

**ESTUDIO DE PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN
SEGÚN TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS PARA
CUBIERTAS VEGETADAS, QUITO, 2024**

Antony David Aragón Chamorro

Aragón, A. (2024).

ESTUDIO DE PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN SEGÚN TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS PARA CUBIERTAS VEGETADAS, QUITO, 2024.

Universidad Tecnológica Indoamérica - Quito



**Universidad
Indoamérica**

**FACULTAD DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE ARQUITECTURA**

**ESTUDIO DE PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN SEGÚN TIPOLOGÍAS
CONSTRUCTIVAS PARA CUBIERTAS VEGETADAS, QUITO, 2024**

Trabajo de investigación previo a la obtención del título de
Arquitecto

Autor

Aragón Chamorro Antony David

Tutora

Susana Adriana Moya Vicuña

**QUITO - ECUADOR
2024**

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, ARAGÓN CHAMORRO ANTONY DAVID, declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “ESTUDIO DE PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN SEGÚN TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS PARA CUBIERTAS VEGETADAS, QUITO, 2024”. como requisito para optar al grado de Arquitecto y autorico al sistema de Biblioteca de la Universidad Tecnológica Indoamerica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deba firmar convenios especificos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización en la ciudad de Quito, a los 29 días del mes de Enero de 2024, firmo conforme:



.....
ARAGON CHAMORRO ANTONY DAVID
C.I. 1751154681
Dirección: Quito, Carcelén
Correo: antonyda_13@hotmail.com

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “ESTUDIO DE PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN SEGÚN TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS PARA CUBIERTAS VEGETADAS, QUITO, 2024” presentado por ARAGÓN CHAMORRO ANTONY DAVID para optar por el título de Arquitecto., CERTIFICO Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Quito, 29 de Enero de 2024

.....
MOYA VICUÑA SUSANA ADRIANA
C.I. 1719626952

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Arquitecto, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito, 29 de Enero de 2024


.....
ARAGON CHAMORRO ANTONY DAVID
C.I. 7151154681

APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado sobre el Tema: “ESTUDIO DE PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN SEGÚN TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS PARA CUBIERTAS VEGETADAS, QUITO, 2024”, previo a la obtención del Título de Arquitecto, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de integración curricular.

Quito, 29 de Enero de 2024

.....
ARQ. RAÚL MARCELO VILLACIS ORMAZA
C.I. 1312200106

.....
ARQ. LEYVA GUZMAN JOSE RAMON
C.I. 1756756902

DEDICATORIA

La presente tesis esta dedicada con profundo agradecimiento a mis padres y a mi hermana, quienes han sido un apoyo importante desde el inicio de mi carrera hasta su culminación. Su sacrificio ha sido una pieza clave para que pueda terminar mis estudios, dándome no únicamente apoyo económico, sino también un apoyo moral incalculable. Sin su ayuda no podría haber logrado el punto en el que me encuentro actualmente. Este trabajo, lleno de tiempo y esfuerzo, va dedicado a ellos a manera de mi mas sincera gratitud.

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a mi familia por el inquebrantable apoyo que he tenido a lo largo de este proceso. Desde temprana edad, me enseñaron la importancia de luchar con determinación para alcanzar mis objetivos. Mi hermana, además, ha sido un pilar fundamental brindándome apoyo moral para seguir adelante. También quiero expresar mi gratitud con las diferentes personas que estuvieron dispuestas a proporcionarnos la información necesaria para realizar esta investigación. De igual forma, un agradecimiento especial hacia la Arq. Susana Moya, quien no únicamente nos ha guiado en las diferentes materias, sino que también en la elaboración de este trabajo. Agradezco su infinita paciencia y dedicación, que fue clave para nuestro aprendizaje y desarrollo.

RESUMEN EJECUTIVO

ESTUDIO DE PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN SEGÚN TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS PARA CUBIERTAS VEGETADAS, QUITO, 2024

El presente trabajo de fin de carrera tiene como objetivo, establecer los parámetros de diferenciación de cubiertas verdes en la ciudad de Quito, utilizando diferentes tipos de investigación que permitan recolectar datos, para establecer las tipologías más empleadas en la ciudad de Quito. Actualmente esto se ha vuelto un tema relevante debido al acelerado cambio climático, que exige a las diferentes áreas del conocimiento la búsqueda de alternativas para mitigar estos efectos, entre estas podemos encontrar a las infraestructuras verdes. A pesar de que la infraestructura verde no es un sistema nuevo, en Quito apenas pocas edificaciones lo han utilizado. Por lo tanto, esta investigación se llevó a cabo en varias etapas desde la contextualización de las cubiertas verdes hasta el levantamiento de información y la obtención de resultados. En este proceso, se clasifica tanto la tipología de la cubierta verde empleada como la vegetación, con el objetivo de clasificar en base a sus características, plantas y sistemas, etc. Además, esta investigación busca contribuir a difundir información técnica acerca de cada uno de los sistemas que se utilizan en la ciudad de Quito, proporcionando cortes, isometrías y detalles ilustrados, al igual que la descripción de cada sistema por cada capa. Esto permitirá que esta investigación ayude a promover el uso de este tipo de infraestructura verde en edificaciones.

DESCRIPTORES: Cubierta extensiva, Cubierta intensiva, Cubierta Verde, Infraestructura verde

ABSTRACT

STUDY OF PARAMETERS FOR DIFFERENTIATION OF GREEN ROOFS IN QUITO CITY, 2024

This end-of-degree investigation aims to determine metrics for differentiating green roofs in Quito city, using various research methods, to establish the most commonly used types in the area. Nowadays, it has become a relevant topic due to a significant increase in climate change; consequently, different areas have been expanding their knowledge and alternatives to mitigate these effects, such as green infrastructures. Despite being a well-established system, only a few buildings in Quito have applied it. Thus, this study was made in different stages, starting from contextualization, proceeding with gathering, and concluding with the presentation of the results. Throughout this process, each type is categorized based on its typology, vegetation, and system, among others. Additionally, this investigation aims to contribute to disseminating technical data about each system that was used in Quito, providing details, isometric views, and an architectural section. This information is intended to promote the use of this green infrastructure in construction.

KEYWORDS: Extensive green roof, Green infrastructure , Green roof, Intensive green roof

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ETAPA 1	21
Conocimiento previo	21
1.Conocimeinto previo	23
1.1 Introducción	23
2.Fundamentación Teórica	30
2.1 Marco Conceptual	31
2.2 Servicios Ecosistémicos	31
2.3 Infraestructuras Verdes	33
2.4 Cubiertas verdes.....	34
2.5 Cubierta extensiva.....	35
2.6 Cubierta morada - Purple roof	36
2.7 Cubierta azul - Blue roof.....	36
2.8 Cubierta intensiva	37
2.9 Beneficios de las cubiertas verdes.....	38
2.9.1. Mantenimiento de la calidad del aire	39
2.9.7. Bienestar	40
2.10 Estado del Arte/Estado de la Cuestión	40
2.10.1. Toronto	41
2.10.2. Berlín.....	43
2.10.3. Barcelona	45
2.10.4. Bogotá.....	47

ETAPA 2 51

Aplicación metodológica 51

3. Materiales y Metodos 53

3.1 Fases de la metodología 54

3.1.1. Fase 1 54

3.1.2. Fase 2 54

3.1.3. Fase 3 54

ETAPA 3 57

Difusión de resultados 57

4. Difusión de resultados 59

4.2.1. Sumidero 72

4.3.1. Sumidero de cubierta verde sin grava perimetral 75

4.3.2. Impermeabilización 76

4.3.3. Sustrato 76

4.3.4. Vegetación 77

4.4 Cubierta verde con rollos sedum 78

4.4.1. Impermeabilización 80

4.4.2. Sustrato 80

4.4.3. Grava perimetral 80

4.4.4. Tepes sedum 80

4.5 Sistema de retorno de aguas pluviales 81

4.6 Cubierta extensiva con vegetación alta “semi-extensiva” 82

4.7 Cubierta intensiva 83

4.8 Parametros de diferenciación de cubiertas extensivas 84

4.9 Parametros de diferenciación de la cubierta intensiva 88

5. Reflexiones finales	91
6. Recomendaciones	93
7. Referentes Bibliográficos	94
8. Anexos	
100	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Islas de calor en áreas urbanas	24
Figura 2. Impermeabilización del suelo	25
Figura 3. Materiales empleados en viviendas de Quito.....	26
Figura 4. Soluciones basadas en la naturaleza.	27
Figura 5. Servicios Ecosietemicos	32
Figura 6. Infraestructura verde natural y artificial	33
Figura 7. Línea del tiempo de cubiertas verdes	34
Figura 8. Cubierta verde explotada.....	35
Figura 9. Cubierta verde extensiva	35
Figura 10. Capas de la cubierta morada	36
Figura 11. Elaboración propia, 2023.....	36
Figura 12. Cubierta intensiva	37
Figura 13. Rueda de beneficios de cubiertas verdes	38
Figura 14. Diagrama de cubierta y fachada verde	40
Figura 15. Proceso de cubierta verde de Toronto.....	41
Figura 16. Porcentajes de área que debe ocupar la cubierta verde dependiendo de los m ² de construcción.	42
Figura 17. Cubierta del Ayudantamiento de Toronto	42
Figura 18. Proceso de implementación de cubiertas verdes.	43
Figura 19. Aplicación de cubierta verde en Alemania.	44
Figura 20. Proceso de implementación de cubiertas verdes.	45
Figura 21. Cubierta Verde en el Museo de Ciencias Naturales de Barcelona.	46
Figura 22. Proceso de implementación de cubiertas verdes.	47
Figura 23. Cubierta verde inclinada en vivienda de Bogotá.	48
Figura 24. Tabla resumen.....	49
Figura 25. Relación entre infraestructura y vegetación	59
Figura 26. Cubierta verde con 2 desagües	69
Figura 27. Detalle de cubierta verde en corte.	70

Figura 28. Detalle de cubierta verde isometrico.....	71
Figura 29. Detalle de sumidero en grava perimetral.	72
Figura 30. Cubierta verde sin grave perimetral en corte	73
Figura 31. Isometria de cubierta verde sin grava perimetral.....	74
Figura 32. Detalle de sumidero.....	75
Figura 33. Composición del sustrato para climas secos que requieren mayor retención de agua.76	
Figura 34. Composición de sustrato para climas humedos que no requieren mayor retención de agua.	77
Figura 35. Cubierta verde con rollos sedum en corte.....	78
Figura 36. Isometrico de cubierta con rollos sedum.....	79
Figura 37. Diagrama de retorno de aguas pluviales.	81
Figura 38. Cubierta extensiva con aumento de sustrato en arbusto.	82
Figura 39. Cubierta intensiva y su dimensión	83
Figura 40. Cubierta con cespced sintetico.....	92
Figura 41. Vista general de cubierta verde del edificio Shyris Parc.....	100
Figura 42. Grava perimetral de la cubierta verde.	100
Figura 43. Sumidero ubicado dentro de grava.....	100
Figura 44. Capa de grava, cespced y planta ornamental.	100
Figura 45. Helecho macho plantado en cubierta.....	101
Figura 46. Siete Cueros plantada utilizado en la cubierta.....	101
Figura 47. Cigarrillo (Cuphea ignea).....	101
Figura 48. Vinca mayor (Vinca major).....	101
Figura 49. Cubierta ajardinada y tapizada	102
Figura 50. Arbusto cerezo magenta	102
Figura 51. Uso de grava para filtrar el agua mas rapido	102
Figura 52. Arbusto con mayor dimensión del sustrato	102
Figura 53. Vegetación nativa utilizada en cubierta	103
Figura 54. Uso de maceteros para arboles mas grandes	103
Figura 55. Uso de vegetación de poca altura.....	103
Figura 56. Variedad de plantas y colores formando una composición.	103

Figura 57. Vista generla de la cubierta.	104
Figura 58. Césped usado como tapizante.	104
Figura 59. Uso de vegetación ornamental en el perímetro de la cubierta ,	104
Figura 60. Area de interacción social.	104
Figura 61. Uso de maceteros para vegetación de mayor altura.	105
Figura 62. Sumidero ubicado al nivel de la capa vegetal.	105
Figura 63. Helecho macho (<i>Dryopteris affinis</i>).	105
Figura 64. Aspersor con sistema automatico de riego.	105
Figura 65. Deterioro de la estructura y sistema de riego.	106
Figura 66. Uso de maceteros para arboles pequeños	106
Figura 67. Lengua de suegra (<i>Dracaena trifasciata</i>).	106
Figura 68. Cubiera verde en mal estado.	106
Figura 69. Deterioro en el jardin	107
Figura 70. Césped en mal estado por falta de matenimiento.	107
Figura 71. Vegetación oramental.	107
Figura 72. Sumidero ubicado al nivel del geodren.	107
Figura 73. Visual generla de la cubierta.	108
Figura 74. Cubierta con jardinera y grava perimetral.	108
Figura 75. Cubierta verde con jardinera perimetral.	108
Figura 76. Uso de plantas leñosas y arbustivas	108
Figura 77. Uso de grava perimetral para el filtrado de agua.	109
Figura 78. Cubierta verde a manera de tapizante.	109
Figura 79. Formio común (<i>Phormium tenax</i>)	109
Figura 80. Cubierta sin grava perimetral para su filtración.	109
Figura 81. Cubierta sintetica con pequeñas plantas usualmente confundida como una cubierta verde natural.	110
Figura 82. Césped sintetico usado como tapizante	110
Figura 83. Maceteros en los alrededores de la cubierta.	110
Figura 84. Plantas pequeñas usadas en los maceteros.	110
Figura 85. Uso plantas suculentas	111
Figura 86. Cerezo magenta usada como planta ornamental.	111

Figura 87. Begonia semperflorens usada en maceteros.....	111
Figura 88. Aizoáceas plantas suculentas ornamentales.	111
Figura 89. Colocación del drenante sobre la cubeta.....	112
Figura 90. Medición del sustrato artificial.	112
Figura 91. Corte del fieltro con la medida exacta.	112
Figura 92. Humectación del sustrato.	112
Figura 93. Colocación de la capa vegetal.	113
Figura 94. Riego de la capa vegetal.	113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de la cubierta verde del edificio Shyris Parc.....	60
Tabla 2. Características de la cubierta verde del edificio Torre Centre.....	61
Tabla 3. Características de la cubierta verde del edificio Sense.....	62
Tabla 4. Características de la cubierta del edificio del Ministerio de Educación.....	63
Tabla 5. Características de la cubierta verde del edificio Atelier.....	64
Tabla 6. Características de la cubierta verde del edificio Cosmopolitan.	65
Tabla 7. Plantas utilizadas en los diferentes casos de estudio de Quito.	67
Tabla 8. Plantas nativas de Sudamérica.....	68
Tabla 9. Árboles que pueden usarse en una cubierta intensiva.	68
Tabla 10. Parametros de las cubiertas extensivas tradicionales.	84
Tabla 11. Parametros de cubierta extensiva con rollos sedum y semi-extensiva.	86
Tabla 12. Parametros de la cubierta intensiva.....	88

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Cubierta verde del edificio Shyris Parc	100
Anexo 2. Cubierta verde - Edificio Torre Centre.....	102
Anexo 3. Cubierta verde - Edificio Atelier	104
Anexo 4. Cubierta verde - Ministerio de Educación.....	106
Anexo 5. Cubierta verde - Edificio Sense	108
Anexo 6. Cubierta Verde - Cosmopolitan Parc.....	108
Anexo 7. Cubierta artificial	110
Anexo 8. Proceso de una instalación de un prototipo de cubierta verde con rollo sedum	112

ETAPA 1

Conocimiento previo



1. Conocimiento previo

1.1 Introducción

En la actualidad el cambio climático ha sido un tema complejo que amenaza el desarrollo de la vida. Sin embargo, es importante aclarar que es un evento natural pero lo que habría tomado millones de años, ha tomado en realidad dos siglos debido a las acciones desmedidas de los humanos (Bárcena et al., 2020). Esta crisis climática es el resultado de diferentes factores, como la emisión de gases invernadero, utilización de combustibles fósiles, producción agrícola, deforestación y expansión urbana (Sánchez et al., 2020).

Teniendo en cuenta las diferentes causas del cambio climático, se puede indicar que la sociedad se verá inmersa dentro de un gran problema ambiental a nivel catastrófico. Identificando a las urbes como uno de los principales elementos que más contribuye al problema, siendo un factor que no solo afecta de manera ambiental sino también de manera social y económica a sus habitantes (Novillo, 2018).

Para Llop & Vivanco (2017), así como para Martino (2019), las últimas investigaciones realizadas por la UNICEF y la OMS en la mayoría de los países latinoamericanos el 91% de las personas pasarán a vivir dentro de las urbes. Por lo que se obtendrá como consecuencia una aglomeración y expansión desmedida debido a su modelo de consumo de recursos.

Es decir, la ciudad necesita consumir una gran cantidad de recursos para su funcionamiento, y no es únicamente de materias primas sino también de recursos hídricos, energéticos, térmicos y alimenticios. Esto implica que se los use desmedidamente para la elaboración de todo tipo de productos para la población local, dejando como resultado una gran cantidad de desechos que no son reutilizados (Moreno, 2021).

La temperatura es uno de los factores ambientales que más impacto tiene sobre la superficie terrestre (Castrejón et al., 2023). Además, de las actividades humanas, la ocupación del suelo determina diferentes condiciones climáticas (Mercado, 2019).

En varias ciudades de Latinoamérica existen áreas destinadas a la industria en el que la isla de calor se centra más en dicho sector que en los sectores en el que hay mayor presencia de vegetación y espejos de agua (Reyes-Escobedo & Aguiluz-León, 2023). Un ejemplo que podemos tomar es la ciudad de Bogotá, la temperatura es mayor en el centro del área urbana, específicamente en las zonas industriales, mientras que, en las áreas cercanas a los cerros, las temperaturas son significativamente más bajas (Giraldo et al., 2022).

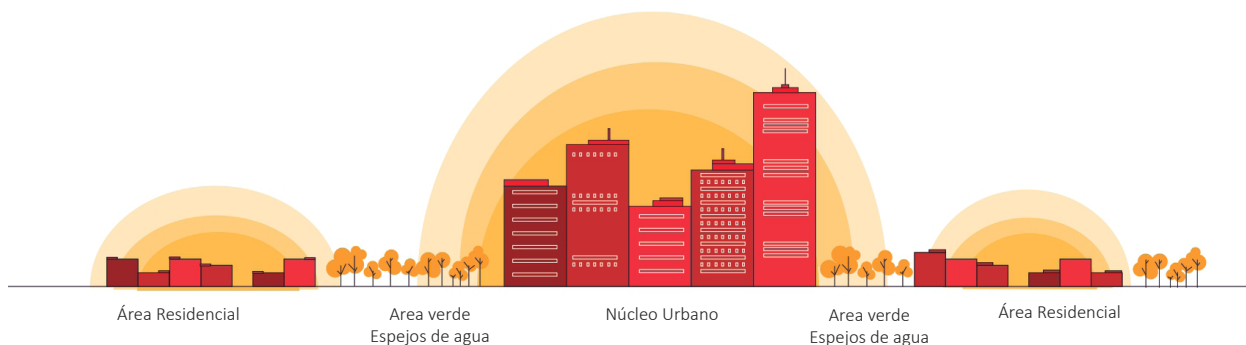


Figura 1. Islas de calor en áreas urbanas

Fuente: Elaboración propia, 2023.

En el caso de Quito, debido al crecimiento poblacional, la mancha urbana y los cambios en el uso del suelo hace que diferentes zonas de la ciudad tengan temperaturas variables en cuanto a las islas de calor, ya que el desplazamiento de las áreas verdes, disminución de áreas agrícolas, contaminación de caudales y los rellenos de quebradas tienen su influencia en las variaciones climáticas (Cubillo et al., 2020).

Por otro lado, el desplazamiento de las áreas verdes viene marcado por la incapacidad del municipio de regular la informalidad que crece a diario por invasiones y la presencia de mercados no regulados, haciendo que, en varios lugares, la existencia de áreas verdes sea nula o muy poca (Cuvi & Gómez, 2021). Según la OMS la superficie verde recomendada que debe haber por habitante es de 9m² (Hidalgo-Márquez & Hidalgo-Contreras, 2022). Además, debido al crecimiento de la mancha urbana hace que de igual forma crezcan las áreas impermeables siendo un problema en temporada de lluvias.

