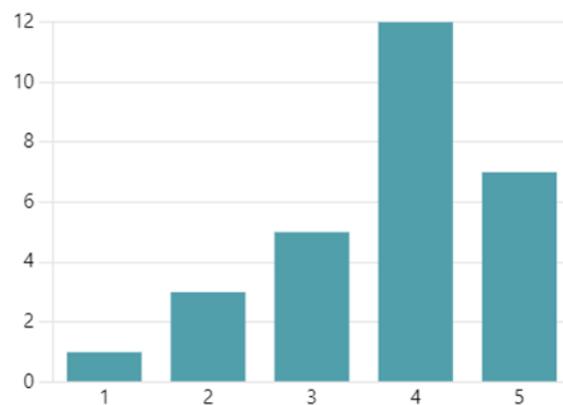


Ilustración 51: Nivel de formación del recurso hídrico

Fuente: Elaboración propia

El veinticinco por ciento de los encuestados manifiestan haber tenido una formación alta sobre el manejo y aprovechamiento sostenible del recurso hídrico, esto impacta positivamente en la incorporación de técnicas sostenibles en los proyectos de construcción.

Pregunta 9: Medir dentro de la escala, el grado de conciencia de desarrollo sostenible que posee la empresa en donde usted trabaja (Valore de 1- muy bajo o nulo a 5-muy alto)

4.00
Average Rating

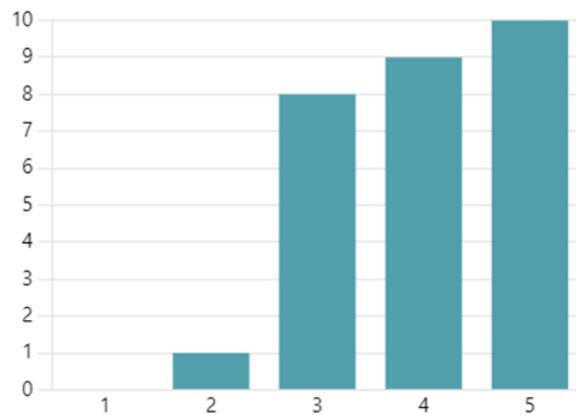


Ilustración 52: Conciencia sostenible dentro de las empresas del AMSS

Fuente: Elaboración propia

El treinta y seis por ciento clasifico a la empresa donde trabaja con un alto grado de conciencia de desarrollo sostenible, el promedio refleja que todos los participantes laboran en empresas con una conciencia sostenible alta y solo el cuatro por ciento no.

Pregunta 10: ¿Desde la publicación de la guía HAUS, ¿Cuál ha sido el porcentaje de aplicabilidad que ha tenido dentro de su línea de trabajo, tanto para proyectos nuevos como anteriores a la publicación?

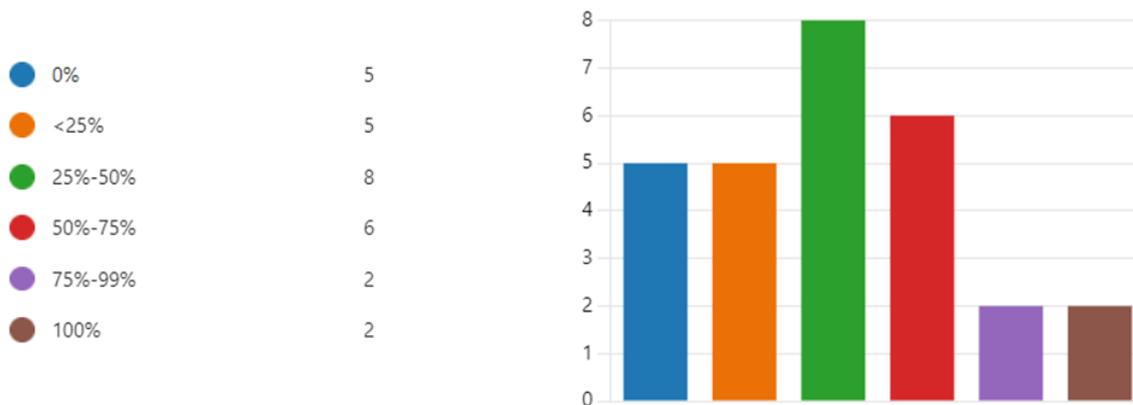


Ilustración 53: Aplicación HAUS

Fuente: Elaboración propia

El baremo de respuestas sobre la aplicación de la normativa HAUS sigue una distribución similar a lo normal, concentrándose la mayoría en los porcentajes del veinticinco y cincuenta por ciento, lo que se puede concluir que la implementación de esta normativa a sido muy baja para el tiempo que lleva vigente, esto se puede deber a que no es de carácter obligatoria y por ende los usuarios no están interesados en aplicar estas estrategias o la normativa necesita una actualización.

Pregunta 11: Además de la guía HAUS, ¿Ha aplicado alguna otra normativa, planes, publicación, programas internacionales o nacionales que mejoran lo establecido por la guía, para el tema de manejo y aprovechamiento sostenible del agua?

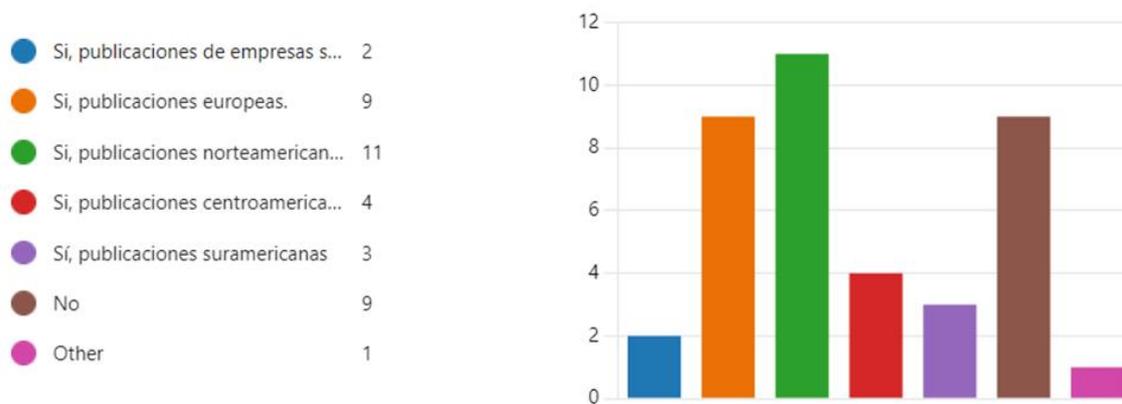


Ilustración 54: Publicaciones Internacionales

Fuente: Elaboración propia

En efecto la gran parte de los participantes han hecho uso de planes , normativas, publicaciones y programas internaciones o nacionales, por lo que es necesario una actualización de la normativa que homologue procedimientos o técnicas internacionales, en el gráfico se observa que las publicaciones europeas fueron altamente utilizadas por los encuestados, esto se puede deber al incremento de políticas y regulaciones que fomenten el uso de técnicas sostenibles de gestión de aguas pluviales en el entorno urbano por parte de los países europeos. Además, la Unión Europea ha establecido directivas y normativas ambientales que abordan la implementación de SUDS en sus entornos urbanos.

Los planes más utilizados por los participantes de la encuesta fueron las publicaciones norteamericanas , ya que Norteamérica se encuentra activamente en la incorporación de estos sistemas, incluso en varias ciudades de Estados Unidos se ha adoptado la ordenanzas y directrices que requieren la incorporación de técnicas de gestión de aguas pluviales en proyectos de infraestructura como lo son la captura y reutilización de agua de lluvia, la infiltración en el suelo, los techos verdes, entre otros.

Le siguen las publicaciones salvadoreñas, centroamericanas y suramericanas, con nueve encuestados en total, debido a la similitud entre los países centroamericanos los estudios realizados repercuten positivamente en la adopción de estos sistemas para el AMSS, ya que al

tener éxito en regiones con clima, topografía, urbanización, factores socioeconómicos y culturales similares a los de San Salvador disminuye la rueda de desinterés e inexperiencia, introduciendo nuevas pautas a las que se puedan ver beneficiadas los SUDS.

Pregunta 12: ¿Por cuál de estas razones has aplicado la normativa de HAUS?

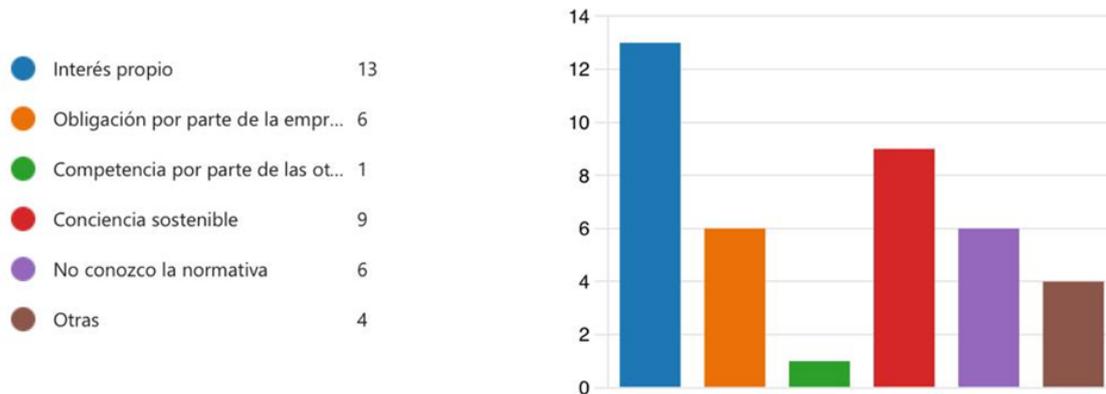


Ilustración 55: Razón de aplicación HAUS

Fuente: Elaboración propia

Trece personas respondieron que, por interés propio, nueve por conciencia sostenible, y seis por obligación por parte de la empresa, se puede concluir que en efecto la mayoría de los participantes y sus empresas poseen una alta experiencia en la aplicación de la normativa. Pero seis de los veintiocho encuestados no conocían la normativa entre ellas se encuentran trabajadores del MOP.