Es decir, en las áreas urbanas, la escorrentía de las aguas pluviales se ve dificultada debido a la impermeabilización del suelo evitando de que el agua se filtre por la tierra de una manera lenta, por lo que es complicado implementar un control efectivo sobre el agua lluvia (Fernandez, 2022). Además de que el agua lluvia lleva consigo una gran cantidad de contaminantes ya que durante su ciclo pasa por la atmósfera donde se concentran gran cantidad de CO₂ dando un pH ácido de 5.5 y 5.6, siendo un problema para la recolección de agua lluvia y hacerla apta para su consumo (Pérez, 2021).

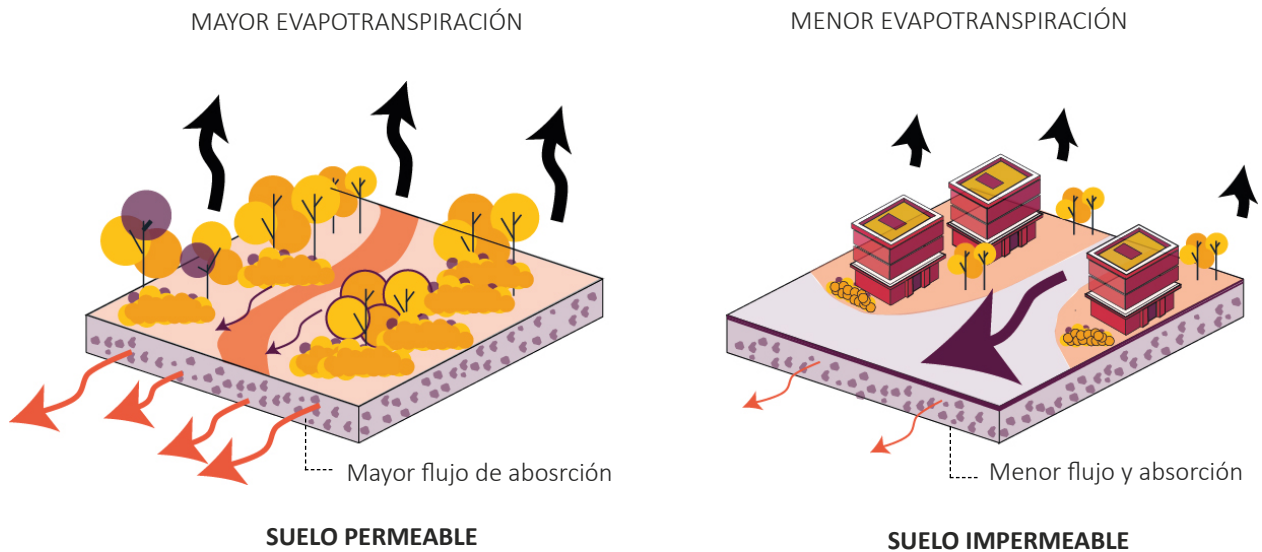


Figura 2. Impermeabilización del suelo
Fuente: Elaboración propia, 2023.

En Quito se ha planteado un plan de acción climático abarcando diferentes problemáticas ambientales como el manejo de residuos y el consumo de recurso, tomando desde diferentes dimensiones y sectores para plantear acciones adecuadas, por ejemplo, el uso de servicios ecosistémicos y el uso de vegetación para contrarrestar los efectos del cambio climático en el que permitirá mejorar la calidad de vida de la población y cumplir con los objetivos planteados para el 2030 y el 2050 (PACQ, 2020).

A pesar de que ya lleva varios años el plan de acción climática, actualmente solo hay una ordenanza en donde habla sobre los Sistemas urbanos de Drenaje Sostenible o SUDS la cual son técnicas de gestión para aguas pluviales para controlar la escorrentía, con el objetivo de reducir la cantidad de agua que despiden las edificaciones que reciben

grandes cantidades de aguas pluviales, además, tanto las entidades y personas a cargo del diseño y construcción de proyectos tanto habitacionales, urbanísticos, áreas verdes se ven en la obligación de implementar algún sistema urbano de drenaje sostenible, siguiendo las normas y aspectos técnicos planteadas por la norma técnica de la EPMAPS (Municipalidad de Quito, 2019).

Asimismo, el 75% de las construcciones en Quito están hechas de mampostería, y el tipo de bloques varía entre ladrillos sólidos, piedra y arcilla (Calderón et al., 2021). En adición, al menos el 60% de las construcciones presenta cierto grado de fragilidad estructural (Quito Como Vamos, 2021). Por lo que podemos apreciar, es que en las construcciones predomina materiales de hormigón y cemento, dejando a un lado elementos vegetales ni estrategias de infraestructura verde.

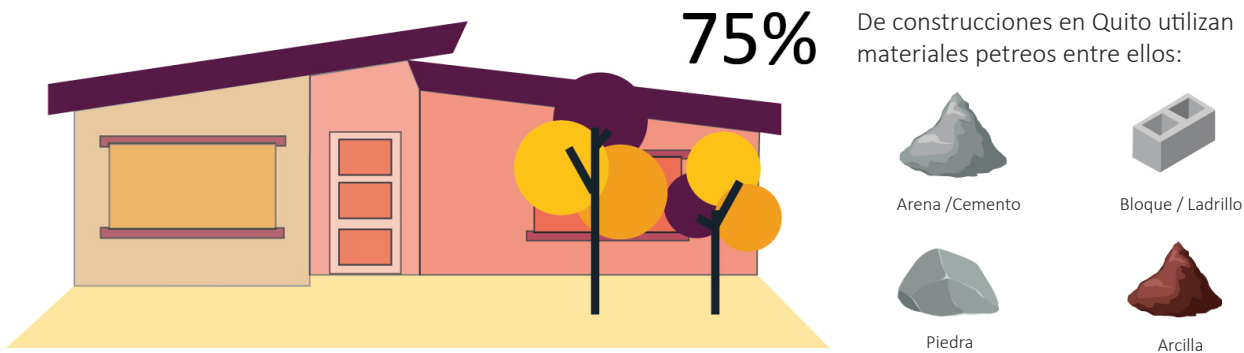


Figura 3. Materiales empleados en viviendas de Quito.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Existen pocas edificaciones que integran infraestructura verde como por ejemplo el edificio del Ministerio del Ambiente que ha incorporado una cubierta verde, pero de manera ornamental, por lo que el proyecto lo plantearon en base a dos ideas: una dirigida a la disminución de temperatura y como elemento para incrementar la humedad en la atmósfera, y otra orientada a la parte visual y paisajística (BAQ, 2010). Sin embargo, no existen datos o un análisis en el que indique sobre la eficiencia de la cubierta utilizada. Además, de que en este caso se utilizó pensando más en la estética que en lo funcional.

En la actualidad, se busca diferentes maneras de solucionar los problemas ambientales dentro de las urbes, en la que los servicios ecosistémicos aplicados dentro de la ciudad se convierten en una idea prometedora frente a la crisis ambiental, por lo que la utilización de la infraestructura verde como fachadas y cubiertas ofrecen una amplia lista de servicios ecosistémicos (Moya, 2018).

Este tipo de infraestructura al ser una solución basada en la naturaleza (SBN) permite el estudio de los diferentes procesos ecológicos que dan la posibilidad de solucionar problemáticas actuales de manera integral y sostenible a diferencia de otras soluciones planteadas con infraestructuras grises (Inostroza et al., 2020). Por lo tanto, es una ventaja porque da la posibilidad de volver a replantear los objetos arquitectónicos como un elemento que puede acoplarse a la naturaleza con la utilización de vegetación para mejorar la ciudad.

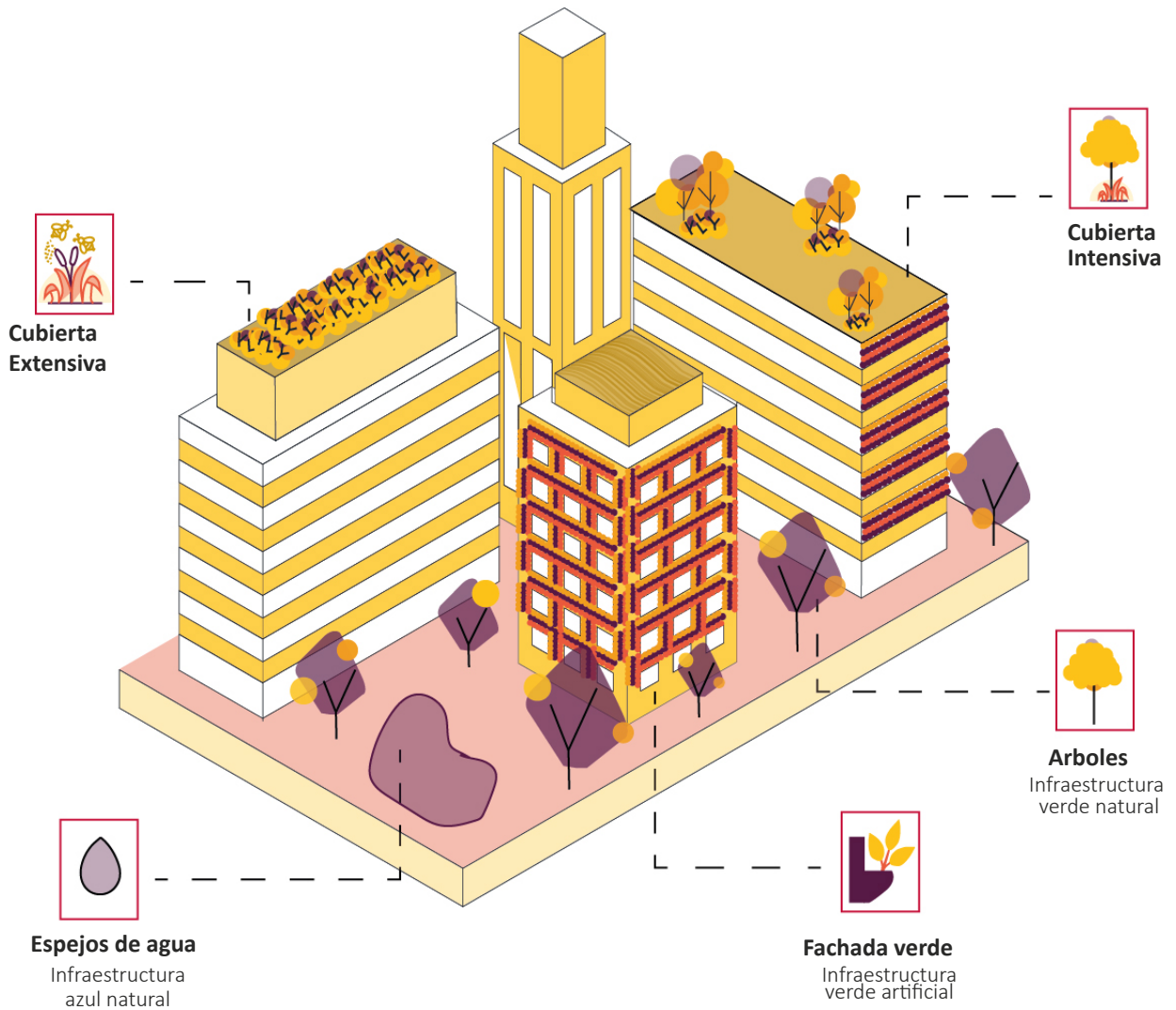


Figura 4. Soluciones basadas en la naturaleza.
Fuente: Elaboración propia, 2023.

Las ciudades en las que se está empleando este tipo de infraestructura verde crean estrategias o tienen dentro de sus políticas normas para la implementación en edificios que están por construirse y también en edificaciones existentes, un ejemplo claro es la ciudad de Toronto en la que ya cuentan con una ley en la que los propietarios de edificaciones se ven en la obligación de implementar este tipo de infraestructura (Chaban-Kabakibo, 2020).

Mientras que en otras ciudades es aun de manera opcional, pero proveen toda la información necesaria para su utilización, por ejemplo, la ciudad de Bogotá la cual no cuenta con una ley que exija la implementación obligatoria, pero dan capacitación, asesoría técnica sin ningún costo (Secretaría Distrital de Ambiente, 2019). Además, en su página web proveen de una Normativa y un Catálogo de especies vegetales con todas las especificaciones técnicas en cuanto a radiación, densidad, requerimiento de riego, tipo de sustrato y su mantenimiento.

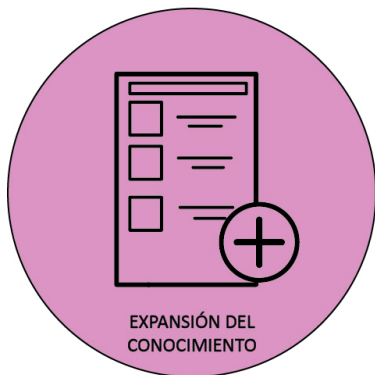
El apoyo por parte de las entidades gubernamentales se convierte en un punto clave por parte de las autoridades en busca de mejorar la calidad de vida las personas apoyando a la concientización e impulsar el uso de este tipo de infraestructura verde, sin embargo, es esencial una planificación de corto, mediano y largo plazo que sirva como un instrumento para establecer objetivos y acciones tácticas que den la posibilidad de transformar la ciudad actual a un modelo urbano con emisiones bajas de gases de efecto invernadero (PACQ,2020).

La implementación de cubiertas verdes se convierte en un paso en busca de la sostenibilidad. Por lo que su aplicación ofrece ventajas sociales, económicos y ambientales dando la posibilidad de disminuir los daños causados al planeta y de ser resilientes a las nuevas condiciones climáticas (López et al., 2020).

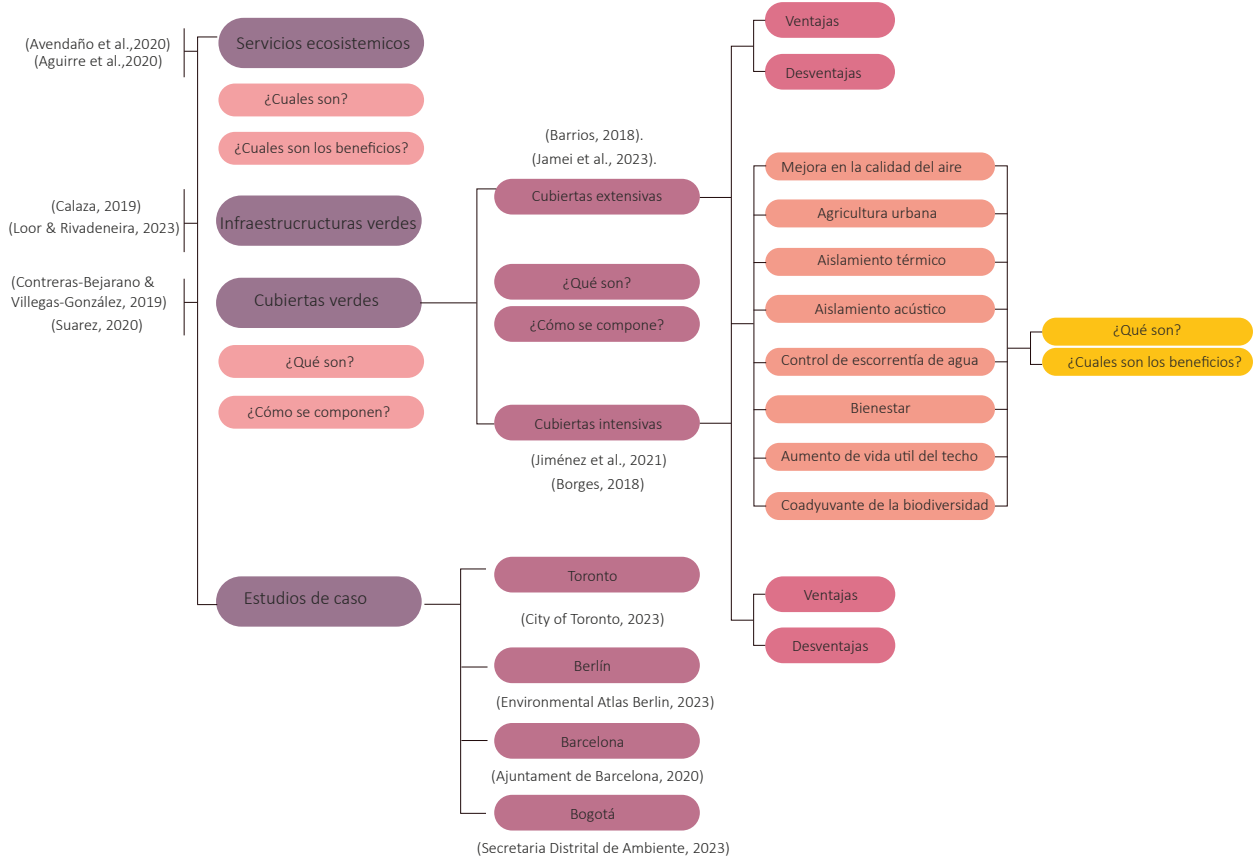
Además, de que mediante la utilización de las cubiertas verdes se puede lograr que las ciudades sean un lugar de abundante biodiversidad y también de hacer uso de los servicios ecosistémicos en los que encontramos a la purificación del aire y agua, la obtención de alimentos, salud, bienestar humano y regulación de temperatura (Alianza IKI México, 2019).

En este contexto esta tesis es relevante ya que este tipo de información no existe, por lo cual la aplicación de este tipo de infraestructura no es aplicada en la ciudad de Quito. Además de que esta investigación aporta información sobre sus tipologías, especificaciones técnicas, y los beneficios que da las cubiertas verdes.

El objetivo de esta tesis es determinar las tipologías de cubiertas verdes y sus características con la finalidad de identificar sus beneficios que estas pueden aportar a la edificación, el ser humano y su entorno. Además, de realizar una catalogación según su tipología con el fin de proporcionar información técnica que contribuya a la expansión del conocimiento acerca de esta infraestructura donde se facilite su aplicación en nuevos proyectos arquitectónicos que se vayan a desarrollar a futuro para mejorar la calidad de vida de la población.



2. Fundamentación Teórica



2.1 Marco Conceptual

2.2 Servicios Ecosistémicos

En la actualidad no existe una definición concreta acerca de los sistemas ecosistémicos, sin embargo, gran parte de los autores que han mencionado este tema abarcan de manera general a que los servicios ecosistémicos son el conjunto de procesos o funciones que se obtienen por parte de la naturaleza en beneficio de la humanidad (Avendaño-Leadem et al., 2020). Sin embargo, para Aguirre et al. (2020), define como servicios a los ecosistemas que proveen a nivel local, relacionándolo con los bienes ambientales y las funciones ecosistémicas, formando una relación de física entre el ambiente físico, flor, fauna y la energía solar.

Por lo que, existe una clasificación de los servicios ecosistémicos basadas en 4 tipologías, que son: Servicios culturales; servicios de regulación; servicios de aprovisionamiento; y servicios de sostenimiento (Acuña, 2022).

Servicios culturales: Actividades enfocadas para el desarrollo del entorno social como el ecoturismo (Acuña, 2022).

Servicios de regulación: Beneficios que se obtienen en base a la gestión de los ecosistemas como por ejemplo la calidad del aire, del agua, ciclo del agua, del carbono y la calidad del suelo (Acuña, 2022).

Servicios de aprovisionamiento: Son los bienes que pueden ser aprovechados por el ser humano tanto para su consumo como necesidades básicas, por ejemplo, el agua, productos medicinales, agua, etc. (Acuña, 2022).

Servicios de sostenimiento: Son servicios que sirven de apoyo para mantener el desarrollo de la vida. Además, de ser servicios claves para el funcionamiento de los ecosistemas, como, por ejemplo: el ciclado de nutrientes, formación del suelo y provisión de hábitat (Acuña, 2022).

A pesar de que los servicios ecosistémicos ofrecen una gran cantidad de ventajas y ser útil para mantener el desarrollo sustentable (de los cuales encontramos la mitigación del ruido, mejoramiento en la calidad del aire, escorrentía del agua, agricultura urbana, confort y bienestar), existe una carencia de conocimiento por lo que aumenta la sobreexplotación de recursos, por lo que el consumo de bienes ambientales.

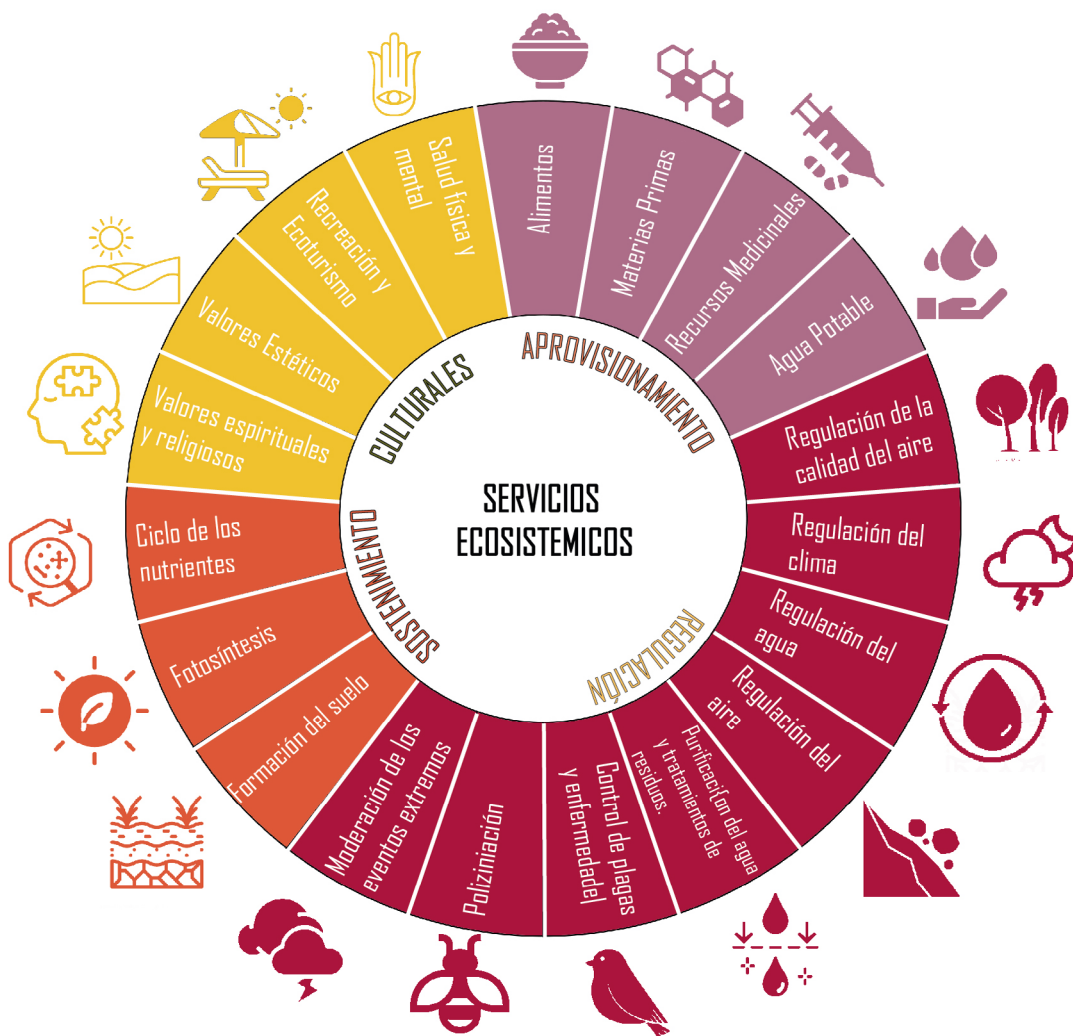


Figura 5. Servicios Ecosietemicos
Fuente: Elaboración propia, 2023.

2.3 Infraestructuras Verdes

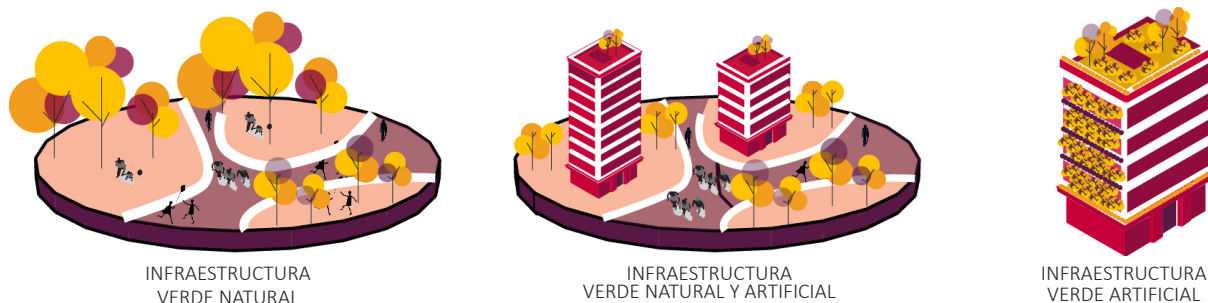


Figura 6. Infraestructura verde natural y artificial

Fuente: Elaboración propia, 2023.

El término INFRAESTRUCTURA VERDE se compone de dos palabras opuestas, pero que juntas se la interpreta de una manera totalmente diferente (Calaza, 2019). Si se analiza individualmente cada uno de los términos, se puede dar una gran cantidad de significados, por ejemplo, la palabra VERDE se la relaciona de manera directa al conjunto de actividades que buscan un equilibrio con el ambiente, mientras que, por otro lado, INFRAESTRUCTURA es otro término utilizado con una gran cantidad de significados; sin embargo, de manera general puede establecerse como un sistema que basa su funcionamiento en una red (Loor & Rivadeneira, 2023).

Este término inclusive tiene una variación en cuanto a su función, utilización y características, por ejemplo, en Estados Unidos se le interpreta como aplicación enfocada en el área urbana para un control sobre las aguas de tormentas (Calaza, 2019). Mientras que para la Comisión Europea es el mejoramiento del capital verde de Europa, incluyendo la gran cantidad de beneficios que estos pueden tener (Fazeli & Ituarte, 2021). Por lo tanto, el concepto de este término puede variar dependiendo en qué lugar nos encontremos.

Las infraestructuras verdes se componen de elementos naturales como, por ejemplo: bosques, praderas, elementos de vegetación lineal, arboles, ríos y estanques. De la misma manera se compone también de elementos artificiales que lo conforman los túneles de fauna, pasos de peces las cuales ayudan a formar conexiones entre las especies y su entorno (GRETA, 2020). Por lo que la versatilidad de las infraestructuras verdes provee varias ventajas que abarcan diferentes áreas desde la regulación del clima, preservación de la biodiversidad, la purificación del aire, vínculos directos con la naturaleza. (Aguirre et al., 2018).

2.4 Cubiertas verdes

Una cubierta verde se le puede definir como un sistema constructivo, en el que tiene como base una capa vegetal que permita aislar el objeto arquitectónico de las diferentes condiciones ambientales extremas, es decir, este tipo de infraestructura permite que el objeto arquitectónico no esté expuesta directamente a las diferentes condiciones climáticas que puedan llegar a comprometer la integridad del edificio, además, la utilización de este tipo de sistemas ofrece una variedad de beneficios, como, por ejemplo: mitigación de escorrentía de agua, reducción de la isla y calor urbano, acondicionamiento térmico, aumento de biodiversidad, purificación del aire (Contreras-Bejarano & Villegas-González, 2019).

Hay que aclarar que los techos verdes no son un tema nuevo, sino que es un sistema que ya se han venido utilizando desde varios años atrás por otras civilizaciones, como en el caso de la cultura Mesopotámica, con los Jardines Colgantes de Babilonia, el cual se cree que se componía de una gran cantidad de terrazas en las que estaba lleno de una gran cantidad de vegetación, la cual era regada con las aguas del río Éufrates (Ferràndiz, 2019).

Durante la edad media, en países nórdicos era común que las cubiertas fueran de césped, las cuales se asemejan en cuanto a las soluciones que se busca en la actualidad, por lo que era común las viviendas de madera, utilizando diferentes capas de césped, corteza de abedul como impermeabilizante y tablones de madera con una inclinación de 22 a 44 grados para evitar un deslizamiento de la capa de césped o una menor eficiencia; mientras que por otro lado en Alemania desde el siglo XIX, ha venido desarrollando las cubiertas vegetales, hasta que en 1839 nace la cubierta con un mejor aislamiento acústico y su resistencia al fuego (Borges, 2018).



Figura 7. Línea del tiempo de cubiertas verdes

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Desde 1961 en Europa en cambio, se empezó a realizar estudios acerca de los techos verdes, para identificar sus condicionantes, características y estructura (López-González et al., 2020). Sin embargo, la implementación de este tipo de infraestructura en edificaciones generalmente requiere información técnica especialidad, ya que se maneja bajo diferentes parámetros en cuanto a su materialidad, tipo de cubierta, dimensión del sustrato, tipo de vegetación, y condiciones climáticas, pero a nivel general la cubierta se compone del sustrato, láminas de geotextil, membranas impermeabilizantes, membranas filtrantes y la capa vegetal (Castro, 2018).

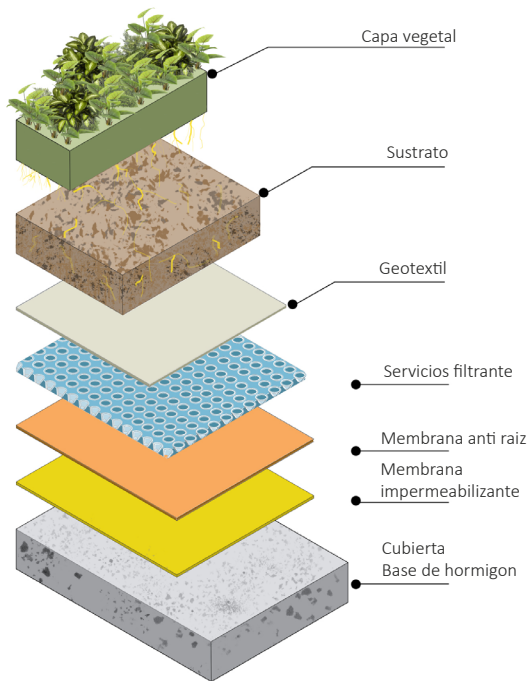


Figura 8. Cubierta verde explotada
Fuente: Elaboración propia, 2023.

2.5 Cubierta extensiva

Las cubiertas extensivas funcionan como una capa con fines ecológicos, en la que se obtiene beneficios en niveles medioambientales como el costo de su mantenimiento, además de ofrecer aislamiento térmico, inclusive este tipo de sistemas es ideal para instalarlos en las cubiertas que son de difícil acceso, o en cubiertas con pendiente que puede variar desde el 5% hasta el 36% de inclinación (Rodriguez et al., 2021).

Este tipo de cubiertas se ve caracterizada por una limitada variedad de vegetación, uso de sustratos delgados, su peso no representa una gran carga estructural y también son de bajo costo (Jamei et al., 2023). Las especies vegetales que mejor se adaptan son los pastos, herbáceas, musgos, bulbos y tubérculos. Por lo que no requieren de mucho mantenimiento (Barrios, 2018).

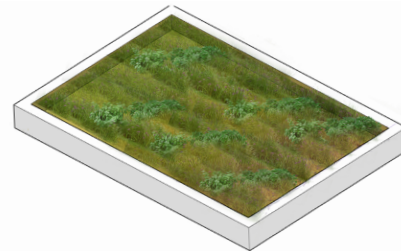


Figura 9. Cubierta verde extensiva
Fuente: Elaboración propia, 2023.

La cubierta en cuanto a su peso es liviana, ya que la carga varía de 50kg/m² y 70kg/m² tomando en cuenta con el sustrato saturado de agua. El sustrato en este tipo de cubiertas se compone de materiales inorgánicos, para que no haya problemas al momento de drenar el agua, aunque existe agregados de origen volcánico el drenaje no presenta ningún tipo de problema, además retiene la humedad (TOXEMENT, 2020).

2.6 Cubierta morada - Purple roof

En los purple roofs o los techos morados se enfoca en una optimización de la cubierta verde utilizando la fricción usando lana de roca para la retener el agua y también usado como una capa en segundo plano para las raíces, que además funciona como una capa que permite almacenar agua, la cual se mantiene durante varias horas una vez haya finalizado la lluvia, asimismo también usa una capa de detención que permite regular la cantidad del flujo durante las fuertes lluvias (Purple-roof, 2024).

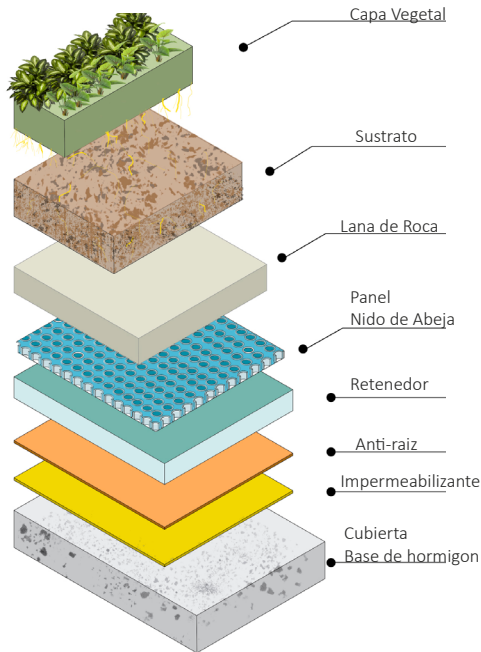


Figura 10. Capas de la cubierta morada
Fuente: Elaboración propia, 2023.

2.7 Cubierta azul - Blue roof

Los blue roofs son parte del sistema urbano de drenaje sostenible SUDS en donde el techo azul es quien restringe momentáneamente el flujo haciendo más lento el drenado de agua en un periodo de 48 horas, además de que se vincula con la cubierta verde en donde su método de construcción puede variar dependiendo el volumen de agua que se requiera retener, desde un sistema de vacío, de celdas y sistema usando un sustrato especial que retiene el agua (Bauder, 2023).

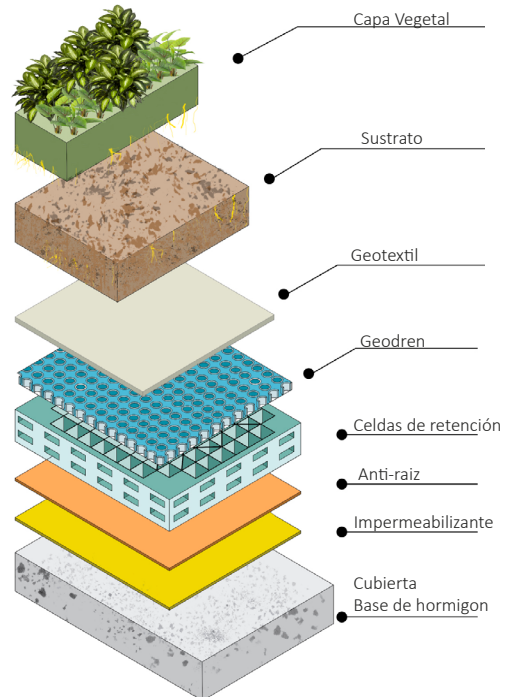


Figura 11. Elaboración propia, 2023.
Fuente: Elaboración propia, 2023.

2.8 Cubierta intensiva

Las cubiertas intensivas se asemejan a un jardín en varios aspectos, ya que comparten beneficios similares a los que se encuentran en los pequeños parques, por lo que, en términos de vegetación, son considerablemente más variadas en comparación con las cubiertas extensivas, incluyendo plantas perennes, pasto, arbustos, bulbos y árboles, no obstante, a diferencia de las cubiertas extensivas, las cubiertas intensivas requieren un mayor nivel de mantenimiento, lo que implica actividades de jardinería como fertilización, riego, limpieza y corte del césped (Jiménez et al., 2021).

En este caso de cubiertas el sustrato puede variar desde los 15cm hasta los 100cm debido a que en este tipo de cubiertas se pueden llegar a usar arbustos o árboles de gran tamaño, aunque generalmente son considerado como un jardín por lo que lo hace transitable, haciendo que este sistema represente una carga mucho mayor a la estructura del objeto arquitectónico, además, es importante determinar que la tipología de la vegetación debe adaptarse a las condiciones geográficas y climáticas, porque en caso de áreas y climas secos, se ve necesario en emplear un sistema de riego por aspersión o goteo (Borges, 2018).

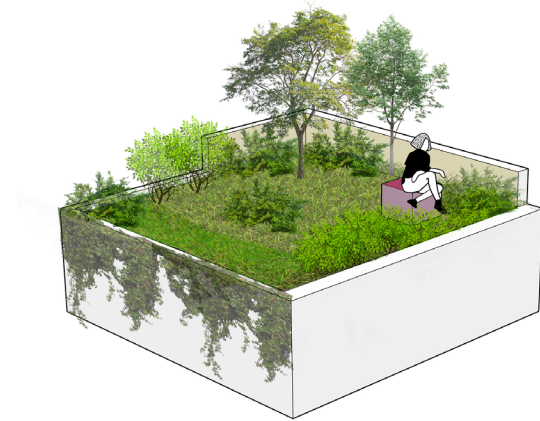


Figura 12. Cubierta intensiva
Fuente: Elaboración propia, 2023.

2.9 Beneficios de las cubiertas verdes



Figura 13. Rueda de beneficios de cubiertas verdes
Fuente: Elaboración propia, 2023.

Hay muchas ventajas que nos dan las cubiertas verdes, de las que da soluciones en diferentes áreas, desde la contaminación del agua y aire, confort hasta soluciones ambientales.

2.9.1. Mantenimiento de la calidad del aire

Debido al proceso de fotosíntesis liberan oxígeno a partir del consumo de dióxido de carbono CO₂ emitidas por el transporte público y la descomposición de la materia orgánica. Esto da la posibilidad de regular los gases atmosféricos, siendo fundamental dentro de las áreas urbanas densamente pobladas (Villegas & Rodríguez, 2022). Además, la cubierta verde da la posibilidad de almacenar el CO₂ en la biomasa vegetal, denominando a este proceso como retención de carbono terrestre (Vidal, 2018). Asimismo, la vegetación también tiene la capacidad de retener en sus hojas las partículas de polvo que luego son llevadas por la lluvia (Chaban-Kabakibo, 2020).

2.9.2. Aislamiento acústico

En el caso del aislamiento acústico, es un factor esencial ya que al desarrollar nuestras actividades dentro de la urbe estamos expuestos a una gran cantidad de ruido. Por lo que al momento de utilizar una capa vegetal al igual que el sustituto funcionan como una pared que permite la disminución del ruido hacia el interior de la edificación, pero el coeficiente de aislamiento acústico puede aumentar cuando existe humedad (Reyes, 2017). Inclusive hay varios estudios hechos en Europa indican que pueden disminuir el coeficiente entre 5 a 10 decibels, por lo que representaría casi un 50% de reducción de ruido (Chaban-Kabakibo, 2020).

2.9.3. Aislamiento térmico

El uso de la vegetación hace que los cambios de temperatura interior y exterior no sean tan grandes, permitiendo que exista una mejora en cuando estabilidad térmica; además, al haber una segunda capa vegetal evita que la transmisión de calor hacia el interior de la infraestructura sea mucho más lenta, siendo las plantas una capa aislante que absorbe entre el 50% y el 90% de la radiación, principalmente durante el verano (Villegas & Rodríguez, 2022).

2.9.4. Control de la escorrentía del agua

Las cubiertas vegetales permiten tener un control sobre las aguas pluviales en las urbes, ya que dan la capacidad de disminuir las inundaciones mediante la retención de agua, puesto que las plantas durante su crecimiento absorben grandes cantidades de agua por lo que se reduce el flujo de agua durante la temporada de lluvias, además de favorecer a la evapotranspiración aportando al mantenimiento del ciclo del agua (López et al., 2020).

2.9.5. Agricultura urbana

Dentro las ciudades las cubiertas verdes representan una manera alternativa y funcional mediante la agricultura urbana ya que la vegetación utilizada puede también producir diferentes tipos de alimentos, representando un ahorro en la compra de productos, además, este tipo de cultivos da la posibilidad de obtener productos totalmente frescos, disminuyendo el tiempo que debe tener en refrigeración (Arvizu, 2018).

2.9.6. Aumento de vida de la cubierta

Generalmente el deterioro de una cubierta es la incidencia directa de rayos UV, más el cambio de temperatura a lo largo del día, sin embargo, si se utiliza una base de sustrato y una capa vegetal a lo largo y ancho de la cubierta, la incidencia de los rayos UV ya no es directa debido a que las plantas soportan la exposición directa del sol, permitiendo que la vida del techo puede triplicar el tiempo evitando el acelerado deterioro de las cubiertas vegetadas (Toxemen,2020).

2.9.7. Bienestar

La presencia de cubiertas verde mejora la salud mental y el rendimiento laboral ya que las personas durante el receso pueden estar cómodos en áreas donde sientan una conexión con la naturaleza, evitando que gran parte de los empleados tengan enfermedades y el porcentaje de mortalidad por enfermedades relacionadas por el estrés (Toxement, 2020).