Pregunta 13: ¿Dónde aplicó este concepto de HAUS?

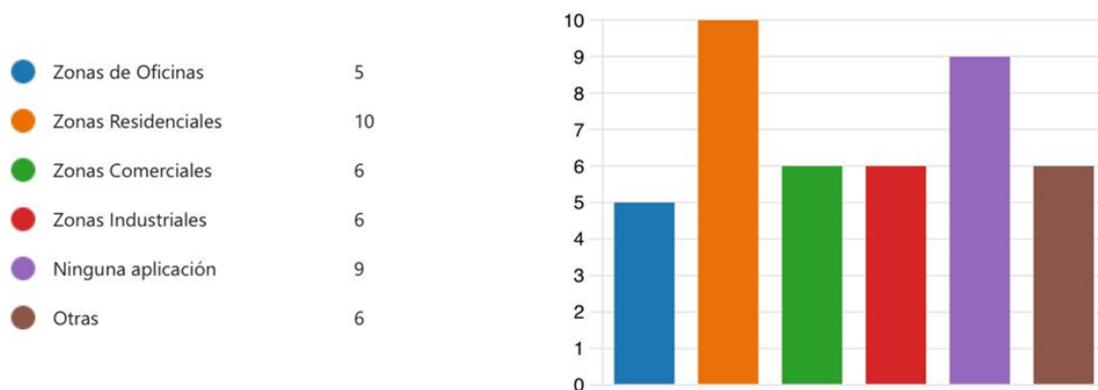


Ilustración 56: Zona de aplicación HAUS

Fuente: Elaboración propia

Nueve de los encuestados no realizaron ninguna aplicación de la normativa, y la mayoría fueron aplicadas en zonas residenciales.

Pregunta 14: Ha considerado aplicaciones de sostenibilidad, utilizando el agua de lluvia para sus nuevos proyectos?



Ilustración 57: Aplicaciones de sostenibilidad con agua de lluvia

Fuente: Elaboración propia

Cinco de los participantes nunca consideraron aplicaciones de sostenibilidad, y los demás ya realizar o consideraron estas aplicaciones. El interés y la fomentación por parte de los profesionales es importante para aumentar las construcciones sostenibles en el AMSS.

Sección 3: En esta sección, se valora el conocimiento sobre los SUDS y su terminología.

Pregunta 15: A lo largo de su formación universitaria y laboral, ¿se ha encontrado con alguna de estas nomenclaturas?

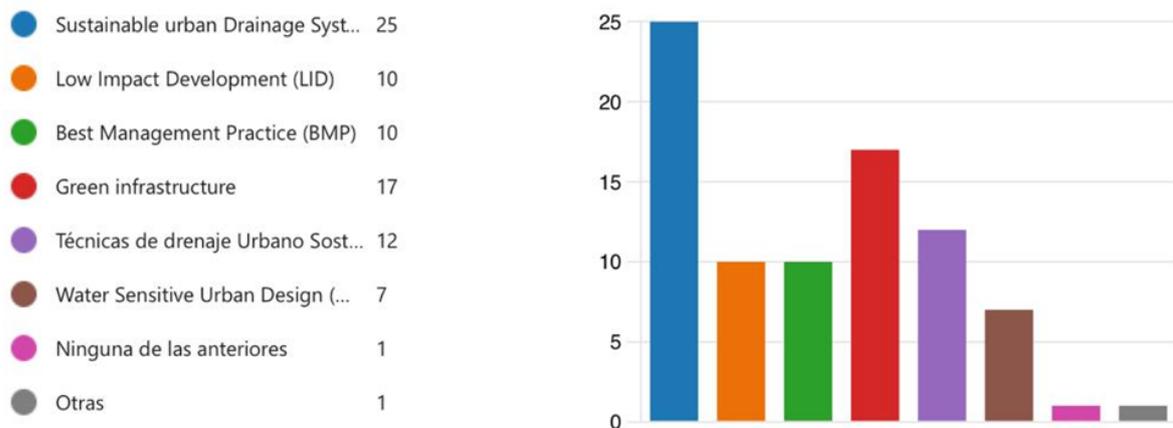


Ilustración 58: Nomenclatura SUDS

Fuente: Elaboración propia



Casi el cien por ciento de los encuestados se ha encontrado con alguna de estas nomenclaturas, la mayoría conoce la terminología propuesta por Reino Unido o por agencias medioambientales de Estados Unidos. Por tanto, se puede concluir que, aunque la mayoría no conozca a profundidad el concepto de SUDS si se ha trabajado con estas terminologías.

Pregunta 16: Valore su grado de conocimiento sobre los SUDS (Valore de 1- muy bajo-a 5-muy alto)

3.54
Clasificación promedio

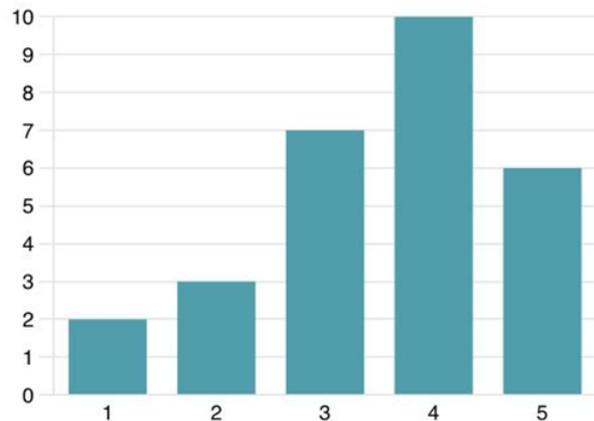


Ilustración 59: Conocimiento SUDS por profesionales y docentes en el AMSS

Fuente: Elaboración propia

En relación con las respuestas obtenidas, se observa que el promedio de las respuestas está por encima de la media, la mayoría de los participantes conocen el tema, esto influirá positivamente en el aumento de diseños sostenibles en el área de construcción y asegura que los profesionales puedan mejorar la eficiencia hídrica y la mejora del entorno urbano.

Pregunta 17: Valore su grado de conocimiento sobre los objetivos de los SUDS (Valore 1- muy bajo-a 5-muy alto)

3.71
Clasificación promedio

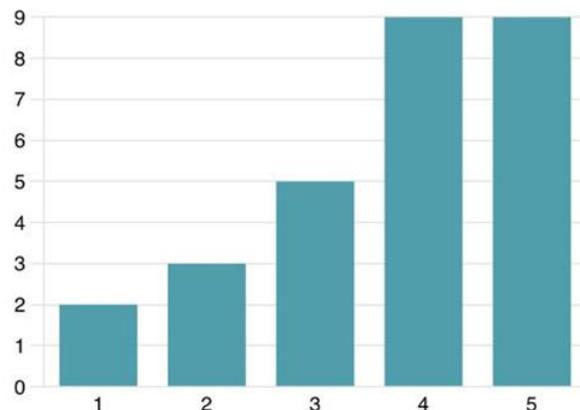


Ilustración 60: Objetivos SUDS

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico se observa que la mayoría conoce los objetivos de los SUDS, y esto puede incidir en la aplicación de estos sistemas en el AMSS, al tener un alto grado de conocimiento por parte de los profesionales que trabajan con los recursos hídricos implicará en un aumento de infraestructuras que mejoren la calidad de agua, la prevención de inundaciones, el aumento de la biodiversidad y el hábitat entre otros, dentro del AMSS.

Pregunta 18: ¿De qué forma conoció el tema de SUDS?

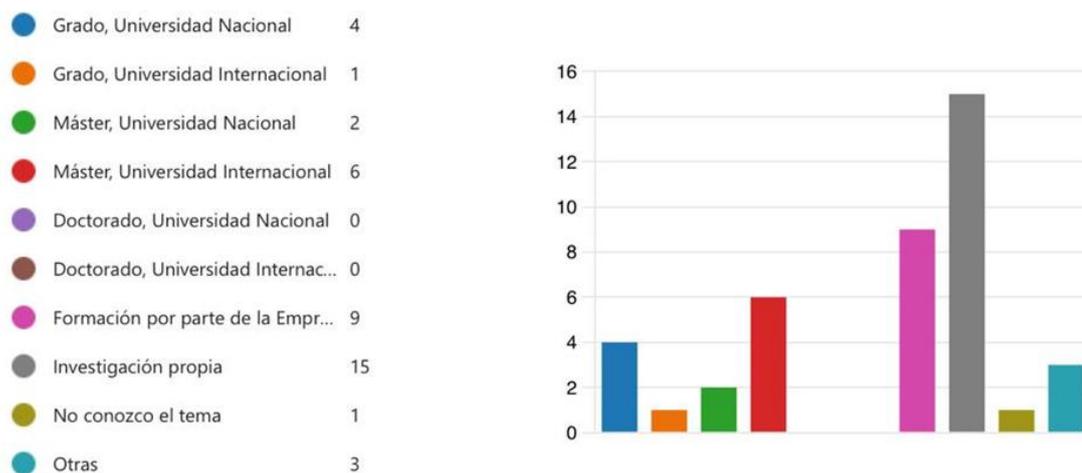


Ilustración 61: Formación SUDS

Fuente: Elaboración propia

Conforme a los resultados se puede suponer que la mayoría de los profesionales han adquirido su conocimiento sobre los SUDS por parte de interés propio (quince respuestas sobre investigación propia) o formación por parte de la empresa (nueve respuestas) y no a través de grados o másteres nacionales, sugiere que existe un interés y una conciencia creciente sobre la importancia de estos sistemas más allá del ámbito académico formal.

Esto puede ser un indicativo de que la formación por parte de los grados sobre los SUDS es deficiente y más por parte de las universidades salvadoreñas, y que la información de estos sistemas es más accesible a través de otras plataformas y además hace un reflejo de la preocupación que cada vez es mayor por la sostenibilidad ambiental y la gestión adecuada de los recursos hídricos en el área de construcción por parte de los profesionales del AMSS.

Esto plantea la importancia de promover la educación y la divulgación sobre los SUDS más allá de los programas académicos específicos, fundamentalmente por parte de las instituciones educativas, las organizaciones gubernamentales y las entidades relacionadas con el agua y medioambiente proporcionen más información y recursos accesibles no solo a los profesionales si no a la sociedad en general. Con este efecto se crea más interés y se actualizan los planes de educación ambiental en las universidades nacionales. Una de las personas respondió que conoció el tema por sus compañeros de trabajo.

Pregunta 19: ¿Ha diseñado y aplicado, alguna de estas técnicas SUDS en el AMSS?

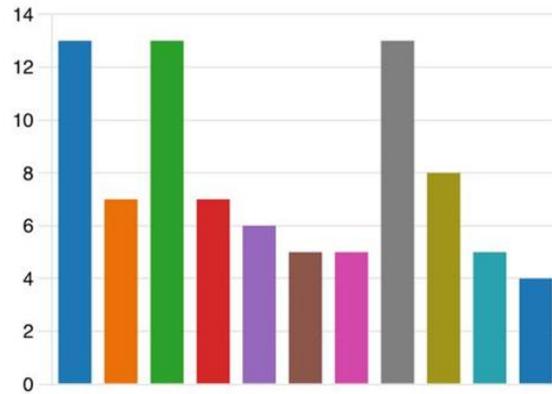


Ilustración 62: Aplicación técnicas SUDS en el AMSS

Fuente: Elaboración propia

La experiencia con las técnicas de SUDS brindan varios beneficios significativos la alta mayoría ha realizado depósitos de lluvia, superficies permeables, depósitos de detención, lagunas de infiltración entre otras, ayudando a cambiar la resiliencia frente al cambio climático y disminuye el miedo e inexperiencia por parte de los profesionales en aplicar estas técnicas. Solo cuatro personas contestaron que no conocían los beneficios ni diseños de ninguna de estas técnicas.

Sección 4: Valoración sobre proyectos y normativa aplicada a los SUDS en el AMSS.

Pregunta 20: Valore su grado de conocimiento sobre las soluciones que aportan los SUDS en el AMSS (Valore de 1- muy bajo a 5-muy alto)

3.54
Clasificación promedio

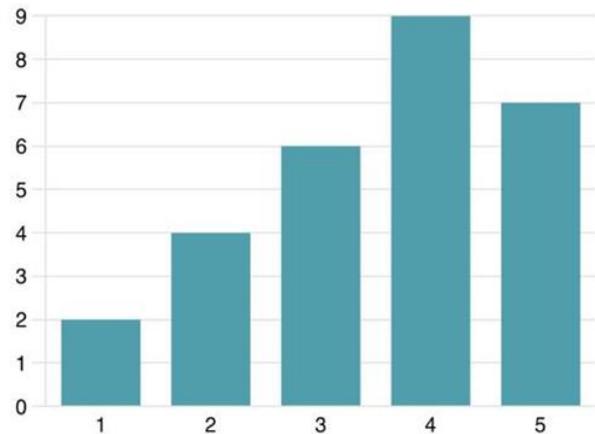


Ilustración 63: Soluciones SUDS a problemas del AMSS

Fuente: Elaboración propia

En cuanto al conocimiento de las soluciones que aportan los SUDS en el AMSS, se puede concluir que la mayoría de los profesionales son conocedores de los desafíos a los que se enfrenta el AMSS en materia de drenaje para el siglo XXI, y por ende es menor los diseños inadecuados como lo son los drenajes convencionales que no aportan enfoques sostenibles, la disminución de la dependencia excesiva de los drenajes convencionales que hasta ahorita se tiene en el AMSS los cuales son los resultantes de inundaciones y daños de propiedad , entre otras consecuencias positivas.

Solo seis de las personas encuestadas que respondieron a esta pregunta tienen conocimiento mínimo o nulo sobre los beneficios, esto incrementa el impacto ambiental sostenible en toda el AMSS.

Pregunta 21: alore su grado de conocimiento sobre ¿Como cuantificar los beneficios económicos de los SUDS, en el proyecto donde se va a integrar?

3.11
Clasificación promedio

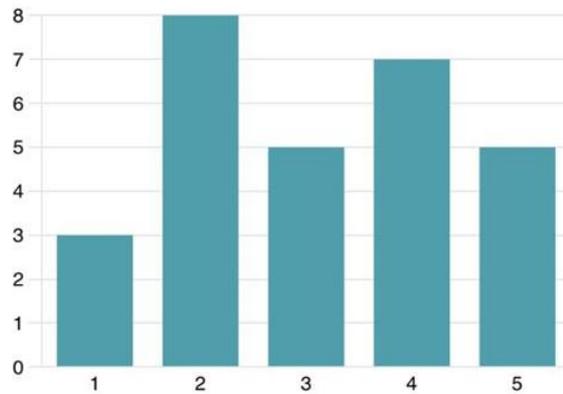


Ilustración 64: Cuantización de los beneficios económicos de los SUDS

Fuente: Elaboración propia

La mayoría de los profesionales poseen poca o medio conocimiento sobre como cuantificar los beneficios económicos de los SUDS, esto puede generar problemas al justificar la información de un proyecto, sin el respaldo sólidos y la demostración del retorno de la inversión es difícil convencer a los tomadores de decisiones y financiamiento sobre la viabilidad y la rentabilidad de los proyectos.

La falta de conocimiento puede afectar la falta de comparabilidad entre diferentes enfoques y alternativas de SUDS, esto podría conllevar a tomar enfoques menos sostenibles desde el punto de vista económico.

Pregunta 22: ¿Ha hecho uso de la guía técnica para el diseño de SUDS en el AMSS?

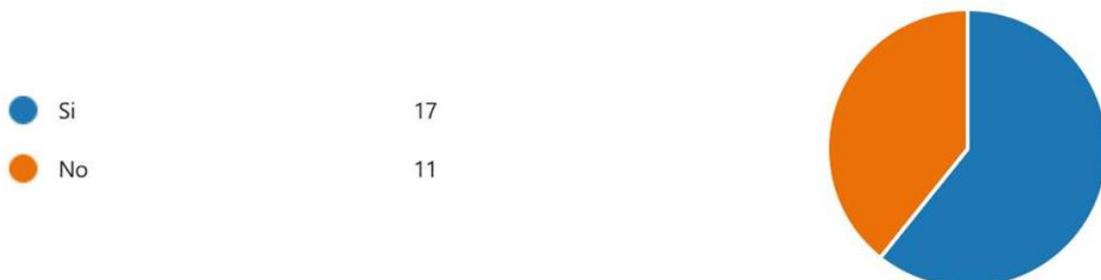


Ilustración 65: Uso Guía de técnica para el diseño de SUDS en el AMSS

Fuente: Elaboración propia

La guía técnica ha realizado un gran alcance por parte de los profesionales encuestados, puesto solo el treinta y nueve de los usuarios nunca ha hecho uso de la guía, esto plantea a que los programas y planes están haciendo efectos positivos en el área de construcción. Pero es necesario aumentar su promoción en los grados y posgrados nacionales, para ser aplicada

no solo por parte de especialistas en la gestión de recursos hídricos, sino que también para el resto de los profesionales del área de construcción.

Pregunta 23: Si respondió si, que problema buscaba resolver en el proyecto participado, elegir una o varias de las respuestas

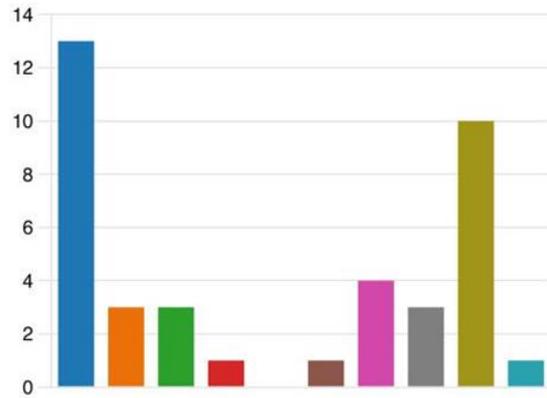


Ilustración 66: Solución SUDS

Fuente: Elaboración propia

La mayoría de los participantes resolvieron problemas sobre las inundaciones, calidad del agua, control de escasez entre otros que involucran específicamente la mejora de las aguas en el AMSS, como la disminución de la vulnerabilidad.

Pregunta 24: Con base a la experiencia que ha tenido en la implementación de las técnicas de SUDS en el AMSS, ¿Como calificaría su éxito dentro de sus proyectos?