2.9.8. Coadyuvante de biodiversidad

Con la existencia de cubiertas verdes, denominadas también como islas verdes sirve como un pequeño ecosistema para el desarrollo de una gran variedad de invertebrados dentro de los cuales podemos encontrar herbívoros, micófagos, detritívoros, hematófagos, depredadores, parasitoides, omnívoros y polinizadores, dando como resultado la existencia de varios procesos biológicos y servicios ecosistémicos como la polinización, descomposición y estabilización del sustrato y el control de plagas (Huespe, 2021).

2.10 Estado del Arte/Estado de la Cuestión

Existen diferentes ciudades que han aplicado este tipo de infraestructura, en donde han desarrollado diferentes políticas para promover la utilización de cubiertas verdes. Por lo que tanto los municipios como los ayuntamientos de las diferentes ciudades, han planteado y aprobado diferentes planes de financiamiento, concursos y capacitación para información a la población de este tipo de beneficios. Además, de que se ha demostrado un incremento en el uso de este tipo de infraestructuras.

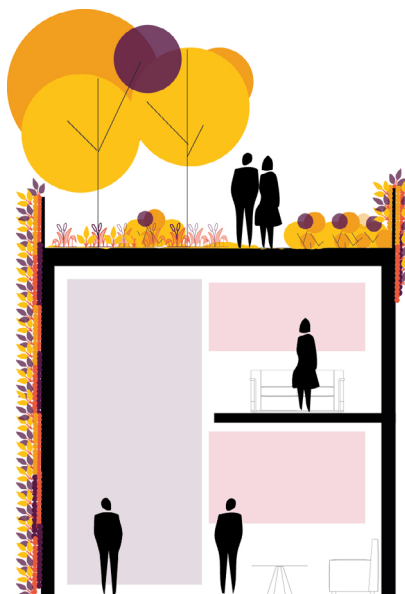
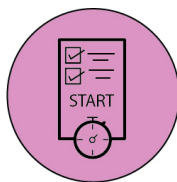


Figura 14. Diagrama de cubierta y fachada verde
Fuente: Elaboración propia, 2023.

2.10.1. Toronto



Estudios de
Cubiertas Verdes



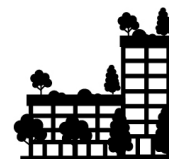
Programa Piloto



Ley de Cubiertas
Verdes



Aplicación de
Ley de Cubiertas Verdes



Total
1.2 MILLONES DE M2

Figura 15. Proceso de cubierta verde de Toronto.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

La estrategia denominada Hacer Realidad los Techos Verdes, La estrategia denominada HACER REALIDAD LOS TECHOS VERDES, se desarrolló después de un estudio por parte de la Universidad de Ryerson, estableciendo que en Toronto podría beneficiarse de un ahorro económico para la ciudad, especialmente en las áreas en el manejo de aguas pluviales reduciendo las islas de calor vinculadas con el uso de energía en climatización (City of Toronto, 2023).

En febrero del 2006, el consulado de la ciudad de Toronto toma la Estrategia de Cubiertas Verdes de Toronto para impulsar la construcción de techos verdes en la ciudad, por lo tanto, durante todo el año del 2006 el Consejo empezó con un programa piloto en el de ofrecer un incentivo financiamiento de 10\$ por m², el cual él tuvo un éxito garantizado con 16 aplicaciones aprobadas con un total de 3000m² de techos verdes, por lo que el siguiente año, 14 cubiertas verdes fueron aprobadas a través del proceso de planificación de la ciudad (City of Toronto, 2023).

A partir del 2009, Toronto es la primera ciudad norteamericana de adoptar el programa como ley para la implementación de este tipo de infraestructura verde, sin embargo, se la empezó a aplicar desde enero 31 del 2010 en edificios de nueva construcción tanto de uso residencial, comercial o institucional, por lo que desde el 2012, se empieza la aplicación sobre edificios industriales y debe aplicarse sobre cubiertas de edificios construidos recientemente y en proyectos que entren en la categoría de restauración (Chaban-Kabakibo, 2020).

Dentro de la ley de Cubiertas Verdes indica que Los edificios mayores a 2000 m² deben colocar cubierta verde de un 20% a 60%, dependiendo de los m² que tenga la construcción, varía el porcentaje que debe implementar sobre la cubierta (City of Toronto, 2023).

Área del edificio	Área de la cubierta verde
2.000 - 4.999 m ²	20%
5.000 - 9.999 m ²	30%
10.000 - 14.999 m ²	40%
15.000 - 19.999 m ²	50%
20.000 o mayor m ²	60%



Figura 16. Porcentajes de área que debe ocupar la cubierta verde dependiendo de los m² de construcción.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Dentro del margen estipulado por la ley se considera a las cubiertas a las siguientes áreas: Áreas diseñadas para instalación de sistemas renovables; Terrazas privadas en edificios residenciales; Áreas residenciales exteriores; Terraza de una torre en edificio con una superficie inferior a 750 m² (City of Toronto, 2023).

El reglamento de los techos verdes empieza a aplicarse dentro de las solicitudes de los permisos de construcción para los nuevos edificios industriales o ampliaciones en donde su superficie bruta del suelo es de 2000m² o más. Por lo que la instalación de este sistema debe cumplir con los estándares de construcción de techos verdes en Toronto (City of Toronto, 2023).

El propósito es tener un control de las cubiertas para que cumpla con los estándares necesarios, por lo que tiene un mínimo de requerimientos que incluyen las siguientes áreas: montaje, cargas, estabilidad de la pendiente, altura de antepecho, levantamiento del viento, seguridad contra incendios, ocupación, impermeabilización, drenaje, retención de agua, rendimiento de la vegetación, selección de plantas, irrigación y mantenimiento (City of Toronto, 2023).

En los dos primeros años de vigencia del plan de cubiertas verdes, se obtuvieron buenos resultados, en donde se generó 1.2 millones de metros cuadrados de áreas verdes en edificios institucionales, comerciales y residenciales, además de obtener un ahorro energético de más de 1.5 millones de Kilowatts por año, y también una reducción de 12.177m³ de aguas pluviales que fueron vertidas por la red de saneamiento, ya que la red de alcantarillado de la ciudad al menos el 25% son combinados. (Chaban-Kabakibo, 2020). En el 2022, 45 proyectos se completaron con un total de 6317 metros cuadrados de cubiertas (City of Toronto, 2023).



Figura 17. Cubierta del Ayudantamiento de Toronto

Fuente: Wikipedia, 2010.

2.10.2. Berlín



Figura 18. Proceso de implementación de cubiertas verdes.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Berlín se puede considerar como una de las ciudades más verdes de Alemania garantizando el aumento de biodiversidad en la capital, por lo que los techos verdes les permite hacer uso de los beneficios que estos dan como mejorar el clima, al igual que también evitan problemas durante las fuertes lluvias, reteniendo el agua protegiendo el sistema de alcantarillado (Environmental Atlas ambiental, 2014).

Además, existe el programa GrundachPlus en el que se aplica en todo el territorio alemán el cual tiene como objetivo del programa de GrundachPLUS no es únicamente incrementar el área o el número de cubiertas o fachadas verdes, sino de también impulsar los diferentes proyectos que se enfoquen en el desarrollo de ecologización de tejados y fachadas que se encuentre bajo diferentes condiciones (Departamento del Senado para Movilidad, tráfico, protección del clima y medio ambiente, 2021). Por lo que es importante abarcar desde las formas más habituales de solucionar los problemas hasta las nuevas, creativas y resilientes soluciones sin dejar de lado el aspecto social y como las personas se ven involucradas.

En 1975, se establecieron las pautas para investigar acerca de la vegetación y como estos influye en el mejoramiento ambiental, por lo que la FLL (Plan de desarrollo del paisaje de la sociedad de investigación) planteo un sistema de calificación que permita garantizar el cumplimiento de las medidas establecidas (Chaban-Kabakibo, 2020).

Desde 1980 Alemania es el país líder en la utilización de techos verdes, desde donde tuvieron un gran crecimiento con un promedio del 15 al 20% por año, por lo que en 1989 Alemania ya tenían implementado alrededor de 1 millón de m² en cubiertas verdes, y aumentando de la misma manera hasta 1996 donde ya había 11 millones de m² de techos verdes (Chaban-Kabakibo, 2020).

En 1983 comienza el programa de ecologización de patios en el centro de Berlín, por lo que contaba con un subsidio del 50-100% del costo total durante el programa desde 1983 hasta 1995, sin embargo, desde 1992, se indicaron los criterios para una planificación ambiental en Berlín, siendo las cubiertas y las fachadas como elemento disuasivo de la contaminación (Chaban-Kabakibo, 2020).

Desde el 2014, cualquier persona que quiera implementar un techo verde para hacer parte de la renovación del edificio, se puede solicitar financiamiento al banco aplicando como parte del programa Energieeffizient Sanieren (Eficiencia Energética) el cual da un máximo de 75.000 euros de crédito o hasta 50 000 euros en el caso de medidas individuales con el 1% de interés anual (Chaban-Kabakibo, 2020).

En el 2019, se lanza un nuevo programa denominado 1000 cubiertas verdes con un financiamiento de hasta 60 000 euros por edificio y un máximo de 60 euros por metro cuadrado (Chaban-Kabakibo, 2020).

Dentro de las políticas y directrices dadas por la FLL da información necesaria acerca de las diferentes tipologías de cubiertas verdes, al igual de proporcionar las normas de seguridad y protección contra incendios, inundaciones y rayos, además, existe una reducción de tarifas en cuanto al consumo energético y bonificación fiscal siempre y cuando se haga uso de este tipo de infraestructura verde (Agencias de Aguas de Lluvia de Berlín, 2023).

En la ciudad hay al menos 604.865 edificios incluyendo los parqueaderos en subsuelo sin edificios superpuestos, en donde tienen cubierta verde superior a 10m (Chaban-Kabakibo, 2020). En su totalidad, hay 400 ha de las áreas en techos son verdes representando un 3.9% centrándose especialmente en el centro de Berlín (Environmental Atlas ambiental, 2023).

Desde 1983 a 1985 hubo al menos 1643 proyectos aprobados entre patios y fachadas en el que representaba al menos 740 000m², mientras que en el caso de techos verdes hubo 65 000 m², sin embargo, entre fachada y cubierta, la diferencia es grande porque tuvo buena aceptación por parte de la población en tan poco tiempo, y el 3.2% es decir al menos 20 446 de 629 666 edificios en Berlín tienen techos verdes o áreas que tengan de más de 10m². Es decir, hay un total de 565 hectáreas de techos que están cubiertas por vegetación representando un 5.4% (Chaban-Kabakibo, 2020).

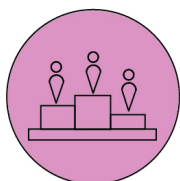


Figura 19. Aplicación de cubierta verde en Alemania.
Fuente: ADD GREENproject, 2023).

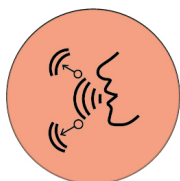
2.10.3. Barcelona



Plan de Cubiertas Verdes



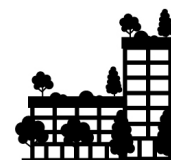
Concursos de Aplicación



Difusión y apoyo del programa



Manual de la FLL



Total
11 000 M2

Figura 20. Proceso de implementación de cubiertas verdes.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

En la ciudad de Barcelona el programa de azoteas vivas y cubiertas verdes es impulsada por el ayuntamiento para activar las cubiertas para convertirlas a áreas productivas. La ciudad de Barcelona tiene un clima mediterráneo, por lo que el uso y la rehabilitación de las cubiertas, azoteas y patios para aprovechar la gran cantidad de beneficios que estos nos permiten aumentar el área verde y la biodiversidad urbana, generando un ahorro en el consumo energético, siendo de esta manera una forma de adaptar a los edificios al cambio climático convirtiéndola en una ciudad resiliente (Ajuntament de Barcelona, 2023).

Además, el ayuntamiento promueve este programa mediante ayudas económicas para la renaturalización de la cubierta, soporte técnico, promueve la revisión de las normativas y actualizaciones de mapas en el que permita habilitar un mapa online para la geolocalización de las cubiertas que ya existen en el área, en donde, dentro de los datos existentes encontramos que hay un 67% de cubiertas que son accesibles, pero sin capa vegetal, mientras que hay un 20% de las cubiertas que se pueden adaptar para el aprovechamiento solar (Ajuntament de Barcelona, 2023).

Asimismo, este tipo de cubiertas pueden llegar a generar 400 000 megavatios hora al año en forma de agua caliente sanitaria o electricidad, la cual es 4 veces mayor al consumo generado por el alumbrado público en Barcelona (Ajuntament de Barcelona, 2023).

En el 2011 el Plan del verde y de la biodiversidad de Barcelona 2020 se da inicio teniendo como objetivo de promover una infraestructura verde que pueda proteger la biodiversidad dentro de la ciudad, generando conciencia acerca de la importancia de las áreas verdes dentro de las urbes y la resiliencia de las urbes (Chaban-Kabakibo, 2020).

En el año 2017, el ayuntamiento realiza el primer concurso de Cubiertas Verdes para fomentar el uso de este tipo de infraestructura verde, en el que se premia a diez participantes que hayan aplicado en viviendas, edificios, equipamientos u cualquier proyecto que represente un significativo impacto en el área ambiental, social y paisajístico (Ajuntament de Barcelona, 2020).

De la misma manera en el 2020 el ayuntamiento de Barcelona mediante el Instituto de Paisaje Urbano realiza un segundo concurso de cubiertas verdes, en el que se escogerán 10 ganadores en el que se financiara al menos el 75% del proyecto o hasta 100 000 euros (Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, 2020).

Dentro los programas y concursos apoyados por el ayuntamiento, se ha obtenido buenos resultados entre ellos la primera edición del concurso en el 2017, en el que se logró obtener 5.500 metros cuadrados de área verde en el que hubo cuatro nuevas instalaciones en la recolección de aguas pluviales y fauna urbana (Ajuntament de Barcelona, 2020).



Figura 21. Cubierta Verde en el Museo de Ciencias Naturales de Barcelona.

Fuente: Arquitectura y Diseño, 2020.

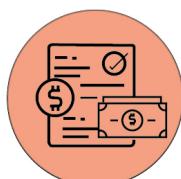
2.10.4. Bogotá



Estudios y
Experimentación



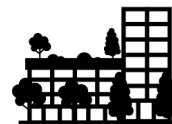
Concursos de
Aplicación



Aplicación



Manual, Normativa
y Catálogo



Total
108 397 DE M2

Figura 22. Proceso de implementación de cubiertas verdes.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

La secretaria Distrital de Ambiente de la ciudad de Bogotá plantea la implementación de Techos verdes como un camino sostenible para contrarrestar los efectos causados por el aumento de urbanización (Secretaría Distrital de Ambiente, 2018).

Desde el 2006 a 2009 se realizan estudios de manera experimental para comprender el funcionamiento de las cubiertas verdes para la determinación de los parámetros que permiten establecer su aplicación que ya han sido realizados en la Universidad Nacional de Colombia, y desde el 2009 se vino compartiendo una gran cantidad de información desde de la televisión hasta revistas, catálogos y sitios web (Secretaría Distrital de Ambiente, 2019).

En el mismo año se da un acuerdo distrital en el que establece la integración de las cubiertas verdes en Bogotá en los edificios públicos, incluyendo dentro del plan a la Secretaría Distrital de Ambiente, que incluso, esta entidad en uno de sus artículos indica que la secretaria será la encargada de dar toda la información técnica nece-

saria para la implementación de techos verdes en la ciudad de Bogotá D.C (Secretaría Distrital de Ambiente, 2021). En el 2011 se realiza la guía de techos verdes de Bogotá, sin embargo, en el 2015 lanzan una nueva guía actualizada en donde muestran la aplicación adaptada a las nuevas condiciones vinculadas al contexto social y ecológico de la capital (Secretaría Distrital de Ambiente, 2018).

Para la ciudad se presenta varios beneficios como, el manejo sostenible de las aguas pluviales, mitigación de la isla de calor para lograr una reconstrucción del equilibrio climático con la reconstitución de la biodiversidad para llegar a componerlo dentro de un paisaje natural, de la misma manera, proteger las cubiertas mediante la utilización de la cobertura vegetal y así evitar la radiación solar directa y los cambios de temperatura, permitiendo incrementar el valor de la propiedad y la reducción del consumo de energía y costos de operación (Secretaría Distrital de Ambiente, 2019).

Desde el inicio del programa hasta el año 2022 se construyeron alrededor de 108 397 metros cuadrados en cubiertas y se ha capacitado a al menos 1 375 personas, siendo aproximadamente 7.4 millones de personas beneficiadas (Secretaría de Ambiente, 2019). Además de que la secretaria de Ambiente de Bogotá construyó 1400m² de cubiertas verdes en terrazas de la entidad (Secretaría Distrital de Ambiente, 2018).

Actualmente la secretaria dentro de su programa de cubiertas verdes, prevé de capacitación y asesoría técnicas sin ningún costo para las personas que deseen implementar este tipo de infraestructura verde, contando con una normativa y catálogo de especies vegetales con todas las especificaciones técnicas en cuanto a radiación, densidad, requerimiento de riego, tipo de sustrato y su mantenimiento, por lo tanto, la adaptación de este manual sirve como herramienta para unificar todos los criterios técnicos para la aplicación de este tipo de tecnologías verdes (Secretaría Distrital de Ambiente, 2021).



Figura 23. Cubierta verde inclinada en vivienda de Bogotá.
Fuente: Vertín,2023.

	 DIFUSION	 RESULTADO	 POLITICA
TORONTO	Desde el regimiento de la ley para la instalación de cubiertas verdes en la ciudad, en el que el gobierno de la ciudad provee toda la información en cuanto a sus beneficios, programas de financiamiento, e información técnica sobre este tipo de sistemas.	Implementaron políticas para aumentar la implementación de cubiertas verdes siendo una ley de carácter obligatorio, el cual los m2 que deben cumplir varía en base a los m2 de construcción del edificio.	Se genero 1.2 millones de en áreas verdes sobre edificios institucionales. Ahorro Energetico de 1.5 millones de Kilowatts/año. Reducción de 12.177 m3 de aguas pluviales vertidas en el alcantarillado.
BERLIN	El estudio de cubiertas verdes y su aplicación nacen desde 1975 con el estudio de cubiertas verdes. Por lo que Berlín tiene varios años estudiando y empleando este sistema, en el que hay programas para difundir este sistema dentro de la ciudad.	Berlín viene aplicando una política y difusión de directrices y normas para la instalación de cubiertas verdes trabajando juntamente con la población hasta entidades financieras el cual dan apoyo financiero para infraestructuras eficientes.	El 3.2% son edificios con infraestructura verde con el 629.666 de edificios. Por lo que hay al menos 565 hectáreas de cubiertas verdes. con un 5.4%.
BARCELONA	El programa de Azoteas Vivas y Cubiertas verdes en Barcelona entra en vigencia desde el 2011, para promover el uso de las cubiertas verdes siendo apoyada por el ayuntamiento de la ciudad, dando información, soporte técnico, y ayudas económicas para la renaturalización de las cubiertas	No existe una politica especifica que obligue a utilizar cubiertas verdes sin embargo existe un programa que apoya y fomenta la utilización de techos verdes, mediante apoyo economico por parte de las autoridades aumentando así el numero de cubiertas verdes.	En base a los primeros concursos impulsados por el ayuntamiento se logrado aumentar el número de cubiertas verdes teniendo un total de 5 500 m2 de cubierta verde.
BOGOTA	Desde el 2006 empiezan los estudios de cubiertas verdes, por lo que para el 2009 en base a un acuerdo distrital se empieza el plan de integración de cubiertas verdes apoyada por la Secretaria de Ambiente	La secretaria Distrital de Ambiente es la encargada de proporcionar información y capacitación técnica para las personas que deseen implementar este tipo de infraestructura, además de que esta cuenta con su normativa y catálogo de plantas en base a su tipología.	Hasta el 2022 se construyeron alrededor de 108 397 metros cuadrados en cubiertas y se ha capacitado a al menos 1 375 personas, siendo aproximadamente 7.4 millones de personas beneficiadas.