3.38
Clasificación promedio

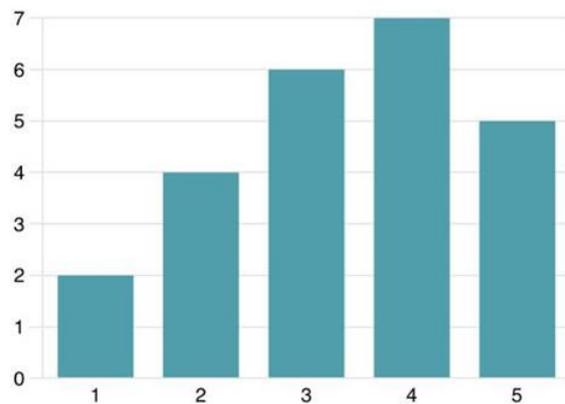


Ilustración 67: Experiencia SUDS

Fuente: Elaboración propia



La mayoría de los participantes tuvieron una muy buena experiencia en la implementación de SUDS en sus proyectos, seis personas contestaron que tuvieron un éxito medio, seis personas entre malo y muy malo, esto se puede deber a diversas razones como por ejemplo la mala cuantificación de los beneficios que se habló anteriormente, la falta de formación experta, las pocas experiencias con estas técnicas, entre otras.

Pregunta 25: ¿Conoce algún proyecto de SUDS llevado a cabo en el AMSS? Si es así escribir alguno ejemplo por favor



Ilustración 68: Ejemplo de SUDS aplicado a un proyecto del AMSS

Fuente: Elaboración propia

Conocer los proyectos de SUDS llevados a cabo en el AMSS puede ser beneficioso de diferentes maneras: referencias, ideas sobre estrategias tecnologías y diseños utilizados en proyectos exitosos adaptándolos a sus propias situaciones, aprendizaje de lecciones, sensibilidad y promoción.

El diecinueve por ciento respondió sobre los drenajes elaborados a lo largo del Bulevar Merliot y el Sistema de retención en parque El Principito, el resto son técnicas aplicadas en los municipios de San Salvador.

Pregunta 26: ¿Ha recibido algún tipo de formación sobre las herramientas que permiten ayudar al proyectista a la realización del diseño y el mantenimiento de SUDS?

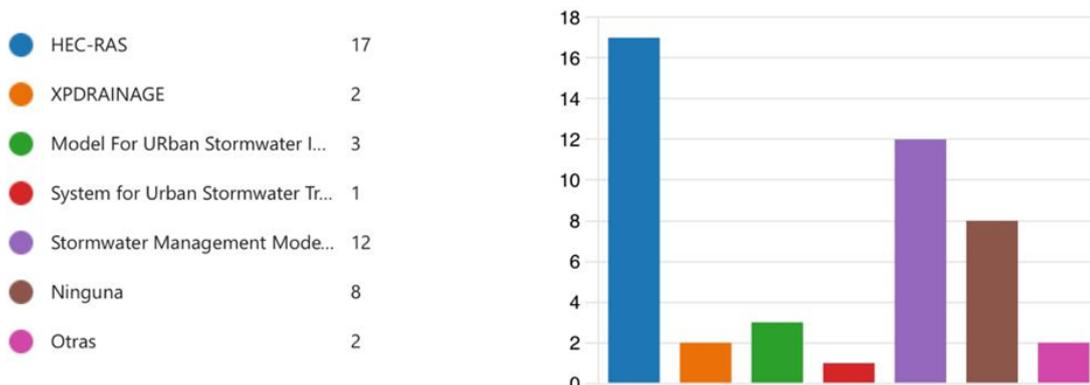


Ilustración 69: Herramientas Software SUDS

Fuente: Elaboración propia



Solo ocho personas contestaron no tener conocimiento sobre estas herramientas, puesto que la gran parte de los encuestados respondieron que conocen estas herramientas esto puede influir positivamente en la eficiencia de los diseños SUDS, la simulación y evaluación de diferentes escenarios de diseño, considerando los factores como el clima, los usos del suelo entre otros beneficios.



5. Conclusiones, recomendaciones y líneas de investigación

En esta sección del informe, se presentarán las conclusiones, recomendaciones y líneas de investigación derivadas de la identificación de barreras para la implementación de SUDS en el AMSS. Estas son fundamentales para abordar los desafíos identificados y promover la adopción efectiva de soluciones sostenibles en la gestión de recursos hídricos. Las conclusiones proporcionan una visión integral de las barreras identificadas, mientras que las recomendaciones y líneas de investigación ofrecen orientación para superar estos obstáculos y mejorar la implementación de SUDS en el AMSS.

5.1. Conclusiones

Para las conclusiones de la investigación propuesta en el Trabajo Fin de Grado que tiene como objetivo la identificación de barreras a la implementación de SUDS en el AMSS, se dispone una división de las barreras encontradas en cinco dimensiones:

Dimensión Técnica: Comprende aspectos relacionados con la viabilidad técnica de los SUDS, como la disponibilidad de terrenos adecuados, la capacidad de infiltración del suelo, la adaptabilidad a las condiciones climáticas y topográficas, y la eficiencia en la gestión del agua.

- Eficiencia en la gestión del agua: En la investigación cuantitativa se observó que la mayoría de los participantes poseen conocimientos básicos sobre la gestión sostenible del agua, en el área de los SUDS la mayoría reveló poca experiencia y conocimiento técnico sobre el diseño, construcción, mantenimiento, cuantificación de los beneficios económicos sobre los SUDS.
- Costos de Implementación y Mantenimiento: Entre los entrevistados se reflejó que uno de los mayores problemas a la hora de diseñar y desarrollar un proyecto con SUDS es el mantenimiento de ellos, puesto que el encargado de realizar dicho mantenimiento es por parte de las municipalidades, su baja contribución repercute en el uso de menos prácticas sostenibles como el drenaje convencional, también es necesario mencionar que la razón de su bajo mantenimiento se puede deber al poco financiamiento de estas técnicas o la poca formación sobre su mantenimiento.
- No existe un catastro actualizado de la red de aguas lluvia: Un catastro de redes es un método para la obtención de registros y archivos que contienen información y datos que se asocian con los detalles de sus especificaciones técnicas y ubicación, entre otros parámetros, sin la existencia de uno será difícil identificar los problemas, realizar la gestión de las soluciones, el monitoreo de cambios y establecer prioridades a la hora de la formulación de nuevos proyectos.
- Existen numerosos cruces entre la red de aguas negras y el agua lluvia: Con la existencia de centros poblacionales que a la actualidad realizan la mixtura de las aguas residuales con las aguas pluviales, supone un diseño inadecuado, ya que los SUDS se basan en la gestión y tratamiento descentralizada de las aguas pluviales, si el sistema de alcantarillado existente del AMSS no está diseñado



para separar las aguas pluviales de las aguas residuales, puede ser difícil integrar los SUDS en el sistema existente, se requerirían modificaciones significativas en las infraestructuras actuales para lograr la separación necesaria.

- Limitación en el espacio: La falta de separación entre las aguas pluviales y las aguas residuales, requieren de estructuras adicionales para gestionar adecuadamente estos flujos, como lo son los depósitos de retención, zanjas de infiltración, jardines de lluvia u otras medidas de control de inundaciones, estas estructuras requieren de espacio físico y ubicaciones estratégicas para maximizar su eficiencia lo cual puede ser limitado en espacios densamente poblados o interfiriendo con infraestructuras ya existentes.
- Disponibilidad de terrenos adecuados: La disponibilidad limitada de los espacios abiertos y más permeables en la zona urbana densamente poblada en San Salvador dificulta incorporación de los drenajes sostenibles.

Dimensión económica: Incluye factores económicos que pueden obstaculizar la implementación de los SUDS, como los costos de construcción, mantenimiento y operación de los sistemas, la disponibilidad de financiamiento, la rentabilidad a corto y largo plazo, y la asignación de recursos financieros por parte de las instituciones públicas.

- Costos adicionales en la separación de aguas pluviales y aguas residuales: Si no se realizan mejoras en la infraestructura existente de alcantarillado la integración de los SUDS no es útil, sin fondos que lleven a cabo estas actualizaciones, suponen una limitación en el espacio y un diseño inadecuado.
- Costos iniciales: La mayoría de los ciudadanos en el AMSS, provienen de hogares con gastos superiores a los de sus ingresos, por lo que una barrera a la que se enfrentan los SUDS, es la falta de capacidad financiera para la construcción, operación y mantenimiento de los SUDS.
- Limitaciones presupuestarias: Los ayuntamientos y municipalidades a menudo poseen problemas financieros con casi todos los servicios, como la recolección de los desechos sólidos, el mantenimiento de los drenajes, entre otros. Como barrera para los SUDS la inseguridad de poseer un ente que asigne fondos para la implementación y el mantenimiento de los SUDS puede crear problemas a la hora de generar una confianza por parte de los promotores y la comunidad en la expansión y adopción de los SUDS en el futuro.

Dimensión normativa y legal: Se refiere a las barreras derivadas de la falta de marcos normativos y legales claros, la falta de políticas específicas para la implementación de los SUDS, la falta de regulaciones y estándares técnicos, y los obstáculos en los procedimientos administrativos y de permisos.

- Marco normativo y legal inadecuado: La falta de leyes, regulaciones o normativas específicas que respalden y promuevan la implementación de los SUDS puede dificultar su adopción. En el caso del AMSS la falta de un ente que regulara el uso del agua era la barrera principal para su adopción, con la creación de la nueva ley se espera una mejoría, puesto que el trabajo solo estudia el caso desde un periodo de 2018 a 2022, y la ley se estableció como vigente para el 5



- de mayo de 2022, es difícil conocer que tanto ha mejorado la promoción del agua de lluvia en los ciudadanos del AMSS.
- HAUS II: En las respuestas del cuestionario, el porcentaje de aplicabilidad de esta normativa es baja o media, puesto que no es obligatoria, es difícil el incentivo por parte de los profesionales en hacer uso de esta normativa, en las entrevistas se estableció que se creara una nueva normativa HAUS, con la expectativa de complementar los lineamientos de su primera publicación.
 - No existe una Ley de Aguas de Lluvia: La falta de una ley de aguas lluvias puede tener diversos impactos, como la ausencia de estándares técnicos, la descoordinación de entidades, limitaciones en el financiamiento y la falta de regulación por parte de las instituciones del AMSS.
 - Falla de soluciones a la alta densidad urbana: A menudo se han realizado planes o normativas para el control de la densidad urbana en el AMSS y su planificación desordenada, pero siempre fallan o dejan de ser vigentes al poco tiempo a eso se le suma leyes antiguas con necesidades de ser actualizadas con una visión más sostenible, si la impermeabilización consiste puede limitar el espacio disponible para la implementación de los SUDS, como la creación de áreas verdes o la construcción de estanques de retención de agua, y limitar las estrategias IVU.
 - Falta de dialogo entre sector público y privado: En las entrevistas un tema importante fue la comunicación clara en las entidades, la cual fue positiva entre las instituciones gubernamentales, pero si se estableció por parte de los integrantes privados una ausencia de comunicación entre ambos sectores, tomando decisiones unilaterales sin considerar la perspectiva del sector privado ante las decisiones de planificación, financiación y estrategias para la implementación de SUDS. Además, la falta de colaboración puede limitar la disponibilidad de recursos y financiamiento para los SUDS, lo que complica su desarrollo y mantenimiento.

Dimensión social y cultural: Considera aspectos relacionados con la aceptación social, la conciencia y participación ciudadana, las percepciones culturales y tradicionales sobre el manejo del agua y la resistencia al cambio, así como la falta de sensibilización y educación sobre los beneficios y la importancia de los SUDS.

- Falta de conciencia y comprensión: Muchas personas en el AMSS no son conscientes de la falta de compromiso sobre la sostenibilidad ambiental, especialmente en los recursos hídricos, si la aplicación de malas prácticas persiste continuará la contaminación de las aguas, la pérdida de la biodiversidad, la escasez del agua y la acumulación de basura en el alcantarillado.
- Sobrecarga de los SUDS: La falta de limpieza y disposición correcta de los desechos sólidos, puede resultar en un aumento de la carga de agua y sedimentos en los SUDS, comprometiendo con su capacidad de infiltración, almacenamiento y tratamiento adecuado de las aguas pluviales.



- **Barrera cultural:** Pese a la falta de agua potable que reciben los hogares en el AMSS, la colecta de agua de lluvia es poca, por lo que se puede concluir que hace falta la educación de los sistemas SUDS no solo a nivel universitario si no a nivel nacional.
- **Resistencia al cambio:** A menudo la población salvadoreña prefiere continuar con los drenajes convencionales o con prácticas no sostenibles, ejemplo de ello es la mínima cantidad de personas que reciclan y que utilizan agua de lluvia en sus hogares.
- **Falta de participación ciudadana:** No se tienen datos actuales de la cantidad de personas que participan en el proceso de planificación, diseño y toma de decisiones relacionada a los recursos hídricos, ni en los SUDS, por lo cual es complejo evaluar que barreras acarrea, pero sin la participación ciudadana esto puede derivar en decisiones unilaterales, falta de apropiación de estos sistemas por parte de la comunidad, y una carencia de mantenimiento y sostenibilidad a largo plazo de los SUDS.

Dimensión de información y conocimiento: Se refiere a las barreras derivadas de la falta de información y conocimiento sobre los SUDS, tanto por parte de los actores involucrados en la toma de decisiones como de la comunidad en general. Esto incluye la falta de acceso a información técnica, la falta de capacitación y formación en el tema, y la falta de difusión de buenas prácticas y experiencias exitosas.

- **Falta de formación técnica sobre los SUDS en las universidades:** En lo contemplado en las respuestas de los cuestionarios solo 4 de los veintiocho encuestados conocían del tema a través del grado universitario nacional y uno internacional, y la mayoría por interés propio, por lo que una barrera de los SUDS en el AMSS y en El Salvador es una falta de formación técnica y su necesidad de aportar su información en la guía de asignaturas a nivel de grado.
- **Poco conocimiento sobre como cuantificar los beneficios económicos de los SUDS:** En el cuestionario se pudo apreciar como la mayoría desconocía sobre como cuantificar adecuadamente los beneficios económicos de los SUDS, lo cual trae consecuencias negativas, como la dificultad de realizar una valoración económica sólida, también puede llevar a una subestimación de los beneficios de los SUDS y su potencial impacto positivo.
- **Dependencia de expertos externos:** En las entrevistas con los profesionales y docentes que son expertos en el tema de SUDS, contemplan como barrera el poco conocimiento y enseñanza sobre herramientas informáticas para el diseño y mantenimiento de SUDS, dado que es necesario realizar cursos externos o posgrados para tener un manejo básico de estas herramientas, y por ende depender de expertos externos en el diseño y mantenimiento de los SUDS, abaratando los costes de su implementación.

5.2. Estrategias específicas

- Creación de un catastro actualizado de la red de aguas lluvia.



- Fortalecer la institucionalidad y el marco legal a nivel metropolitano y institucionalidad.
- Desarrollar mecanismos de educación ambiental institucional y en la sociedad civil.
- Homologar los programas de SUDS de otros países e incorporarlos al AMSS.
- Establecer incentivos económicos y financieros para fomentar la adopción de los SUDS.
- Incorporar en el programa educativo las formas de utilizar agua de lluvia como alternativa sostenible.
- Promocionar más entre las universidades, empresas e instituciones de gobierno, la capacitación y formación técnica sobre el mantenimiento y diseño de los SUDS en el AMSS.
- Establecer un marco normativo claro y coherente que promueva la implementación de SUDS, obligando a todos los salvadoreños a realizar prácticas sostenibles para cuidar el recurso hídrico del AMSS.
- Realizar una confederación hidrográfica que se encargue de las cuencas hidrográficas del AMSS.

5.3. Futuras líneas de investigación

Este trabajo ha puesto en evidencia la necesidad de estudiar a profundidad cada una de las barreras que limiten la adopción de los SUDS en el AMSS, no solo para mejorar la situación hídrica de la capital si no que para servir como ejemplo al resto de departamento y evitar repetir los errores que se han realizado en el AMSS o en el resto de los países sobre la mala planificación y diseño de los drenajes. Para ello, se considera que esta línea de investigación debería de continuar explorando los siguientes puntos:

- Realizar cuestionarios y entrevistas tanto en las universidades públicas como privadas, a estudiantes que ya hayan cursado asignaturas relacionadas al diseño, operación, mantenimiento e investigación del recurso hídrico, cuanto conocimiento poseen sobre los SUDS, como los objetivos que posee, los beneficios que puede generar económicamente, las soluciones que aporta a los desafíos que enfrenta el drenaje en el AMSS.
- Estudio detallado sobre la percepción de las labores de mantenimiento y operación de los SUDS en el AMSS, proporcionando propuestas que puedan facilitar el mantenimiento y adopción de estas.
- Investigar en zonas con pobreza extrema o relativas, cuantos de ellos utilizan el agua de lluvia como alternativa para usos como la ducha, riego, limpieza, inodoros, aseos, entre otros. Y si no realizan estas estrategias estudiar por qué y como poder solucionarlas.



- Estudio sobre la percepción social sobre los SUDS en el AMSS, conocer los errores sobre su desconocimiento, inexperiencia o desinterés sobre el tema, y aportas recomendaciones para su fomentación.