Figura 24. Tabla resumen

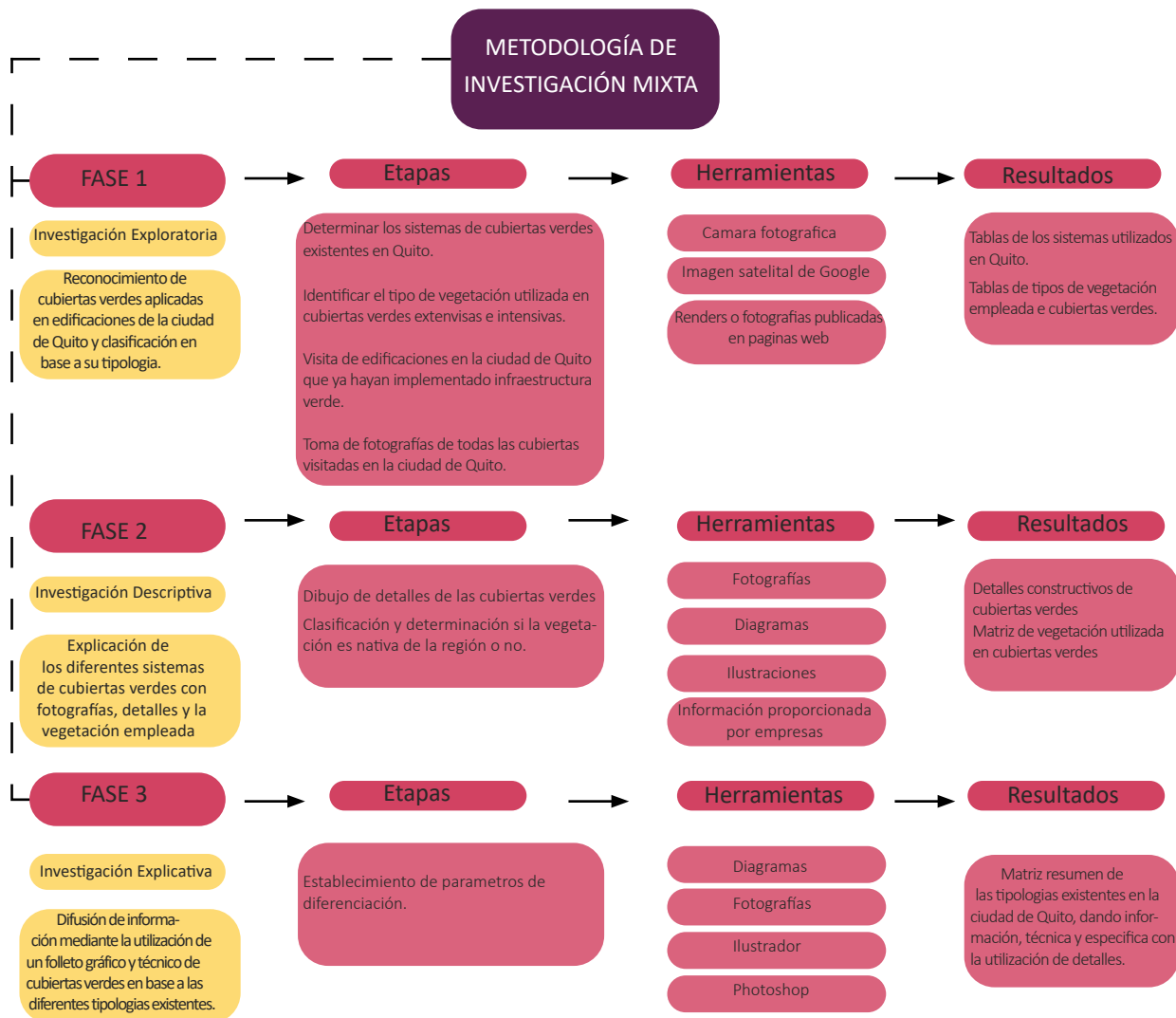
Fuente: Elaboración propia, 2023

ETAPA 2

Aplicación metodológica



3. Materiales y Metodos



3.1 Fases de la metodología

La metodología de la presente investigación es de tipo mixta, ya que en este tipo de metodología se realiza diferentes tipos de investigación en las que se hace un análisis y recolección de diferentes datos, que permitan integrar y comprender de forma completa y específica el tema de investigación. Es decir, que este tipo de investigación al abarcar diferentes perspectivas da la posibilidad de comprender el tema desde diferentes enfoques permitiendo comparar y contrastar los diferentes resultados obtenidos (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

3.1.1. Fase 1

En la primera fase está orientada a la recopilación de datos existentes en el lugar en donde se empieza desarrollar la investigación. Para el desarrollo de esta se empieza a realizarse con información de primera mano, en donde se pueda tomar fotografías, realizar un análisis del contexto, y de la misma manera realizar mediciones (Ramos, 2020).

Este tipo de investigación ya representa la realización del levantamiento de información que no ha sido documentada, la cual requiere realizar un recorrido al área de donde se piensa realizar la investigación para registrar y explorar las variables que puedan encontrarse (Nieto, 2021). En el caso de la ciudad de Quito se buscarán edificaciones en los que hayan implementado este tipo de infraestructura para utilizarlo como herramienta que permita determinar sus parámetros, composición y tipología empleada obteniendo como resultado información técnica de dichas aplicaciones.

3.1.2. Fase 2

Para el desarrollo de esta fase se utiliza una investigación descriptiva, en el que se utiliza información previamente obtenida para familiarizar con la información obtenida (Alonso, 2018). En el caso los edificios que hayan aplicado este tipo de infraestructura verde permitiendo familiarizar, y la información obtenida por parte de los fabricantes para la realización de diagramas y detalles constructivos en donde se especifique toda la información sobre el funcionamiento del sistema

Además de que permitirá comprender de manera mucho más profunda el tema de investigación para proporcionar diferentes parámetros para identificar cada una de las tipologías existentes, sistemas, composición y beneficios de aplicación.

3.1.3. Fase 3

Por último, la fase de difusión en donde comprende la investigación explicativa en donde se realiza una explicación y una interpretación de los diferentes resultados obtenidos (Ramos, 2020). Por lo que, en base a los datos obtenidos en la anterior etapa permitirán identificar los diferentes sistemas empleados para poder establecer sus características y cómo funciona cada una de estas

Además, la utilización de este tipo de investigación permitirá establecer los diferentes parámetros de diferenciación para tener una concepción más clara de la composición y funcionamiento de cada uno de los sistemas que se hayan encontrado, para obtener una matriz en donde se especifique de manera resumida los elementos más importantes que se pusieron a consideración durante su análisis.

ETAPA 3
Difusión de resultados



4. Difusión de resultados

Para documentar las diferentes edificaciones que cuenten con infraestructura verde, se realiza una matriz con los diferentes aspectos técnicos de los cuales se clasifican en base a su tipología, sistema, tipo de sustrato, los beneficios ecosistémicos que está aprovechando, mantenimiento, sistema estructural, plantas empleadas y el costo del mismo.

De igual forma, se realiza una catalogación de las plantas empleadas, registrándolas con su nombre común, científico y la tipología de planta a la que pertenece, entre ellas hay: plantas perenne, no perenne, herbácea, arbustiva o leñosa. A la vez, se registran plantas nativas y árboles que pueden ser utilizados tanto en cubierta intensiva.

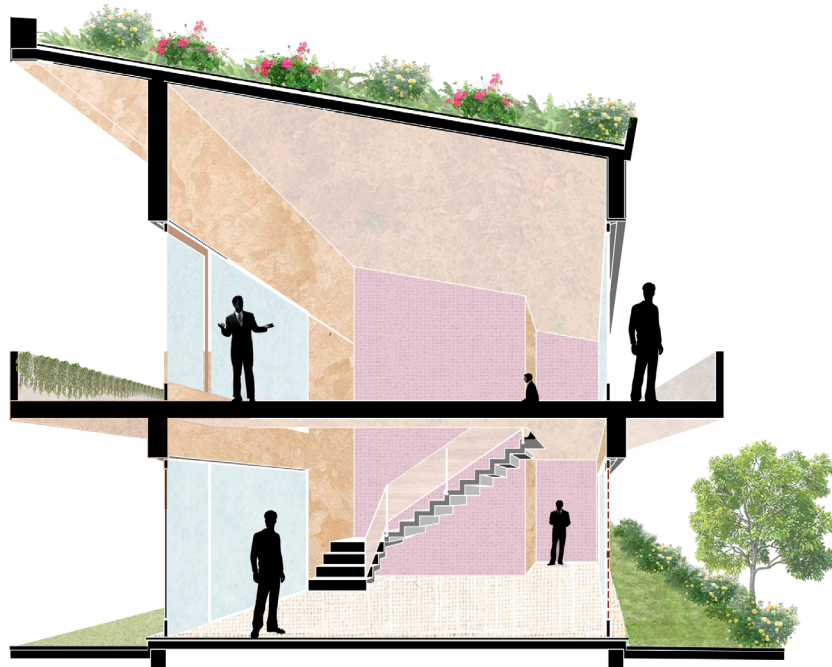


Figura 25. Relación entre infraestructura y vegetación

Fuente: Elaboración propia, 2023.

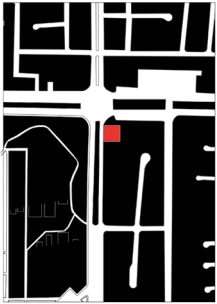

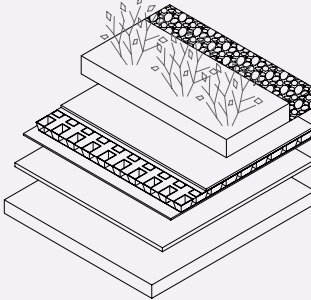


Edificio Shyris Parc	Tipo	Subtipo	Sustrato	Uso de servicios ecosistémicos
 <p data-bbox="130 542 356 562">Av. Shyris y Av. Naciones Unidas</p>	Extensivo	Tapizante	<p data-bbox="686 250 795 273">Dimensión</p> <p data-bbox="686 278 787 300">10 - 15 cm</p> <p data-bbox="686 305 817 328">Composición</p> <p data-bbox="686 332 802 355">60% Arena</p> <p data-bbox="686 359 852 382">30% Suelo Negro</p> <p data-bbox="686 387 817 409">10% Casacajo</p>	<p data-bbox="876 240 1350 424">El único servicio que se conoce que se usa es la recolección de aguas, se desconoce el uso y funcionamiento de otros servicios ecosistémicos, pues no existe un estudio realizado que determine con datos o porcentajes exactos para establecer su eficiencia.</p>
	Mantenimiento		Sistema Estructural	
	<p data-bbox="373 568 666 656">Mantenimiento realizado por un jardinero especializado cada 15 días.</p> <p data-bbox="373 671 666 792">El riego de la vegetación es a diario de manera manual, pues no tienen un sistema automatizado.</p>		<p data-bbox="686 512 938 535">Estructura de hormigón</p> <p data-bbox="686 539 928 562">Masillado del 2% al 3%</p> <p data-bbox="686 567 886 589">Impermeabilizante</p> <p data-bbox="686 594 777 616">Anti-raiz</p> <p data-bbox="686 621 777 644">Geodren</p> <p data-bbox="686 648 784 671">Geotextil</p> <p data-bbox="686 675 777 698">Geodren</p> <p data-bbox="686 703 777 725">Sustrato</p> <p data-bbox="686 730 822 752">Capa vegetal</p> <p data-bbox="686 757 863 780">Grava perimetral</p>	
	Plantas		Costo	
	<p data-bbox="373 916 644 938">Cigarrillo (<i>Cuphea ignea</i>)</p> <p data-bbox="373 943 674 966">Césped (<i>Cynodon dactylon</i>)</p> <p data-bbox="373 970 795 993">Trueno de Venus (<i>Cuphea hyssopifolia</i>)</p> <p data-bbox="373 997 749 1020">Helecho macho (<i>Dryopteris affinis</i>)</p> <p data-bbox="373 1025 780 1047">Ala de ángel (<i>Begonia coccinea</i> Hook)</p>		<p data-bbox="1038 946 1342 1006">Instalación de impermeabilización es de \$38 por m2.</p> <p data-bbox="1038 1011 1347 1135">La instalación de plantas va desde los \$21 a \$25 por m2, dependiendo la cantidad de plantas por m2.</p>	

Tabla 1. Características de la cubierta verde del edificio Shyris Parc.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

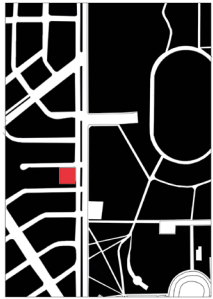

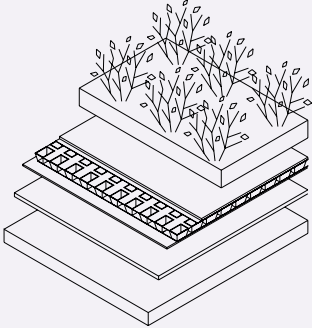

Edf. Torre Centre	Tipo	Subtipo	Sustrato	Uso de sistemas ecosistemicos
	Extensivo	Tapizante Ajardinado	Dimensión 10 - 15 cm Composición 60% Arena 30% Suelo Negro 10% Cascajo	Si hace de uso de los servicios ecosistémicos, sin embargo, no existe un estudio realizado que determine con datos o porcentajes exactos para establecer su eficiencia, pues no existe un estudio realizado que determine con datos o porcentajes exactos para establecer su eficiencia.
<p data-bbox="187 530 364 550">Av. Amazonas y Guayas</p> 	<p data-bbox="414 500 703 591">Mantenimiento realizado por un jardinero especializado cada 15 días.</p> <p data-bbox="414 606 703 727">Riego con sistema automatizado, sin embargo, el sistema se apaga durante temporada de lluvias.</p>	<p data-bbox="716 465 969 485">Sistema Estructural</p> <p data-bbox="716 470 969 783">Estructura de hormigón Masillado del 2% al 3% Impermeabilizante Anti-raiz Geodren Geotextil Geodren Sustrato Capa vegetal Grava perimetral</p>		
	<p data-bbox="414 817 495 837">Plantas</p> <p data-bbox="414 867 928 1215">Chulko (<i>Oxalis lotoides</i>) Heliotropo (<i>Heliotropium Arborescens</i>) Flor de papel (<i>Alternanthera sp.</i>) Gallinazo (<i>Salvia humboldtiana</i>) Ñukchuk (<i>Salvia scutellaroides</i>) Surpirrosa (<i>Lantana Rugulosa</i>) Pajonal (<i>Calamagrostis</i>) Flor de papa (<i>Lyciantes lycioides</i>) Cica (<i>Cycas revoluta Thunb</i>) Dracena (<i>Cordyline australis</i>) Cereza magenta (<i>Syzygium paniculatum gaertn</i>)</p>	<p data-bbox="1085 817 1150 837">Costo</p> <p data-bbox="1085 954 1381 1135">Instalación de impermeabilización es de \$38 por m2. La instalación de plantas va desde los \$21 a \$25 por m2, dependiendo la cantidad de plantas por m2.</p>		

Tabla 2. Características de la cubierta verde del edificio Torre Centre.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

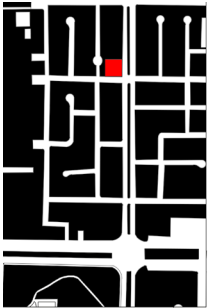
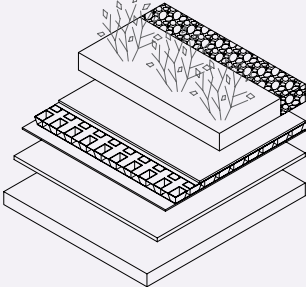
Edificio Sense	Tipo	Subtipo	Sustrato	Uso de sistemas ecosistémicos
 <p data-bbox="152 548 319 567">Av. Shyris y El Telégrafo</p>	Extensivo	Tapizante Ajardinado	Dimensión 10 - 15 cm Composición 60% Arena 30% Suelo Negro 10% Casacajo	El único servicio que se conoce que se usa es la recolección de aguas, se desconoce el uso y funcionamiento de otros servicios ecosistémicos, pues no existe un estudio realizado que determine con datos o porcentajes exactos para establecer su eficiencia.
Mantenimiento		Sistema Estructural		
<p data-bbox="374 485 662 576">Mantenimiento realizado por un jardinero especializado cada 15 días.</p> <p data-bbox="374 591 662 742">Riego con sistema automatizado a presión regulada, sin embargo, el sistema se apaga durante temporada de lluvias.</p>		<p data-bbox="680 473 934 563">Estructura de hormigón Masillado del 2% al 3% Impermeabilizante Anti-raíz Geodren Geotextil Geodren Sustrato Capa vegetal</p>		
Plantas			Costo	
<p data-bbox="374 934 889 1090">Pajonal (<i>Calamagrostis</i>) Sixe Pequeño (<i>Cortaderia selloana</i>) Césped (<i>Cynodon dactylon</i>) Abutilón o farolito japonés (<i>Callianthe picta</i>) Cereza magenta (<i>Syzygium paniculatum gaertn</i>)</p>			<p data-bbox="1050 938 1348 1120">Instalación de impermeabilización es de \$38 por m2. La instalación de plantas va desde los \$21 a \$25 por m2, dependiendo la cantidad de plantas por m2.</p>	

Tabla 3. Características de la cubierta verde del edificio Sense.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

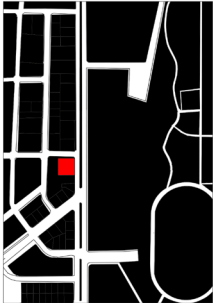


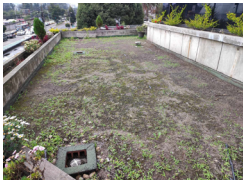
Ministerio de Educación	Tipo	Subtipo	Sustrato	Uso de sistemas ecosistémicos
 <p>Av. Amazonas y Juan Pablo Sanz</p>	Extensivo	Tapizante Ajardinado	Dimensión: 10 - 15 cm Composición 60% Arena 30% Suelo Negro 10% Casacajo	Actualmente al estar en mal estado la cubierta verde del segundo nivel no se puede afirmar del uso de los beneficios ecosistémicos, además de que el edificio presenta problemas de goteras y filtración de agua por la materialidad del edificio. Sin embargo, en un inicio se lo uso de manera ornamental.
			Mantenimiento	Sistema Estructural
	Mantenimiento lo realizan una vez por semana. Lo hacen de manera manual ya que el sistema, tanto como mangueras, bombas válvulas están en mal estado.		Plantas	Costo
	Cynodon dactylon (Césped Oriental) Lengua de suegra (Dracaena trifasciata) Planta de Jade (Peperomia Obtusifolia) Mala Madre (Chlorophytum capense) Helecho macho (Dryopteris affinis) Trebol (Oxalis Corniculata) Césped (Cynodon dactylon)		Instalación de impermeabilización es de \$38 por m2. La instalación de plantas va desde los \$21 a \$25 por m2, dependiendo la cantidad de plantas por m2.	
				

Tabla 4. Características de la cubierta del edificio del Ministerio de Educación.
Fuente: Elaboración propia, 2023.

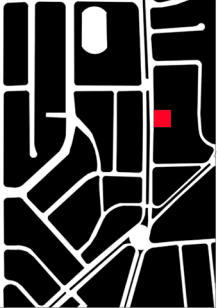

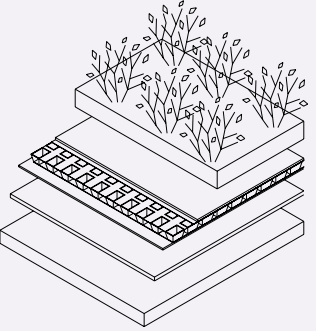

Edificio Atelier	Tipo	Subtipo	Sustrato	Uso de sistemas ecosistémicos
	Extensivo	Tapizante Ajardinado	Dimensión: 10 - 15 cm Composición: 60% Arena, 30% Suelo Negro, 10% Cascajo	El único servicio que se conoce que se usa es la recolección de aguas, se desconoce el uso y funcionamiento de otros servicios ecosistémicos, pues no existe un estudio realizado que determine con datos o porcentajes exactos para establecer su eficiencia.
Av. 6 de diciembre, Quito 170135	Mantenimiento	Sistema Estructural		
	Mantenimiento realizado por un jardinero especializado cada 15 días. Riego con sistema automatizado a presión regulada, sin embargo, el sistema se apaga durante temporada de lluvias.	Estructura de hormigón Masillado del 2% al 3% Impermeabilizante Anti-raíz Geodren Geotextil Geodren Sustrato Capa vegetal		
	Plantas	Costo		
Helecho macho (<i>Dryopteris affinis</i>) Perenne con partes herbáceas Chavelita (<i>Catharanthus roseus</i>) Herbácea perenne Salvia (<i>Salvia Microphylla</i>) Herbácea perenne Formio común (<i>Phormium tenax</i>) Perenne Trueno de Venus (<i>Cuphea hyssopifolia</i>) Herbácea perenne Césped (<i>Cynodon dactylon</i>)	Instalación de impermeabilización es de \$38 por m2. La instalación de plantas va desde los \$21 a \$25 por m2, dependiendo la cantidad de plantas por m2.			