Referencias

- 22, N. (Dirección). (2018). *Isla urbana. La alternativa a la escasez de agua en la CDMX* [Película].
- Abellán, A. (25 de Abril de 2014). *sudsostenible*. Obtenido de /tipos-de-cunetas-verdes: <http://sudsostenible.com/tipos-de-cunetas-verdes/>
- Alfaro, I. (2016). Sistemas de Detención en la cuenca alta de Arenal de Moserrat. *Efecto de Medidas de Impacto Hidrológico Controlado*.
- Ana Abellán. (28 de Octubre de 2014). *sudssostenible*. Obtenido de Tipos de superficies permeables: <http://sudsostenible.com/tipos-superficies-permeables/>
- Ana Abellán. (2017). *Sudsostenible*. Obtenido de depositos-y-estanques-de-infiltración: <http://sudsostenible.com/tipologia-de-las-tecnicas/medidas-estructurales/depositos-y-estanques-de-infiltracion/>
- ANDA. (2021). *Boletín Estadístico*. 2021: ANDA, Gobierno de El Salvador.
- Arteaga, E. (1 de Abril de 2019). *La Villa de San Salvador fue fundada un día como hoy hace 491*. Obtenido de La prensa gráfica : <https://www.laprensagrafica.com/cultura/La-Villa-de-San-Salvador-fundada-un-dia-como-hoy-hace-491-anos-tuvo-su-lugar-gracias-al-cristalino-rio-Acelhuate-20190401-0276.html>
- ASA. (6 de julio de 2022). *Autoridad Salvadoreña del Agua*. Obtenido de Ley General de Recursos Hídricos: <https://www.asa.gob.sv/download/ley-del-agua/>
- Asamblea Legislativa . (1993). *Ley de desarrollo y ordenamiento territorial del Área Metropolitana de San Salvador y de los municipios aledaños*. San Salvador: República de El Salvador.
- Asamblea Legislativa. (1998). *Ley del medio ambiente*. San Salvador: República de El Salvador.
- Asamblea Legislativa. (2012). *Ley de medio ambiente*. San Salvador: República de El Salvador.
- Asamblea Legislativa. (2022). *Ley general de recursos hídricos*. San Salvador: República de El Salvador .
- Asociación Mundial para el Agua (GWP). (2002). *Report of the World Summit on Sustainable Development* . Johannesburg: Unied Nations.
- Avilés Ángel, D. A. (2008). *La administración sostenible de los sistemas de agua para consumo humano y saneamiento en el municipio de nejapa, departamento de San Salvador*. San Salvador: Universidad de El Salvador.
- B.L., C. F. (2014). *Metodología de la Investigación* . México: Interamericana Editores de S.A. de S.V.
- Baires, M. L. (30 de Abril de 1995). *San Salvador: Crecimiento Urbano, Riesgos Ambientales y Desastres*. Obtenido de core.ac: https://core.ac.uk/display/35286166?utm_source=pdf&utm_medium=banner&utm_campaign=pdf-decoration-v1
- Beatriz Calderón. (11 de Enero de 2018). *La Prensa Gráfica*. Obtenido de [https://www.laprensagrafica.com/elsalvador/Que-son-las-lagunas-de-laminacion-que-se-construiran-en-S.S.-20180111-0039.html#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20son%20las%20E2%80%9Clagunas%20de%20laminaci%C3%B3n%20que%20se%20construir%C3%](https://www.laprensagrafica.com/elsalvador/Que-son-las-lagunas-de-laminacion-que-se-construiran-en-S.S.-20180111-0039.html#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20son%20las%20E2%80%9Clagunas%20de%20laminaci%C3%B3n%20que%20se%20construir%C3%99)



- A1n% 20en% 20San% 20Sal: <https://www.laprensagrafica.com/elsalvador/Que-son-las-lagunas-de-laminacion-que-se-construiran-en-S.S.-20180111-0039.html>
- Berry, D. (1994). El Acuífero de San Salvador. *PRISMA*, 1-16.
- Berry, H. R. (1995). Población, Territorio y Medio Ambiente El Salvador. *PRISMA*, 1-16.
- Beteta, I. (1818). *Compendio de la Historia de la Ciudad de Guatemala*. Guatemala: Reino de Guatemala.
- BID. (10 de Junio de 2014). *Banco Internacional de Desarrollo*. Obtenido de 6 soluciones de infraestructura verde para problemas urbanos: <https://blogs.iadb.org/ciudades-sostenibles/es/6-soluciones-de-infraestructura-verde/>
- BID. (2022). *Propuesta de Estrategia de Infraestructura Verde*. San Salvador: Banco Interamericano de Desarrollo.
- blogspot. (Julio de 2014). *blogspot*. Obtenido de El Sistema Integrado de Transporte de AMSS: <http://hisyciu.blogspot.com/2014/07/el-sistema-integrado-de-transporte-del.html>
- brt data. (2020). *Global BRT data*. Obtenido de https://brtdata.org/location/latin_america/el_salvador/gran_san_salvador
- Calderón, B. (11 de Enero de 2018). ¿Qué son las “lagunas de laminación” que se construirán en San Salvador? *La prensa Gráfica*.
- Cañas, C. (12 de Julio de 2019). *El día que la fuerza demoledora del Acelhuate destruyó parte de San Salvador*. Obtenido de [elsalvador.com: https://historico.elsalvador.com/historico/611719/el-dia-que-la-fuerza-demoledora-del-acelhuate-destruyo-parte-de-san-salvador.html](https://historico.elsalvador.com/historico/611719/el-dia-que-la-fuerza-demoledora-del-acelhuate-destruyo-parte-de-san-salvador.html)
- Cañas, C. G. (2007). *Informe Final Consultoría Línea Base para el Establecimiento de la Estrategia y del Plan de Descontaminación hídrica*. San Salvador: Marn.
- Carbajal, J. (22 de Julio de 2021). Tragantes de San Salvador no sirven, representan un peligro para los peatones y hasta una trampa mortal para alguien que caiga o resbale en ellos. *La Prensa Gráfica*.
- Carranza, L. (s.f.). *Scribd*. Obtenido de Diseño de Tragantes: <https://www.scribd.com/doc/315078643/Diseno-de-Tragantes#>
- César Córdova. (2015). *Desarrollo Urbano y Movilidad en el AMSS*. San Salvador: OPAMSS.
- Chávez, J. (1 de Julio de 2022). *researchgare*. Obtenido de Cartografía Hidrogeológica, de Vulnerabilidad y Peligrosidad a la Contaminación en Área Metropolitana de San Salvador: https://www.researchgate.net/publication/363579121_Cartografia_Hidrogeologica_de_Vulnerabilidad_y_Peligrosidad_a_la_Contaminacion_en_Area_Metropolitana_de_San_Salvador
- CIRIA. (2015). *The SUDS Manual* (Vol. 15). Londres: CIRIA.
- COAMSS/OPAMSS. (2021). *Guía de recomendaciones para el diseño de Redes RAPS en el AMSS*. San Salvador: Consejo de Alcaldes y la Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador.
- CODEMET. (2018). *Portal OPAMS*. Obtenido de Resumen del Plan de Acción, Medidas de Adaptación y Acciones: https://opamss.org.sv/PIACC/aumento_precipitacion.html
- Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente (CIAMA). (1992). DECLARACIÓN DE DUBLÍN SOBRE EL AGUA Y EL DESARROLLO SOSTENIBLE. (págs. 1-8). Dublín: CNDH.



- Consejo de Alcaldes y Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador. (23 de julio de 2021). *Guía Técnica para el diseño de SUDS en el AMSS*. San Salvador , San Salvador , El Salvador . Obtenido de OPAMSS.
- Consejo Nacional Para la Cultura y el Arte. (s.f.). *Triptico-de-Centro-Historico-de-San-Salvador*. Obtenido de scribd: <https://es.scribd.com/document/463041699/Triptico-de-Centro-Historico-de-San-Salvador>
- Cooper, K. (7 de Abril de 2023). *Caswell*. Obtenido de An Ultimate Guide to Rainwater Harvesting in New York: <https://caswellbell.com/rainwater-harvesting-in-new-york/>
- Corte suprema de justicia de El Salvador . (1961). *LEY DE LA ADMINISTRACION NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADO*. San Salvador: Centro de documentación Judicial.
- Cuéllar, N. (14 de Febrero de 2017). *PRISMA*. Obtenido de Tendencia de abastecimiento de agua en el AMSS y desafíos de restauración ambiental en El Salvador: <https://www.prisma.org.sv/publicaciones/tendencia-de-abastecimiento-de-agua-en-el-amss-y-desafios-de-restauracion-ambiental-en-el-salvador/#:~:text=En%20las%20pr%C3%B3ximas%20d%C3%A9cadas%2C%20el%20AMSS%20demandar%C3%A1%20m%C3%A1s,por%20d%C3%A1micas%20d>
- Departamento de Agua de Filadelfia. (2023). *Ciudad de Filadelfia*. Obtenido de Que hacemos: <https://www.phila.gov/es/departments/philadelphia-water-department/#:~:text=El%20Departamento%20de%20Agua%20de%20Filadelfia%20%28PWD%29%20da,las%2024%20horas%2C%20los%20365%20d%C3%ADas%20del%20a%C3%B1o>
- Diario La Página. (5 de Enero de 2021). *La Página*. Obtenido de Mala recolección de la basura de alcaldía de San Salvador provocó inundaciones en la capital: <https://lapagina.com.sv/nacionales/mala-recoleccion-de-la-basura-de-alcaldia-de-san-salvador-provoco-inundaciones-en-la-capital/>
- DIGESTYC. (2021). *Encuesta de hogares de propósitos múltiples 2021*. San Salvador: Ministerio de Economía.
- Diógenes Chévez Guerrero. (2019). *Consultoria para la evaluación del desempeño en los SUDS en zonas priorizadas del área de estudio del Plan Maestro para la gestión sustentable de las aguas lluvias del área metropolitana de San Salvador*. San Salvador: Proyectos chévez.
- Dirección General de Estadística y Censos (DIGESTYC). (2019). *Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples*. San Salvador: Ministerio de Economía, Gobierno de El Salvador.
- Dirección General de Observatorio de Amenazas y Recursos Naturales, M. (2006). *Cronología de sismos destructivos en El Salvador*. Obtenido de SNET: <http://www.snet.gob.sv/ver/sismologia/registro/estadisticas/>
- Dirección Nacional de Museos y Salas de Exposición, MUNA. (22 de Septiembre de 2021). MUNA impartió conferencia sobre Ciudad Vieja, la primera San Salvador documentada. San Salvador, San Salvador, El Salvador.
- Erick Rigoberto, W. M. (2019). *PROPUESTA DE REDISEÑO DE RED PÚBLICA DE AGUA LLUVIA, CON ÉNFASIS EN EL CONTROL DE LA ESCORRENTÍA PLUVIAL EN CUENCAS URBANAS DEL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR*. San Salvador: Universidad de El Salvador.



- Estado de Nueva York. (2015). *New York State Rainwater Harvesting Guide* . Nueva York: Texas A and M.
- Fondo de Conservación Vial. (30 de Septiembre de 2020). Obtenido de Mapa red FOVIAL AMSS: <https://www.fovial.gob.sv/download/mapa-red-fovial-amss/>
- Fontaneda., L. Á. (26 de Junio de 2019). *slideshare*. Obtenido de Ecologistas en acción: <https://es.slideshare.net/ecospip/sistemas-urbanos-de-drenaje-sostenible-suds>
- Fowler, W. (2006). Cacao production, tribute, and wealth in sixteenth-century Izalcos, El Salvador. En W. Fowler, *Chocolate in Mesoamerica. A cultural history of cacao*. Mcneil: Cameron L.
- Gálvez, J. J. (2015). *Cartilla técnica: Ciclo Hidrológico* . Lima: SENAMHI.
- García, M. Á. (1952). *DICCIONARIO HISTORICO ENCICLOPÉDICO DE LA REPUBLICA DE EL SALVADOR*. San Salvador. San Salvador: Imprenta Nacional.
- García, M. Á. (1955). *Anécdotas Centroamericanas* . San Salvador: Ahora.
- Hernández, P. (s.f.). *Scribd*. Obtenido de Metro Plan 80: <https://es.scribd.com/document/438348503/Metro-Plan-80>
- Herodier, G. (14 de Septiembre de 2021). *La prensa Gráfica*. Obtenido de San-Salvador-evolucion-y-desarrollo: <https://www.laprensagrafica.com/elsalvador/San-Salvador-evolucion-y-desarrollo-20210913-0075.html>
- [http://sudsostenible.com/tipos-de-cunetas-verdes/#:~:text=Author-, A.-2.](http://sudsostenible.com/tipos-de-cunetas-verdes/#:~:text=Author-,A.-2.) (25 de Abril de 2014). *Sudsostenible*. Obtenido de tipos de cunetas: <http://sudsostenible.com/tipos-de-cunetas-verdes/>
- Ibarra, L. (29 de Marzo de 2021). *El Economista*. Obtenido de Acceso al agua continúa limitado en El Salvador: <https://www.economista.net/actualidad/Acceso-al-agua-continua-limitado-en-El-Salvador-20210329-0006.html>
- Imprenta Nacional. (1 de febrero de 1911). Diario Oficial (Tomo 70, Número 48). pág. 555.
- [jardinieriplantasyflores. \(s.f.\). Obtenido de barriles-de-agua-de-lluvia-como-funcionan/#google_vignette](https://jardinieriplantasyflores.com/barriles-de-agua-de-lluvia-como-funcionan/#google_vignette)
- Juan A. Acero, B. G. (2016). *Análisis de la Isla de Calor y Mapa de Clima Urbano en AMSS*. San Salvador: Climate & Development Knowledge Network.
- Kant, S. M. (2008). Knowledge management barriers: An interpretive structural modeling approach. *International Journal of Management Science and Engineering Management Volume 3*, 141-150.
- Kathryn DePippo, M. M. (2009). *Analysis of the Implementation of City-Wide Retrofit Sustainable Urban Drainage Solutions to Address Combined Sewer Overflow. Case Studies: New York City, Philadelphia, and Cleveland*. Filadelfia: Departamento de agua filadelfia.
- La Información. (15 de Abril de 2016). *MUNDO*. Obtenido de El Salvador declara estado de emergencia por la escasez de agua: https://www.lainformacion.com/mundo/Salvador-declara-emergencia-escasez-agua_0_908009325.html/
- Larín, J. L. (1957). *El Salvador. Historia de sus pueblos, villas y ciudades*. San Salvador.
- LASA, P. (Seis de Marzo de 2008). *JORNADA ARQUITECTURA ECOLÓGICA 3. JORNADA ARQUITECTURA ECOLÓGICA 3*. Cádiz, Anadulcía, España: SUDS S.L - Atlantis.
- Lavado, C. F. (2010). *Caracterización de la Inundabilidad en el Área Metropolitana de San Salvador*. San Salvador: IPGARAMSS.



- Luengo, J. L. (2019). La Descripción geográfico-moral del arzobispo Cortés y Larraz (1770) y la historia léxica de Centroamérica: algunos datos salvadoreños. *Universidad Autónoma de Querétaro*.
- Lungo, M. (1995). *Problemas ambientales, gestión urbana y sustentabilidad del AMSS*. San Salvador: PRISMA.
- Madrid, G. C. (15 de Enero de 2021). San Salvador con su tercer problemática por basura en 106 días. *La Prensa Gráfica*.
- MARN. (2010). *Actualización del Catastro de Vertidos, Evaluación Sobre la Aplicación*. San Salvador: MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE .
- MARN. (2012). *Estrategia Nacional del Medio Ambiente*. San Salvador: MARN.
- MARN. (2018). *Informe Nacional del Estado del Medio Ambiente*. San Salvador: MARN.
- MARN. (2019). *Perspectiva climática diciembre 2018- abril 2019*. San Salvador: MARN.
- Martín Ginés, A. (2017). *Estudio económico de alternativas de redes de saneamiento en un entorno urbano*. Sevilla: Depósito de Investigación Universidad de Sevilla.
- Martínez Lainez, D. M. (2005). *La inaplicación de las normas de ordenamiento territorial en la vulnerabilidad de las comunidades de alto riesgo del Área Metropolitana de San Salvador durante la época invernal*. San Salvador: Universidad Nacional de El Salvador.
- meteoblue. (s.f.). *Cambio Climático en San Salvador*. Obtenido de https://www.meteoblue.com/es/climate-change/san-salvador_el-salvador_3583361?month=9
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Colombia. (2015). *Gestión Integral del Recurso hídrico*. Obtenido de Microcuencas: <https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/microcuencas/>
- Ministerio de Educación. (2009). *Historia de El Salvador, tomo I, Segunda edición*. San Salvador: Ministerio de Educación de El Salvador .
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). (2018). *Informe Nacional del Estado del Medio Ambiente*. San Salvador: MARN.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2017). *Informe nacional del estado de los riesgos y vulnerabilidades*. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2017). *Informe nacional del estado de los riesgos y vulnerabilidades*. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2018). *Informe Nacional del Estado del Medio Ambiente (INEMA)*. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO). (6 de Diciembre de 2020). *Vicepresidencia tercera del gobierno*. Obtenido de Cuencas y Subcuencas : <https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/agua/cuencas-y-subcuencas.aspx>
- Molina, C. C. (Octubre de 2005). *Portafolio SNET*. Obtenido de Criterios Para el Drenaje de Aguas Lluvias: https://opamss.org.sv/PIACC/aumento_precipitacion.html
- MOP. (1969). *LEY DE CARRETERAS Y CAMINOS VECINALES*. San Salvador: MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS, TRANSPORTE Y VIVIENDA Y DESARR. URB.



- MOP. (26 de Febrero de 2018). *MOP*. Obtenido de Noticias : <https://www.mop.gob.sv/mop-previene-inundaciones-en-sector-sur-de-san-salvador-con-la-construccion-de-lagunas-de-laminacion/#:~:text=Estas%20son%20las%20primeras%20lagunas%20de%20laminaci%C3%B3n%20en,y%20supervisa%20a%20un%20monto%20de%20%2418%2C949%2C%20>
- Native Land Digital. (17 de Enero de 2022). *native-land.ca*. Obtenido de chorotega/: <https://native-land.ca/maps/territories/chorotega/>
- NPIC. (17 de septiembre de 2020). *National Pesticide information center*. Obtenido de ¿Necesito rociar mi hogar contra mosquitos o zancudos?: <http://npic.orst.edu/faq/mosqctrl.es.html#:~:text=Si%20tiene%20un%20barril%20de%20agua%20de%20lluvia%2C,la%20adici%C3%B3n%20de%20peces%20nativos%20a%20su%20estanque.>
- OPAMSS. (2020). *Cuarentena, covid-19 y afectaciones en la ciudadanía del AMSS y otros municipios; Crisis y resilencias*. . San Salvador: OPAMSS.
- OPAMSS. (2021). *file:///C:/Users/Nathaly/Downloads/Modulo-3.-Sistemas-Urbanos-de-Drenajes-Sostenibles.pdf*. Obtenido de OPAMSS: <file:///C:/Users/Nathaly/Downloads/Modulo-3.-Sistemas-Urbanos-de-Drenajes-Sostenibles.pdf>
- OPAMSS/COAMSS. (2018). *Plan Inicial de Adaptación al Cambio Climático del Área Metropolitana de San Salvador*. San Salvador : OPAMSS.
- OPAMSS/COAMSS. (2018). *Hábitats Urbanos Sostenibles del AMSS*. San Salvador: OPAMSS.
- OPAMSS/COAMSS. (2019). *Metodología y estrategia de gestión del Espacio Público en el AMSS*. San Salvador .
- OPAMSS/COAMSS. (2021). *Atlas Metropolitano*. San Salvador : Consejo de Alcaldes del Área Metropolitana de San Salvador y Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador.
- OPAMSS/COAMSS. (2021). *Módulo 1 Marco Conceptual de los SUDS en el AMSS*. San Salvador : Consejo de Alcaldes y Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador.
- OPAMSS/COAMSS. (2021). *MÓDULO 2 El proceso de diseño de SUDS en el AMSS*. San Salvador: Consejo de Alcaldes y Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador.
- OPAMSS/COAMSS. (2021). *Módulo 3. Sistemas Urbanos de Drenajes Sostenibles*. San Salvador: OPAMSS/COAMSS.
- OPAMSS/COAMSS. (2021). *Módulo 4: Diseño de SUDS para el AMSS*. San Salvador: OPAMSS/COAMSS.
- Organización Meteorológica Mundial. (28 de Nov de 2018). *El Niño/La Niña Hoy*. Obtenido de https://www.google.com/search?rlz=1C1CHBF_esES827ES827&sxsrf=AB5stBj1dUi10s8tMsn0utc7VPIDZQ7v2w:1688265792400&q=fenomeno+del+ni%C3%B1o+el+salvador+2020&tbn=nws&sa=X&ved=2ahUKEwizot6WgO__AhW5iv0HHTLJAikQ0pQJegQIDBAB&biw=1366&bih=657&dpr=1
- Pablo G.B., L. F. (2019). Planteamiento del problema y propuesta de soluciones para abordar el desafío de la gestión de las aguas lluvias en el área metropolitana de San Salvador (AMSS), El Salvador. *Aqua-LAC Volumen 11* , 70-84.