Tabla 5. Características de la cubierta verde del edificio Atelier.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

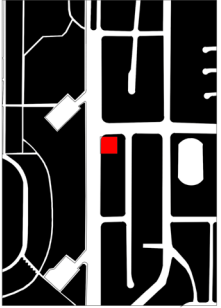

Cosmopolitan Parc	Tipo	Subtipo	Sustrato	Uso de sistemas ecosistémicos
 <p>Av. Shyris y Av. Portugal</p>	Extensivo	Tapizante	Dimensión: 10 - 15 cm Composición 60% Arena 30% Suelo Negro 10% Cascajo	El único servicio que se conoce que se usa es la recolección de aguas, se desconoce el uso y funcionamiento de otros servicios ecosistémicos, pues no existe un estudio realizado que determine con datos o porcentajes exactos para establecer su eficiencia.
			Mantenimiento	Sistema Estructural
			Plantas	Costo
			Formio Comun (<i>Phormium tenax</i>) Adelfa (<i>Nerium oleander</i> L) Dimoforteca (<i>Dimorphotheca ecklonis</i>) Dracena tricolor (<i>Dracaena reflexa</i> Lam) Césped (<i>Cynodon dactylon</i>) Mala Madre (<i>Chlorophytum capense</i>)	Instalación de impermeabilización es de \$38 por m ² . La instalación de plantas va desde los \$21 a \$25 por m ² , dependiendo la cantidad de plantas por m ² .
				

Tabla 6. Características de la cubierta verde del edificio Cosmopolitan.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Plantas utilizadas en los casos de estudio.

1.	2.	3.	4.	5.	6.
					
Cynodon dactylon (Césped Oriental) Herbácea Perenne No Nativa	Lengua de suegra (Dracaena trifasciata) Herbácea Perenne No Nativa	Chulko (Oxalis lotoides) Herbácea Perenne No Nativa	Flor de papel (Alternanthera sp.) Herbácea Perenne No Nativa	Gallinazo (Salvia humboldtiana) Herbácea Perenne Nativa	Heliotropo (Heliotropium Arborescens) Herbácea Perenne No Nativa
7.	8.	9.	10.	11.	12.
					
Formio común (Phormium tenax) Perenne No Nativa	Pajonal (Calamagrostis) Herbácea perenne Nativa	Ala de ángel (Begonia coccinea) Herbácea Perenne No Nativa	Ñukchuk (Salvia scutellaroides) Herbácea Perenne Nativa	Planta de Jade (Peperomia Obtusifolia) Herbácea Perenne Nativa	Mala Madre (Chlorophytum capense) Herbácea Perenne No Nativa
13.	14.	15.	16.	17.	18.
					
Cigarrillo (Cuphea ignea) Herbácea Anual No Nativa	Helecho macho (Dryopteris affinis) Semi Herbácea Perenne No Nativa	Trebol (Trifolium Repens) Herbácea Perenne No Nativa	Vinca mayor (Vinca major) Perenne con partes herbáceas No Nativa	Trueno de Venus (Cuphea hyssopifolia) Herbáceas Perenne No Nativa	Cereza magenta (Syzygium paniculatum) Arbusto leñoso Perenne No Nativa







19.	20.	21.	22.	23.	24.
					
Chavelita (<i>Catharanthus roseus</i>) Herbácea Perenne No Nativa	Salvia (<i>Salvia Microphylla</i>) Herbácea Perenne No Nativa	Surpirrosa (<i>Lantana Rugulosa</i>) Arbusto perenne Nativa	Flor de papa (<i>Lyciantes lycioides</i>) Arbusto Perenne Nativa	Dracena (<i>Cordyline australis</i>) Leñosa Perenne No Nativa	Margarita amarilla (<i>Euryops Chrysanthemoides</i>) Arbusto Perenne No Nativa
25.	26.				
					
Siete cueros (<i>Melastomataceae</i>) Arbusto Perenne Nativa	Cica (<i>Cycas revoluta</i>) Cicadia Perenne No Nativa				

Tabla 7. Plantas utilizadas en los diferentes casos de estudio de Quito.
Fuente: Elaboración propia, 2023.

Existen diferentes plantas que pueden emplearse en las cubiertas verdes, varias de ellas nativas, sin embargo, en este caso se presenta diferentes plantas que son nativas de Sudamérica.

A pesar de que varias de ellas crecen en áreas cálidas, crecen también en los Andes y los valles aledaños por lo cual se adapta en este caso a la ciudad de Quito.



Vegetación Nativa de Sudamérica									
27.		28.		29.		30.		31.	
	Sixe (Cortaderia selloana) Herbácea Perenne		Salvia de Quito (Salvia quitensis) Herbácea Perenne		Astroemelia (Alstroemeria) Herbácea Perenne		Capuchina (Tropaeolum majus) Herbácea Anual		Caballito epicetum (Equisetum Arvense) Herbácea Perenne
32.		33.		34.		35.			
	Perro silvestre (Salvia guaranatica) Herbácea Perenne		Farol chino (Abutilon pictum) Arbustivo Perenne		Eugenia piramidal (Eugenia uniflora) Arbustiva Perenne		Tupirosa (Lantana camara) Herbácea Perenne		

Tabla 8. Plantas nativas de Sudamérica

Fuente: Elaboración propia, 2023.




Arboles que pueden usarse en cubierta extensiva							
36.		37.		38.		39.	
	Cholan (Tecoma amarilla) Leñoso Perenne		Aliso (Enano) (Alnus glutinosa) Leñoso Perenne		Arupo (Chionanthus pubescens) Leñoso Perenne		Cypres Vela (Cupressus sempervirens) Leñoso Perenne

Tabla 9. Arboles que pueden usarse en una cubierta intensiva.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.1 Sistemas empleados en la ciudad de Quito

Actualmente existe una gran variedad de sistemas de cubiertas verdes, los cuales se utiliza en base a las diferentes condiciones del lugar en donde se va a utilizar. Ya que las condiciones climáticas son un condicionante importante por el tipo de vegetación se vaya a emplear. De igual forma, el sistema estructural juega un papel importante ya que dependiendo del tipo de cubierta que se utilice su peso puede variar, y esto puede generar una carga considerable sobre la estructura de la edificación.

Ahora bien, en el caso de la ciudad de Quito existen únicamente dos tipologías en el mercado, cada una se constituye de diferente manera tanto estructuralmente como vegetal. Por lo cual, esto permitirá identificar cada uno de sus componentes, desde su impermeabilización, tipo de drenaje, composición del sustrato y la capa vegetal.

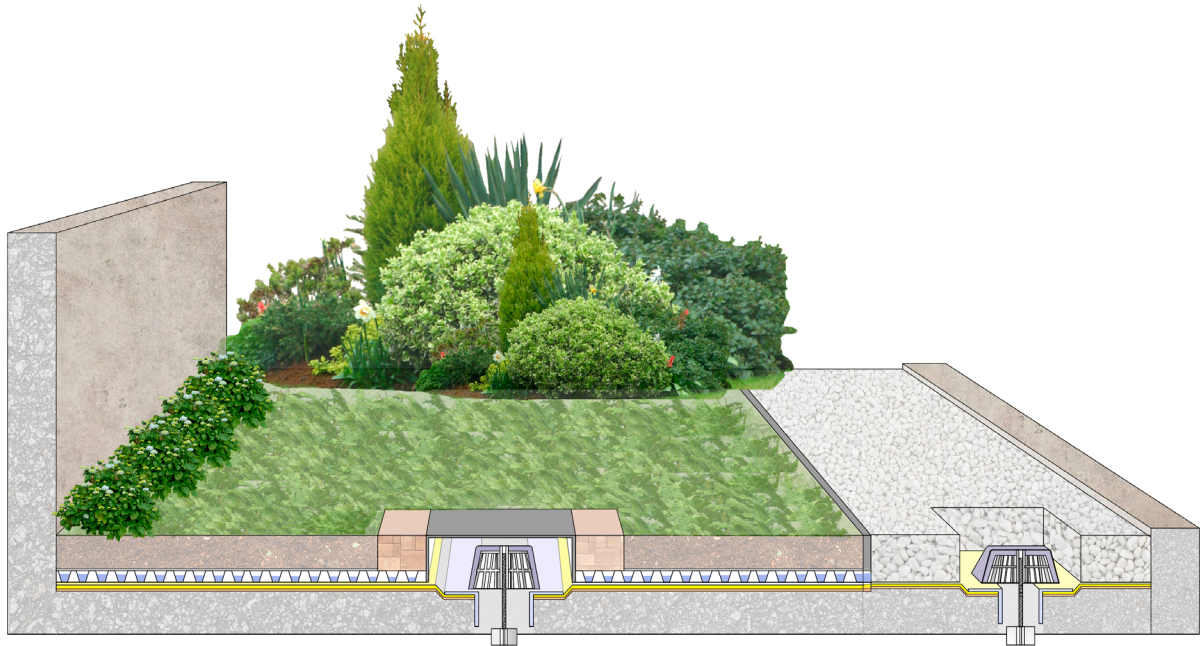


Figura 26. Cubierta verde con 2 desagües
Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.2 Sistema de cubierta verde con grava perimetral

Este tipo de cubierta se caracteriza por la utilización de grava al rededor del perímetro de la cubierta, principalmente para permitir que el agua pueda filtrar mucho más rápido. Además, de que en este lugar es donde se ubica los sumideros que conectan al sistema de recolección de aguas pluviales.

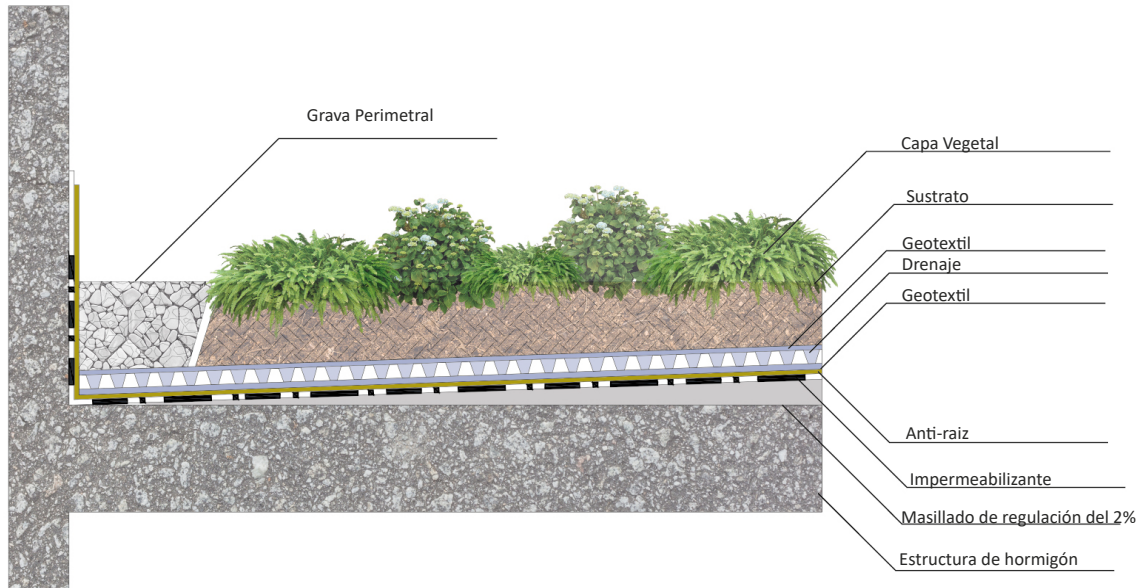


Figura 27. Detalle de cubierta verde en corte.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

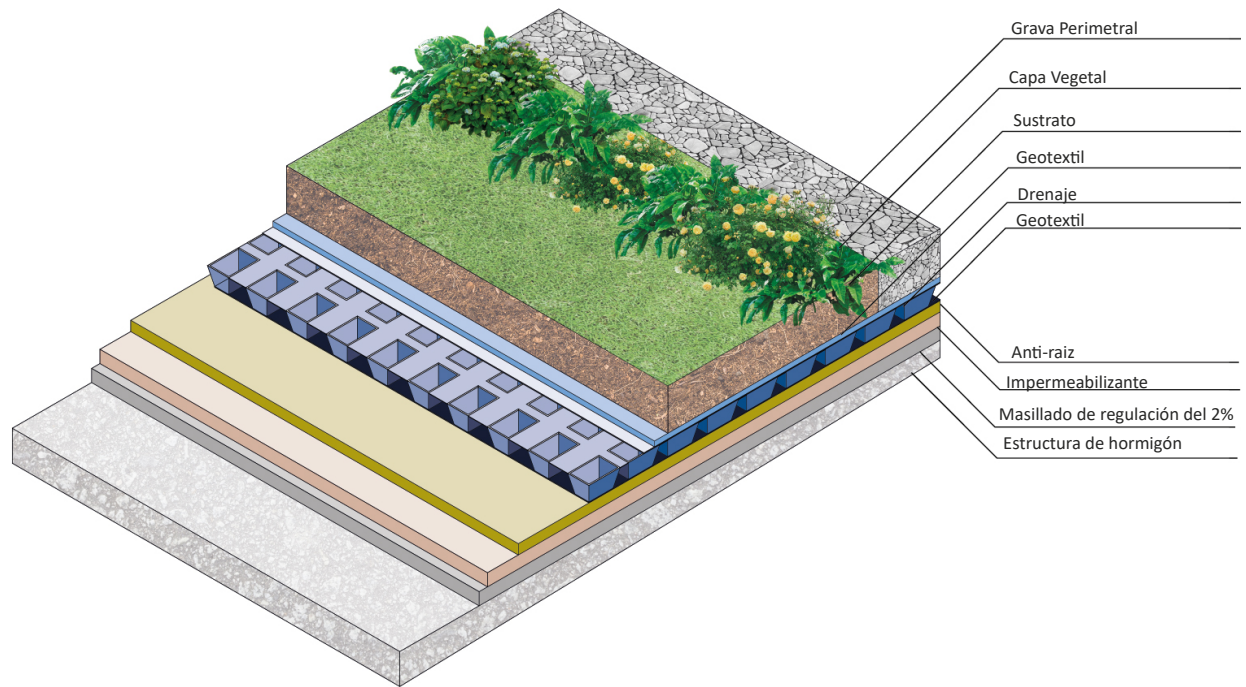


Figura 28. Detalle de cubierta verde isometrico
Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.2.1. Sumidero

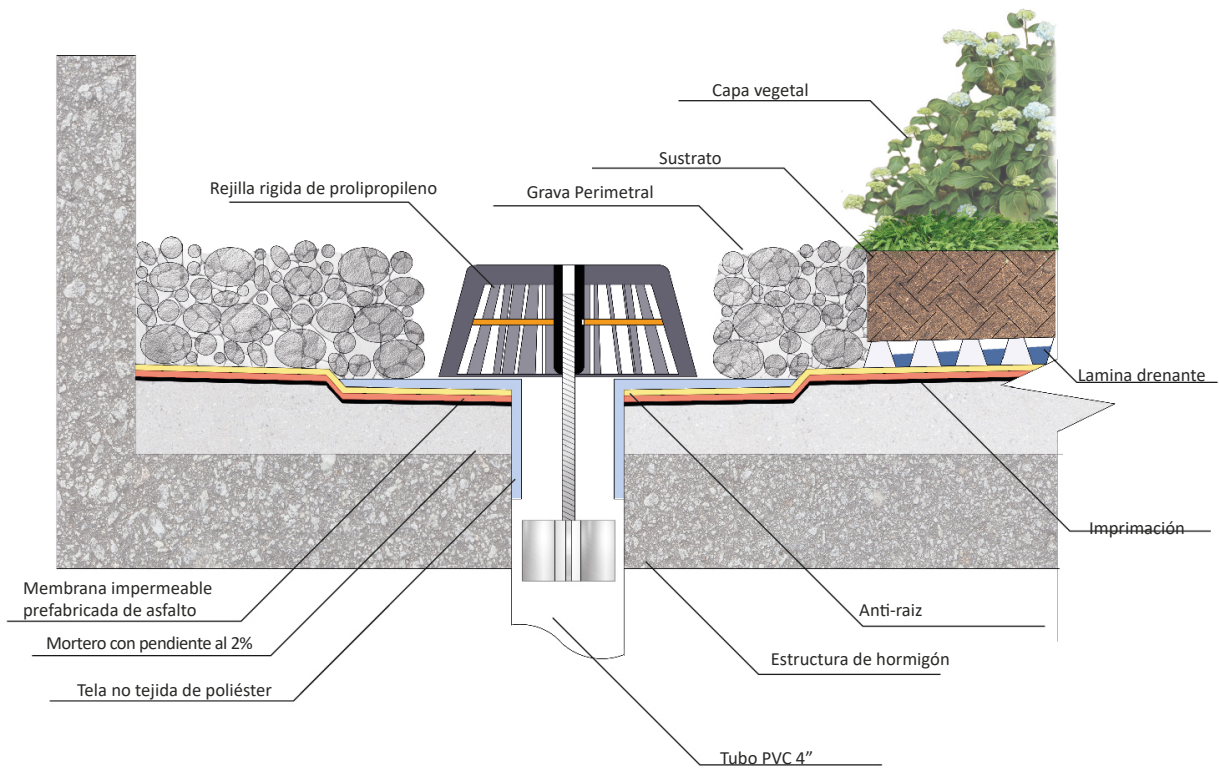


Figura 29. Detalle de sumidero en grava perimetral.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.3 Sistema de cubierta verde sin grava perimetral

Existe una variante encontrada en las diferentes aplicaciones en la ciudad de Quito. La presencia de grava perimetral permite que el agua pueda drenar mucho más rápido, sin embargo, en varios casos no existe la grava perimetral, lo cual este debe filtrar hasta la capa del geodren, para luego pasar al sumidero.

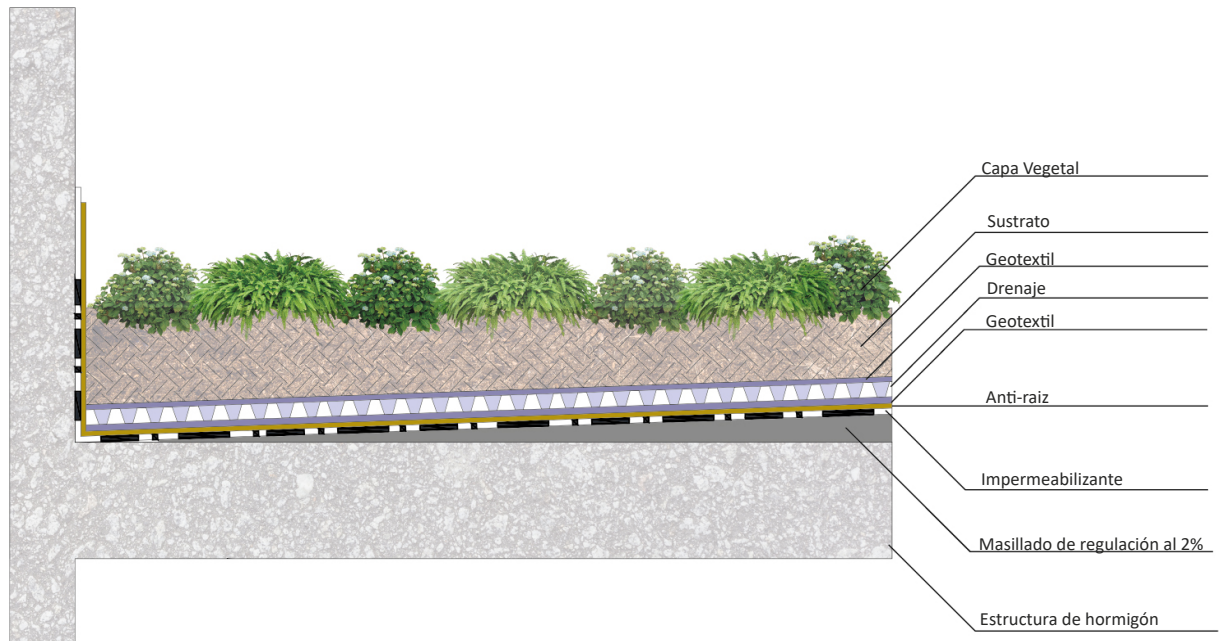


Figura 30. Cubierta verde sin grava perimetral en corte
Fuente: Elaboración propia, 2023.