- Peñate, S. (24 de febrero de 2018). Elaborarán plan maestro de drenajes del AMSS. *La Prensa Gráfica*, pág. 31.
- Pérez Porto, J. G. (6 de Agosto de 2009). *Drenaje - Qué es, definición, historia y en la geología*. Obtenido de Definicion.de.: <https://definicion.de/drenaje/>
- Pineda, E. R. (2022). *San Salvador; Un drenaje de los 50 en el que solo funcionan cuatro de cada diez alcantarillas*. San Salvador: Universidad de El Salvador.
- PNUD y MARN. (2018). *Tercera comunicación nacional de cambio climático*. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- prepeniel. (2022). *Jumpseller*. Obtenido de GRAMOQUIN : <https://www.prepeniel.com/gramoquin>
- PRISMA. (2021). *Mapeo de actores nacionales de cambio climático en El Salvador*. San Salvador: Programa Regional de Investigación sobre Desarrollo y Medio Ambiente.
- República de El Salvador. (1993). *CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DE EL SALVADOR*. San Salvador: Nacional.
- Rivera, M. (17 de Julio de 2022). *Los 13 desastres más importantes a causa de lluvias ocurridos en el último siglo en El Salvador*. Obtenido de [elsalvador.com](https://www.elsalvador.com/noticias/nacional/desastres-lluvias-ultimo-siglo-el-salvador/978002/2022/): <https://www.elsalvador.com/noticias/nacional/desastres-lluvias-ultimo-siglo-el-salvador/978002/2022/>
- Sánchez, P. (10 de Diciembre de 2018). Elena Calcerrada: "El desconocimiento de los SUDS es la principal barrera para su implementación". Madrid, Madrid, España.
- Stanuikynas, T. y. (2000). *Imperious Surface Methodology. A methodology for defining and assessing impervious surfaces in the Raritan river basin.* . New Jersey: Water Supply Authority.
- Stephany Callañaupa. (23 de abril de 2019). *gob.pe*. Obtenido de ¿Qué es la evapotranspiración?: <https://www.gob.pe/institucion/igp/noticias/74075-que-es-la-evapotranspiracion-por-la-ing-stephany-callanaupa>
- Umaña, A. (1 de Mayo de 2015). *Pueblos Indígenas, El Salvador, Caminos de historia, cultura y Sabr*. Obtenido de CALAMEO: <https://www.calameo.com/read/0043741199bf327ace14e>
- Universidad de Piura. (s.f.). *biblioteca.udep.edu.pe*. Recuperado el 2023, de Biblioteca Virtual Universidad de Piura: http://www.biblioteca.udep.edu.pe/BibVirUDEP/tesis/pdf/1_136_147_89_1257.pdf
- Universidad Nacional de Ingeniería. (2022). *Clima Urbanización y Metropolitización*. Nicaragua.
- Urrutia, J. (2019). *Manejo del Agua de Lluvia y Drenajes Sostenibles, elementos y tecnología aplicable*. San Salvador: MEXICHEM, El Salvador.
- Vidaurre, J. C. (2016). *Evaluación socioeconómica de la implementación de sistemas de recolección y tratamiento e aguas residuales*. San Salvador : Universidad Nacional de El Salvador.
- wikipedia. (18 de Febrero de 2023). *Cronología de la historia de San Salvador*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Cronolog%C3%ADa_de_la_historia_de_San_Salvador
- wikisabio. (20 de Mayo de 2017). *Historia El Reino de Guatemala* . Obtenido de [wiki sabio](https://wikisabio.com/el-reino-de-guatemala/): <https://wikisabio.com/el-reino-de-guatemala/>



6. ANEXO 1: Valoración económica

En este anexo se presentan los gastos realizados en el Trabajo de Fin de Grado que tiene como tema de investigación “Identificación de las barreras a la implementación de los en el AMSS”. En estos gastos se incluyen el alquiler de las oficinas para la elaboración del trabajo y la licencia de los programas informáticos como *Windows 10 Profesional*, *Microsoft Office*, entre otros. Para el presente análisis económico, se ha llevado a cabo una detallada valoración de la actividad realizada, mediante el exhaustivo estudio, evaluando y cuantificando el impacto financiero generado por el empleo actual, considerando factores propios como el coeficiente de amortización, puesto que ciertos elementos que se han utilizados no serán de uso exclusivo para este proyecto y se empleara en otros trabajos posteriores.

Gastos generales

En este apartado se incluyen los gastos generados relacionado con el alquiler de oficinas, elementos y material de estudio, el consumo de energía, conexión a internet y telefonía.

Tabla 3: Gastos generales

Fuente: Elaboración propia

Gastos Generales				
Ref	Unidades [meses]	Designación de las obras	Precio por unidad (€)	Importes totales (€)
GG1	5	Alquiler de oficinas	335	1675
GG2	5	Consumo de energía	125	625
GG3	5	Conexión a internet y teléfono	80	400
GG4	5	Mantenimiento y Limpieza	120	120
GG5		Mobiliario	1000	1000
GG6		Material Fungible	200	200
TGG		Total de gastos generales		4020

Programas y equipamiento informático

En esta sección se contemplan todos los costos relacionados con el material informático utilizado, así como los programas informáticos empleados en el proyecto. Además, se incluye un coeficiente de amortización, dado que los equipos y programas no están destinados exclusivamente a este proyecto, sino que se utilizarán en el futuro para otras tareas. Para calcularlo, se ha empleado la siguiente fórmula:



Coef. de amortización = Tiempo de proyecto/Tiempo estimado de amortización

Se estima que la estación de trabajo y el software tienen un periodo de amortización de al menos tres años.

Tabla 4: Gastos de Software

Fuente: Elaboración propia

Programas y equipos informáticos							
Software							
Ref	Unidades	Designación de las obras	Precio por unidad (€)	Importes totales (€)	Coeficiente de amortización	Coste final	
S1	5	Windows 10 Profesional	259	259	0,15	38,85	
S2	5	Office 365	579	579	0,15	86,85	
S3	5	Microsoft Visio	50	50	0,46	23	
TGS	Total de software						148,70

Tabla 5: Gastos de Equipo

Fuente: Elaboración propia

Programas y equipos informáticos							
Equipos							
Ref	Unidades	Designación de las obras	Precio por unidad (€)	Importes totales (€)	Coeficiente de amortización	Coste final	
E1	1	Ordenador Portátil	949	949	0,19	177,94	
TGE	Total de equipos						177,94

Tabla 6: Gastos Totales de Software y de Equipos

Fuente: Elaboración propia

TPEI	Total de equipos y software (€)	349,64
-------------	--	---------------



Personal

En esta sección se aborda el costo asociado a la elaboración del proyecto, que incluye el resumen de todas las actividades relacionadas con el trabajo documental, redacción de documentos, desarrollo de grupos focales, elaboración de entrevistas, presentación, entre otros. Para ello, se ha considerado el número de horas requeridas para su realización y el precio por hora que el autónomo cobra.

Tabla 7: Gastos de personal

Fuente: Elaboración propia

Personal				
Ingeniería				
Ref	Unidades [horas]	Designación de las obras	Precio por unidad (€)	Importes totales (€)
I1	60	Gestión de Archivos	40	2400
I2	40	Desarrollo del Grupo Focal	40	1600
I3	38	Entrevistas	40	1520
I4	60	Creación del modelo de partida	40	2400
I5	24	Elaboración de secciones	40	960
I6	52	Reformulación Cuestionario	40	2080
I7	60	Informe de Resultados	40	2400
I8	86	Entregables	40	3440
0TGI	Total de ingeniería			8880

Tabla 8: Total gastos de personal

Fuente: Elaboración propia

TPMO	Total de personal	8880
-------------	--------------------------	-------------

Valoración final

En este capítulo se realiza un resumen de todos los presupuestos anteriormente expuestos. Además, se incluye el presupuesto de ejecución, incluyendo el IVA y el beneficio para obtener el presupuesto total presentado para el presente Trabajo de Fin de Grado.



Tabla 9: Cuantías finales

Fuente: Elaboración propia

Cuantías finales		
Ref	Designación	Importes totales (€)
TGG	4020,00	4020,00
TPEI	326,64	326,64
TPMO	8880,00	8880,00
Suma		13226,64
Extra Gastos generales (6%)		793,60
Beneficio (13%)		1719,46
Total		15739,70
IVA (21%)		3305,34
Total del proyecto		19045,04