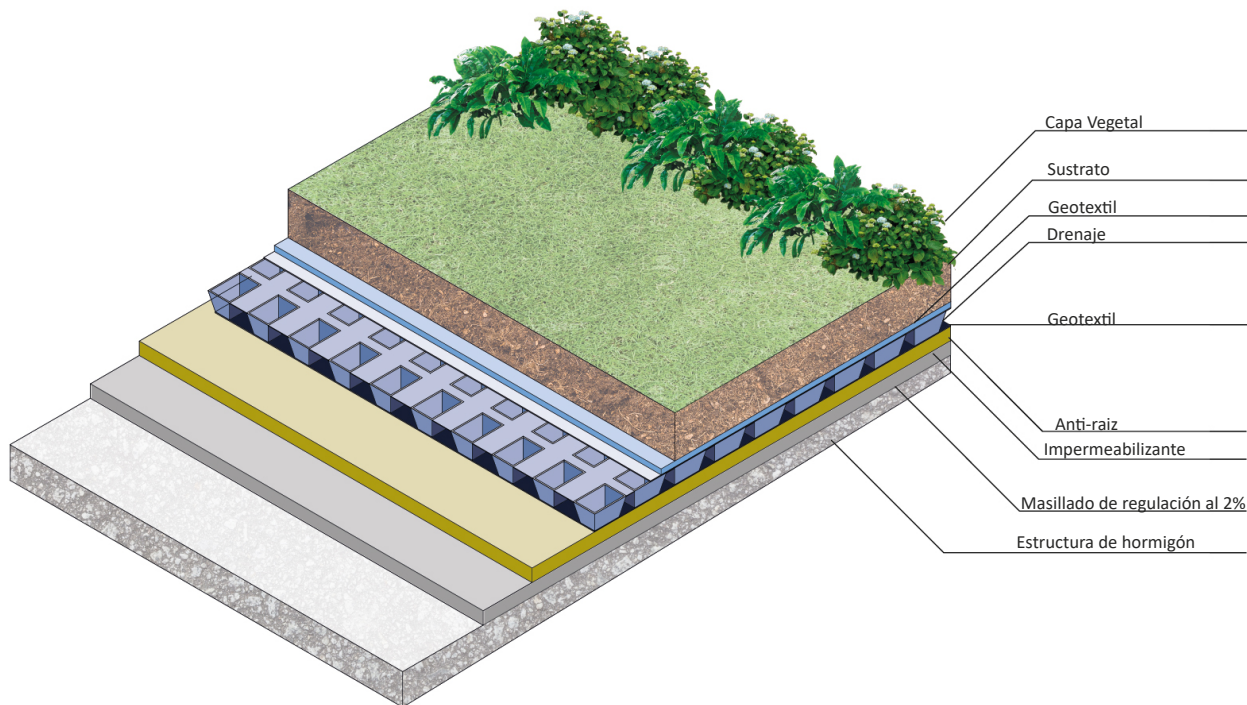


Figura 31. Isometria de cubierta verde sin grava perimetral

Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.3.1. Sumidero de cubierta verde sin grava perimetral

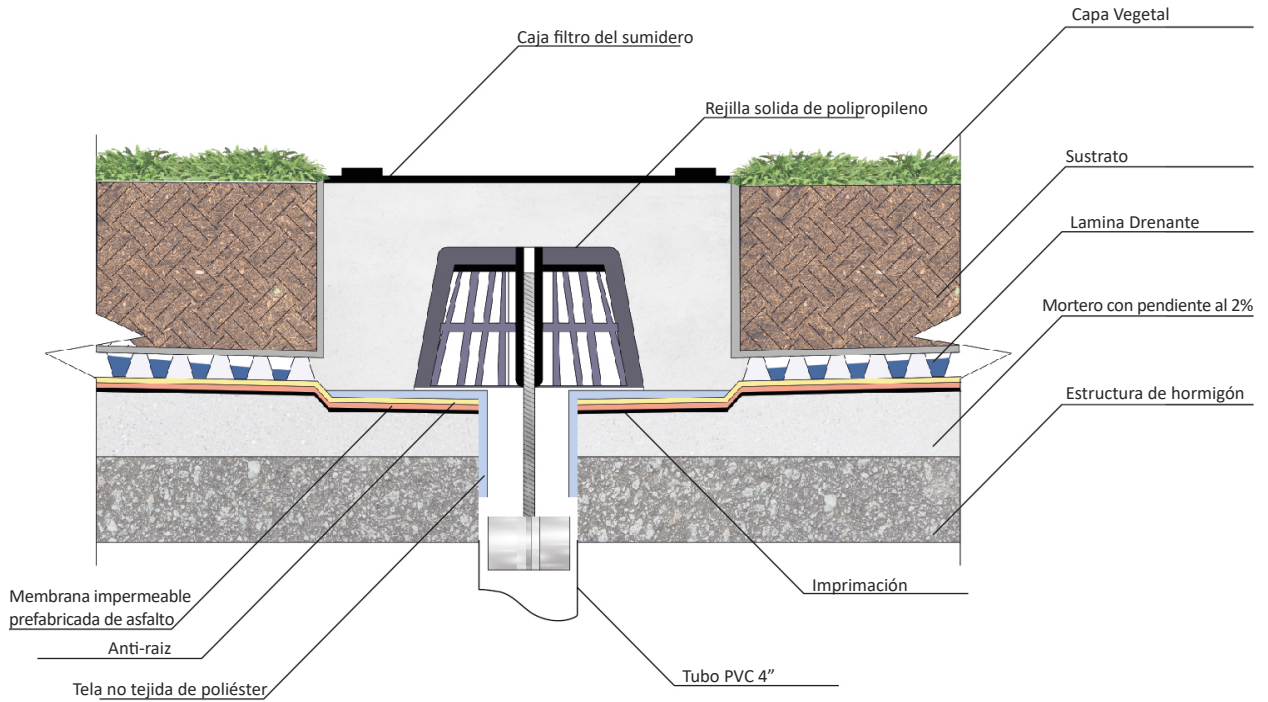


Figura 32. Detalle de sumidero.
Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.3.2. Impermeabilización

Cuando se plantea la instalación de una cubierta verde se debe empezar principalmente por la impermeabilización. Por lo que esta fase es primordial ya que representa un paso para que la vida útil del edificio sea mucho mayor, por lo que realizar este tipo de procedimientos son clave para prevenir deterioros que comprometa a la cubierta (ALKOR-SOLAR, 2018).

Para empezar con el procedimiento se debe realizar la limpieza de toda la cubierta para poder imprimir con una solución asfáltica seguido de el primado que permite sellar las fisuras dando un terminado más ligero, suave y uniforme para que la próxima capa pueda adherirse con mayor facilidad (Sherwin-Williams, 2018). Luego se procede a realizar la instalación de la lámina asfáltica Super K 2500 que posee membrana de poliéster con armadura de refuerzo la cual es termo adherida, la cual viene seguida de una lámina Super K 3000 conteniendo un producto químico que es un inhibidor de crecimiento de raíces (G. Mafla, comunicación personal, 4 de diciembre de 2023).

4.3.3. Sustrato

El sustrato empleado en la cubierta verde puede variar dependiendo el tipo de vegetación que se vaya a colocar, por ejemplo, para una cubierta extensiva y semi extensiva la cual se utilizar plantas herbáceas generalmente perennes con una capa desde 10 a 30 cm es suficiente para abastecer a todas las plantas y no generar problemas con la raíz, sin embargo, hay que tener en cuenta la composición del sustrato, ya que si fuera en su totalidad tierra negra generaría un gran peso y aún más si estuviera húmeda. (M. Farinango, comunicación personal, 4 de diciembre de 2023). Por lo tanto, el sustrato empleado

tiene una determinada composición para alivianar la carga, además de que varía dependiendo a las necesidades de la vegetación y el clima.

Es decir, la composición del sustrato va de Arena, materia orgánica (tierra negra), y cascajo o también puede utilizarse hojarasca, pero hay que considerar aspectos como el clima, en el caso de que el lugar en donde se va a implantar tiene un clima seco el sustrato debe componerse de un 60% de hojarasca, 30% de Materia Orgánica (Tierra Negra), y un 10% de cascajo, mientras que para lugares donde el clima es húmedo, su composición es de 70% de Arena, 30% de Materia orgánica (Tierra negra), y un 10% de cascajo (M. Farinango, comunicación personal, 9 de diciembre de 2023).

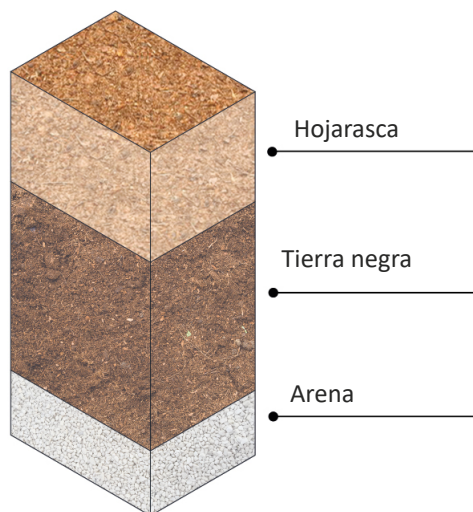


Figura 33. Composición del sustrato para climas secos que requieren mayor retención de agua.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

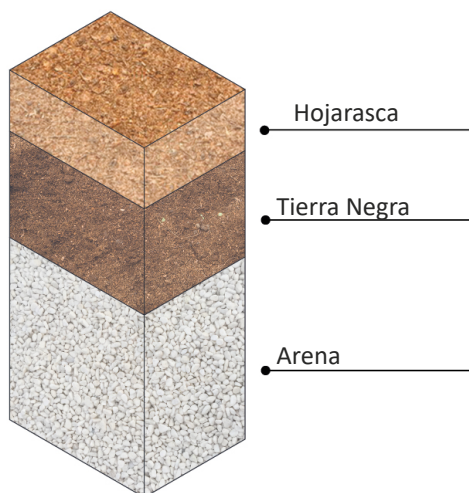


Figura 34. Composición de sustrato para climas húmedos que no requieren mayor retención de agua.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.3.4. Vegetación

La vegetación más empleada en cubiertas extensivas y semi extensivas son herbáceos perennes, al igual que plantas leñosas arbustivas perennes. Las plantas que habían sido implantadas más en este tipo de sistemas son aquellas que no superan los 40 a 50 cm de alto, sin embargo, en el caso de usar arbustos demanda mucho más recurso a diferencia de las plantas de menor dimensión (M. Farinango, comunicación personal, 9 de diciembre de 2023).

En el caso de cubiertas semi extensivas cuando hacen uso de arbustos que pueden llegar a ser de gran altura se mantienen relativamente pequeños debido al limitado espacio de crecimiento de las raíces permitiendo tener un control sobre su crecimiento (Avrella et al., 2021).

Antes de la instalación se deben considerar aspectos, como la cantidad de luz y sombra a la que va a estar la vegetación, ya que, aunque en la cubierta de los edificios, un edificio aledaño puede generar sombrar a determinadas horas del día. Por lo tanto, es importante reconocer el lugar antes de plantar, ya que también dependiendo de eso varía el crecimiento de la planta y su desarrollo. De igual forma, las plantas requieren el uso de fertilización al menos 4 veces al año con una fertilizante completo con macronutrientes de Fosforo, Potasio y Nitrógeno, pero, si se lo realiza una vez al mes debe ser con micronutrientes con la misma composición, pero en menores cantidades. (M. Farinango, comunicación personal, 4 de diciembre de 2023).

Además, en los arbustos utilizados en este tipo de cubiertas se observa que existe un aumento del sustrato a manera de cono en este tipo de vegetación, pues a diferencia de las otras plantas necesita que el sustrato sea mayor, sin embargo, es únicamente alrededor de la planta que existe un aumento del sustrato.

4.4 Cubierta verde con rollos sedum

Este tipo de cubierta se caracteriza por la utilización de tapetes sedum, en donde ya viene una capa vegetal el cual permite instalarlo de una manera mucho más rápida, como si se usara una alfombra se tratase, además de que no requiere mucho mantenimiento.

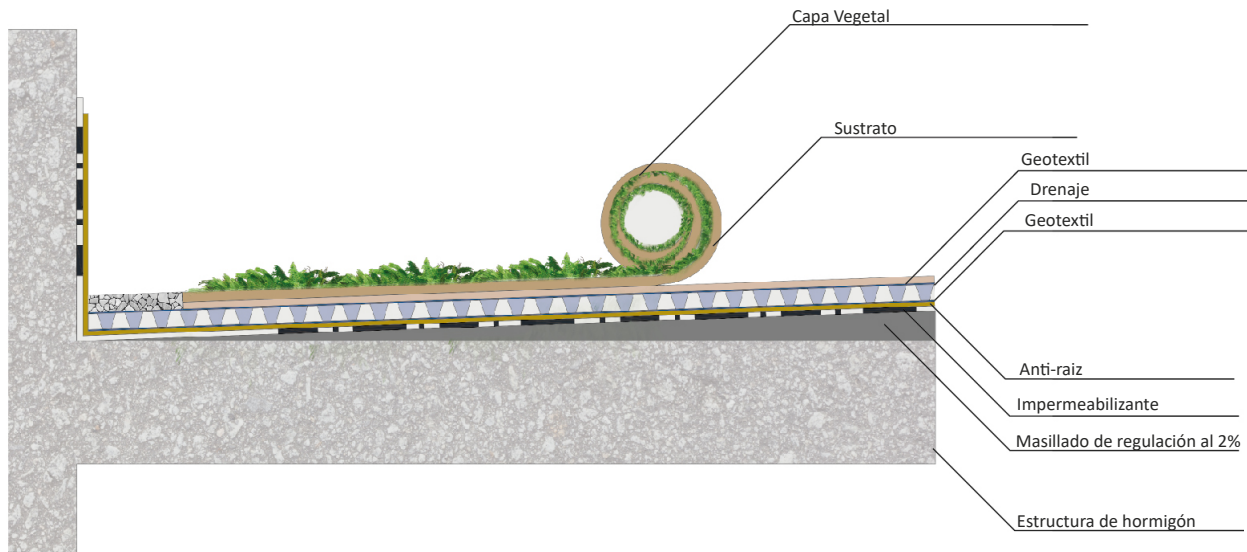


Figura 35. Cubierta verde con rollos sedum en corte
Fuente: Elaboración propia, 2023.

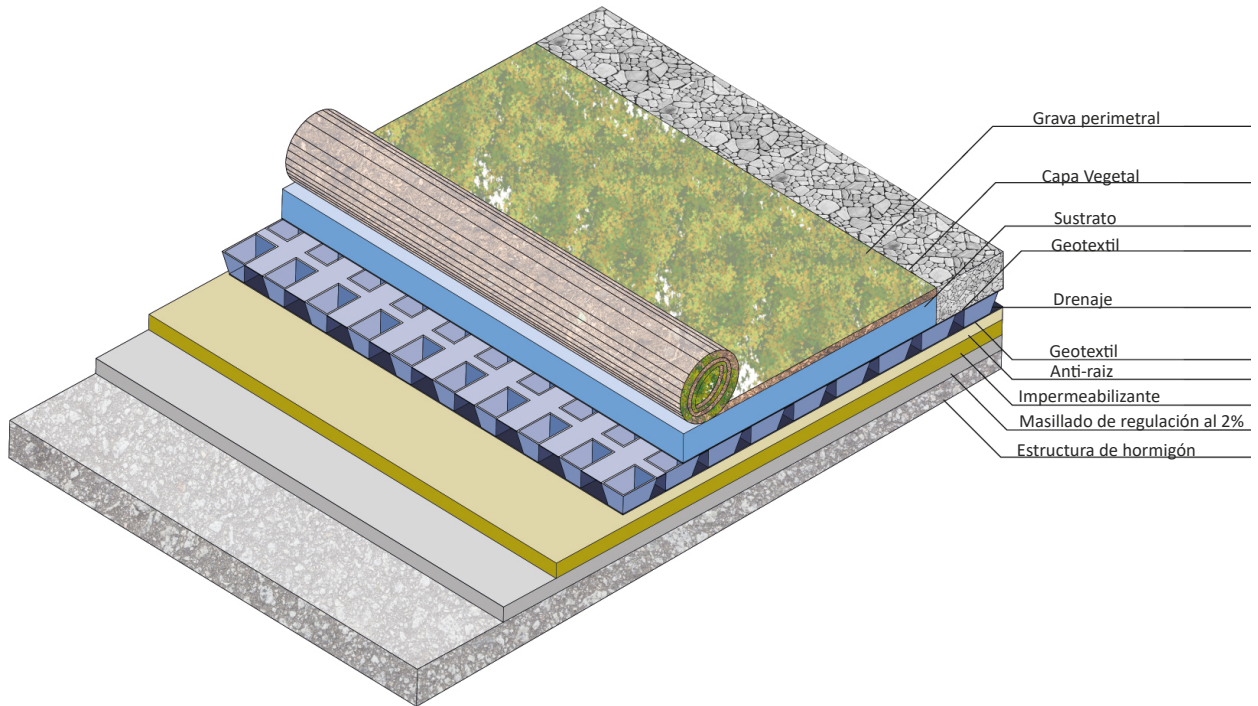


Figura 36. Isometrico de cubierta con rollos sedum.
Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.4.1. Impermeabilización

En este sistema a pesar de que sea un sistema mucho más sencillo en su instalación, no se debe descartar la capa de la impermeabilización antes de instalar las demás capas. La impermeabilización de la cubierta es un factor que no se debe descartar antes de realizar la instalación de la cubierta verde. Al igual que la capa anti-raíz, ya que, durante el crecimiento de las plantas, se extiende su raíz hacia abajo en busca de nutrientes, la cual suele ser bastante agresiva contra la estructura de la edificación. (Ajuntament de Barcelona, 2023).

4.4.2. Sustrato

Una vez realizada la impermeabilización, se coloca el sustrato artificial, elaborado a partir de lana de roca. Este tipo de sustrato se encuentra diseñado para atraer las moléculas de agua siendo un elemento capaz de reabsorber 8 veces el propio peso después de una deshidratación, el cual a diferencia de la lana de roca convencional donde su capacidad de retención tiende a disminuir con el tiempo, siendo esencial para las cubiertas verdes, además de ser ligero (Sempergreen, 2023).

Es también importante medir la dimensión de la cubierta, lo cual debe estar cortado a medida sin dejar espacios entre cada plancha de sustrato. Además, se debe dejar de 20 a 30 centímetros alejado del perímetro de la cubierta para ubicar la grava perimetral (Sempergreen, 2023).

4.4.3. Grava perimetral

En el espacio comprendido entre el filo de la cubierta y el sustrato artificial que es entre 20 a 30 centímetros, se coloca grava para que el proceso de filtrado sea mucho más rápido. Sin embargo, la FLL (German Landscape Research, Development and Construction Society) establece que debe haber de forma general una franja de al menos 50cm de ancho de grava para separar de la vegetación del filo de la losa (Rodríguez-Parets, 2014).

4.4.4. Tepes sedum

Los tepes sedum se crían de diferentes tipos de especies, el cual se crían sobre una fibra de coco y un sustrato específico para el desarrollo de la planta. Las plantas al estar dentro de la categoría de las sedum, permite almacenar bastante agua en sus hojas, por lo cual puede adaptarse a diferentes condiciones (Sempergreen, 2023).

4.5 Sistema de retorno de aguas pluviales

La recolección de aguas en los diferentes edificios va conectada directa a la cisterna, la cual es almacenada y a la vez utilizada para el riego y mantenimiento de las diferentes áreas verdes que tiene la edificación, generando un ahorro en el consumo de agua.

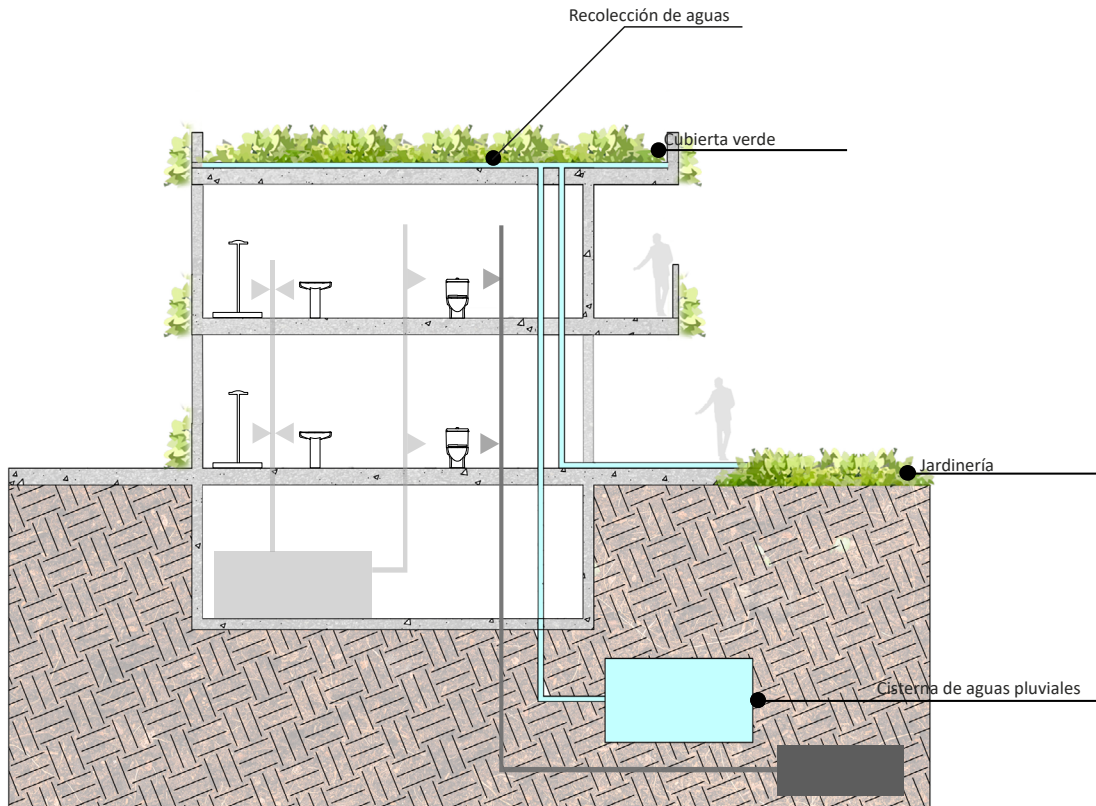


Figura 37. Diagrama de retorno de aguas pluviales.
Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.6 Cubierta extensiva con vegetación alta “semi-extensiva”

Este tipo de cubierta entra todavía dentro de la definición de cubierta extensiva, pues únicamente existe un aumento de sustrato cuando se utiliza vegetación alta, debido a que las raíces demandan mayor cantidad de sustrato para que la planta pueda desarrollarse con normalidad.

Además, si se consideraría utilizar una cubierta semi-extensiva, la dimensión del sustrato debe estar todo dentro del mismo nivel, el cual puede variar desde los 15 cm hasta los 30 cm. Lo importante de identificar cada uno de estos sistemas y sus parámetros permite identificar las demandas que este exige y como podría representar estructuralmente, pues la dimensión de las capas ya es una carga sobre la estructura

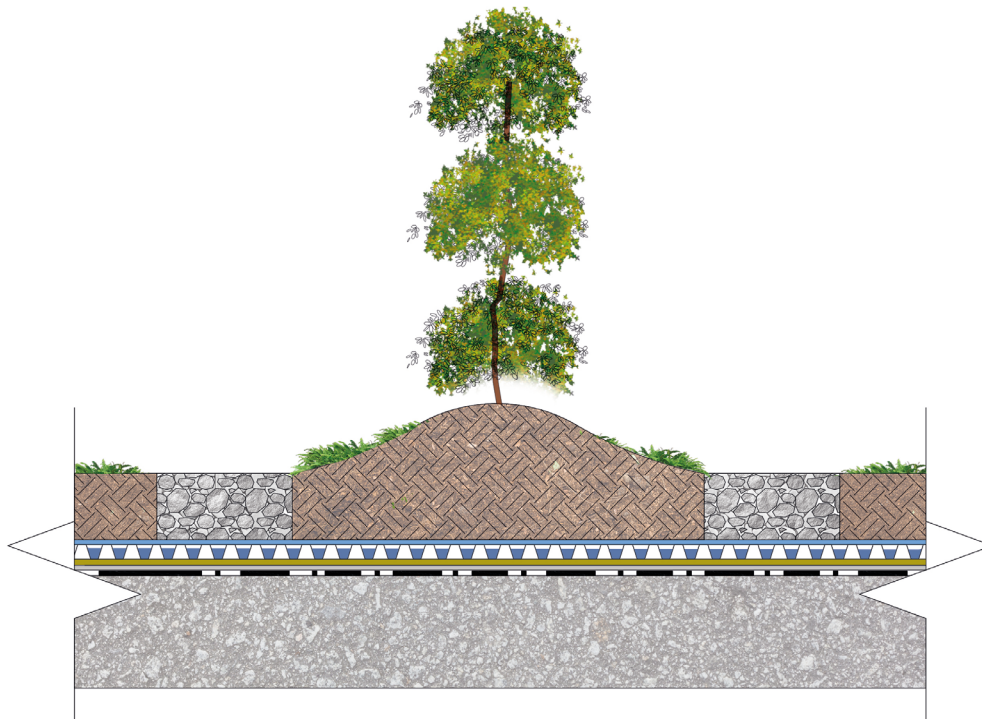


Figura 38. Cubierta extensiva con aumento de sustrato en arbusto.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.7 Cubierta intensiva

La cubierta intensiva llega a componerse de las mismas capas, empezando con el masillado del 2% al 3%, seguido de la imprimación, capa asfáltica, anti-raíz, geotextil, geodren, geotextil, sustrato y capa vegetal. Sin embargo, lo que diferencia esta del sistema extensivo es la dimensión del sustrato el cual estar desde los 30cm a 1.5 m o inclusive más. Es decir, a mayor tamaño de sustrato, mayor es la dimensión de plantas que puede utilizarse.

La variedad de plantas es mucho mayor abarcando desde plantas pequeñas hasta arboles, sin embargo, a pesar de que puede emplearse plantas leñosas hay que tener un respectivo mantenimiento pues tanto las raíces y su follaje puede crecer considerablemente llegando a presentar problemas estructurales sobre la edificación. Por lo tanto, si se va a trabajar con una cubierta intensiva, es importante considerarlo desde el inicio del proceso de diseño de la infraestructura.



Figura 39. Cubierta intensiva y su dimensión
Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.8 Parametros de diferenciación de cubiertas extensivas

Tipología		Subtipo	Sustrato		Plantas
Extensivo Sistema tradicional		Tapizante Ajardinado	Peso m2	Tipo	
			Espesor 10cm - 15cm Seca 102.645 kg/m2 153.75 kg/m2 Saturada 169.63 kg/m2 254.325 kg/m2	Sustrato para Áreas Húmedas 70% Arena/Cascajo 20% Materia Orgánica 10% Cascarilla	
			Espesor 10cm - 15cm Seca 71.90 kg/m2 107.86 kg/m2 Saturada 107.86 kg/m2 217.965 kg/m2	Sustrato para Áreas Templadas 60% Arena/cascajo 30% Materia Orgánica 10% Hojarasca / Cascarilla	
		Espesor 10cm - 15cm Seca 64.225 kg/m2 96.38 kg/m2 Saturada 139.23 kg/m2 208.845 kg/m2	Sustrato para Áreas Secas 20% Arena/Cascajo 70% Materia Orgánica 10% Cascarilla/Hojarasca		

Tabla 10. Parametros de las cubiertas extensivas tradicionales.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Parametros de fertilizante

Completo con macronutrientes: Potasio (K), Fosforo (P), Nitrogeno (N)

Micronutrientes : Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Zinc (Zn)

Mantenimiento		Beneficios	Sistema estructural			Costos	Resultados
1	2		Con grava perimetral para drenaje				
Macro K P N	Micro Fe Mn Zn	M.C.A A.C A.T A.U B C.E A.V.C C.B R.A	Invasiva	No Invasiva	Descripción		El sistema tradicional extensivo existe dos variantes las cuales llegan a ser similares, sin embargo, existe un aspecto que los diferencia y es la grava perimetral. Lo cual al carecer de esta afecta en la eficiencia de la cubierta verde pues al no tenerla es propenso a que el agua se estanque y no pueda drenarla mucho más rápida. Por lo que la cubierta verde con grava perimetral es mucho más eficiente que la que no tiene. No obstante, su precio varía dependiendo de la cantidad de plantas que se vayan a colocar por m2 y también del tipo de plantas.
			X		Estructura de hormigón Masillado de 2 % a 3% Imprimación Lamina Asfaltica Anti-raiz Geotextil Geodren Geotextil Sustrato Grava perimetral Capa vegetal	Imprimación Lámina asfaltica Lámina Anti-raiz Costo aprox. \$15 x m2 + Iva	
						Imprimación Lámina asfaltica Lámina Anti-raiz Geodren Costo aprox. \$38 x m2 + Iva	
			Invasiva	No Invasiva	Descripción	Sustrato Plantas Costo Variable Nº Plantas x m2 9 - 34 plantas x m2 \$25	
			Sin grava perimetral para drenaje				
			X		Estructura de hormigón Masillado de 2 % a 3% Imprimación Lamina Asfaltica Anti-raiz Geotextil Geodren Geotextil Sustrato Capa vegetal		

Tipología		Subtipo	Sustrato		Plantas
Tipología		Subtipo	Peso m2	Tipo	Plantas
Cubierta extensiva con vegetación alta "semi-extensiva"		Tapizante	Espesor 10cm - 15cm Seca 71.90 kg/m2 107.86 kg/m2 Saturada 107.86 kg/m2 217.965 kg/m2	Sustrato 60% Arena/cascajo 30% Materia Orgánica 10% Hojarasca / Cascarilla	
Sistema Extensivo Rollos sedum		Tapizante	Espesor 40mm Seca 4.4 kg/m2 Saturada 33.4 kg/m2 Capacidad de reserva de agua 29 L/m2	Sustrato Artificial Base de Lana de Roca Tamaño 1m x 3m	Plantas suculentas

Tabla 11. Parametros de cubierta extensiva con rollos sedum y semi-extensiva.
Fuente: Elaboración propia, 2023.

Parametros de fertilizante
 Completo con macronutrientes: Potasio (K), Fosforo (P), Nitrogeno (N)
 Micronutrientes : Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Zinc (Zn)

Mantenimiento		Beneficios	Sistema estructural			Drenaje	Costos	Resultados
1	2		Invasiva	No Invasiva	Descripción			
Macro K P N	Micro Fe Mn Zn	M.C.A A.C A.T A.U B C.E A.V.C C.B R.A	X		Estructura de hormigón Masillado de 2 % a 3% Imprimación Lamina Asfáltica Anti-raiz Geotextil Geodren Geotextil Sustrato Grava perimetral Capa vegetal	Drenaje cuenta con grava perimetral, aumentando la eficiencia de la cubierta.	Imprimación Lámina asfáltica Lámina Anti-raiz Costo aprox. \$15 x m2 + Iva Imprimación Lámina asfáltica Lámina Anti-raiz Geodren Costo aprox. \$38 x m2 + Iva Sustrato Plantas Costo Variable Nº Plantas x m2 9 - 34 plantas x m2 \$25	En el caso de los 2 sistemas de cubiertas vedes, el semi-extensivo demanda mucho más cuidado que la cubierta con rollos sedum. Además, la composición estructural existe una diferencia, que es la del cambio del sustrato natural que la del artificial, teniendo una ventaja el artificial pues su peso se reduce considerablemente alrededor de un 70% más liviano. De la misma manera si se habla del costo, pues al no haber una variante del precio en base a la vegetación porque el tapete tiene un precio fijo por m2, por lo que podría ser al menos un 10% a 20% mucho más económico que los sistemas tradicionales.
Mantenimiento	Beneficios		Invasiva	No Invasiva	Descripción	Drenaje	Costos	
0		M.C.A A.C A.T A.U B C.E A.V.C C.B R.A	X		Estructura de hormigón Masillado de 2 % a 3% Imprimación Lamina Asfáltica Anti-raiz Geodren Sustrato artificial Tapete de sedum Grava perimetral	Drenaje cuenta con grava perimetral, aumentando la eficiencia de la cubierta.	Imprimación Lámina asfáltica Lámina Anti-raiz Costo Aprox: \$15 x m2 + Iva Costo de tapete \$25 x m2	

4.9 Parametros de diferenciación de la cubierta intensiva









































Tipología		Sustrato		Plantas				
		Peso m2	Tipo	1.	2.	3.	4.	5.
Sistema Intensivo	<p>Parametros de mantenimiento - Sistema vegetal</p> <p>0. Ninguno: El mantenimiento es minimo</p> <p>1. Minimo: 4 veces al año / Riego diario</p> <p>2. Moderado: > 4 veces al año < 12 veces al año / Riego diario</p> <p>3. Intensivo: > 12 veces al año / Riego diario</p>							
		<p>Espesor</p> <p>>30 cm</p> <p>Rango</p> <p>300 kg/m2</p> <p>1500 kg/m2</p>	<p>60% Arena/cascajo</p> <p>30% Materia Orgánica (Tierra Negra)</p> <p>10% Hojarasca / Cascarilla</p>					
								
								
								
								
								
								

Tabla 12. Parametros de la cubierta intensiva.
Fuente: Elaboración propia, 2023.

Parametros de fertilizante
 Completo con macronutrientes: Potasio (K), Fosforo (P), Nitrogeno (N)
 Micronutrientes : Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Zinc (Zn)

Mantenimiento	Beneficios	Sistema estructural			Drenaje	Costos	Resultados
		Invasiva	No Invasiva	Descripción			
3							
Macro K P N	M.C.A A.C A.T A.U B C.E A.V.C C.B R.A	X		Estructura de hormigón Masillado de 2 % a 3% Imprimación Lamina Asfáltica Anti-raiz Geotextil Geodren Geotextil Sustrato Grava perimetral Capa vegetal	Drenaje cuenta con grava perimetral, aumentando la eficiencia de la cubierta.	Imprimación Lámina asfáltica Lámina Anti-raiz Costo aprox. \$15 x m2 + Iva Imprimación Lámina asfáltica Lámina Anti-raiz Geodren Costo aprox. \$38 x m2 + Iva Sustrato Plantas Costo Variable Nº Plantas x m2 9 - 34 plantas x m2 \$25	La cubierta intensiva, es mucho más costosa que los otros sistemas que fueron descritos, pues gran parte de ellas varía netamente de la dimensión del sustrato que vaya a emplearse y también las plantas, ya que no únicamente van plantas pequeñas y arbustos, sino que también abarca plantas leñosas de gran tamaño, que exigen un cuidado mucho mayor tanto de su follaje como el de sus raíces para no comprometer a la estructura y evitar problemas a futuro.

Sistemas de Cubierta Verde

Cubierta Intensiva

- Dimensión del sustrato >30 cm
- Ofrece beneficios ecosistémicos
- Gran variedad de plantas: Herbáceas Perennes No Perennes, arbustivas, leñosas (árboles)
- Mantenimiento alto por su vegetación
- Mayor costo y variable dependiendo la cantidadde plantas
- Sistema estructuralmente pesado
- Eficiencia en el drenaje dedebido a la grava perimetral

Cubierta extensiva tradicional con grava perimetral

- Composición del sustrato variable dependiendo el clima
- Ofrece beneficios ecosistémicos
- Gran variedad de plantas: Herbáceas Perennes No Perennes
- Mantenimiento Medio
- Costo variable dependiendo la cantidadde plantas
- Sistema estructuralmente pesado
- Mayor eficiencia en el drenaje dedebido a la grava perimetral

Cubierta Extensiva Tradicional sin grava perimetral

- Composición del sustrato variable dependiendo el clima
- Ofrece beneficios ecosistémicos
- Gran variedad de plantas: Herbáceas Perennes No Perennes
- Mantenimiento Medio
- Costo variable dependiendo la cantidadde plantas
- Sistema estructuralmente pesado
- Problemas con el acharcamiento de agua, por la falta de la grava perimetral

Cubierta Extensiva con vegetación alta "Semi-extensiva"

- Composición del sustrato variable dependiendo el clima
- Ofrece beneficios ecosistémicos
- Gran variedad de plantas: Herbáceas Perennes No Perennes
- Mantenimiento Medio
- Costo variable dependiendo la cantidadde plantas
- Sistema estructuralmente pesado
- Problemas con el acharcamiento de agua, por la falta de la grava perimetral

Cubierta Extensiva con Rollos Sedum

- Utilización de sustrato artificial con capacidad de aboserbe 8 veces su peso
- Ofrece beneficios ecosistémicos
- Plantas Sedum
- Mantenimiento Bajo
- Costo variable dependiendo la cantidaddde plantas
- Sistema estructuralmente liviano
- Problemas con el acharcamiento de agua, por la falta de la grava perimetral

Los rollos sedum es el mejor sistema a comparación de los otros debido a que es liviano, bajo mantenimiento y menos costos

5. Reflexiones finales

Considerando que las cubiertas verdes es un sistema que ya lleva varios años aplicándose en países de Norteamérica y Europa es realmente nuevo en Quito, pues su uso no es muy común y apenas pocas edificaciones lo han implementado, lo cual llevara un determinado tiempo en que este tipo de infraestructura se aplique masivamente en la ciudad. Además, que para este tipo de cubierta verde sea implementado se necesita mano de obra con experiencia para que la cubierta funcione correctamente, pues se toman en cuenta la estructura de la edificación y la vegetación que se vaya a emplear desde su tipología, exposición de luz solar, clima, ubicación, cantidad de horas que estará bajo sombra, tipo de sustrato y fertilizante.

Si se hablase de precios, la cubierta verde extensiva que usa principalmente césped y plantas pequeñas, como son usadas a manera de jardín, su precio va a incrementando dependiendo de la cantidad de plantas que pongan por metro cuadrado pues el intervalo va de 9 a 36 plantas por metro cuadrado. A diferencia del otro sistema el cual puede ser otra opción un poco más económica ya que el tapete de plantas está en 25 dólares, pues a diferencia del otro tipo es al menos un 30% mucho más costoso y puede aumentar con la cantidad de plantas.

Ahora bien la implementación de esta infraestructura verde representa un gran beneficio siempre y cuando se los use, pues en la ciudad de Quito pueden implementarlos pero no sabemos realmente si están funcionando, pues lo único que se sabe es de la recolección de aguas lluvias, pero se desconoce la cantidad de energía que se ha podido ahorro, al igual que el control de la escorrentía, los niveles de temperatura de la edificación, la cantidad de decibeles que aísla la cubierta y su influencia en la biodiversidad.

Por lo tanto, la eficiencia de estos sistemas es respaldada por estudios realizados en el extranjero, a diferencia que en Quito que se desconoce con datos cuantitativos de su eficiencia.

Además, las empresas que ofrecen este tipo de servicios en la ciudad de Quito únicamente se enfocan en la instalación de este tipo de infraestructura. Lo realizan más con cubierta extensiva, pues en el caso de trabajar una cubierta intensiva, una vez que hayan hecho la obra de diseño e instalación de la cubierta verde, la persona quien sea el responsable de realizar el mantenimiento no lo haga debidamente, y al tener arboles sus raíces con el paso del tiempo puedan llegar a comprometer la estructura de la edificación.

De igual forma, en base a la visita de las edificaciones se pudo identificar que son edificios que recientemente fueron construidos y ubicados en el sector norte de la ciudad en los barrios de la Carolina, la Mariscal, y Colon. Es decir, únicamente edificios construidos en los últimos años cuentan con este sistema, dando a entender que existe todavía un desconocimiento de la existencia de este tipo de infraestructura verde.

Durante el proceso de investigación de este tipo de infraestructura, al hablar con los diferentes administradores y personas a cargo de los edificios, llegan a interpretar que, al utilizar césped sintético con maceteros de plantas naturales, asumen que es una cubierta verde natural sin tener en cuenta que existe una gran diferente entre usar materiales sintéticos y naturales, siendo estos los que proporcionan servicios ecosistémicos aprovechables.



Figura 40. Cubierta con césped sintético.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Además, no existe una definición clara en las tipologías de cubiertas verdes, desde cubierta intensiva, semi-intensiva y extensiva que permita definir con claridad el sistema empleado en la edificación.

En países donde llevan años desarrollando este tipo de infraestructura el término de cubierta semi-extensiva lo consideran cuando el sustrato, va desde los 12cm hasta los 30cm y también vegetación con altura mayor a los 30cm. Sin embargo, este concepto no es percibido casi de la misma manera, a diferencia de que al momento de utilizar arbustos en donde la planta demanda una mayor cantidad de sustrato únicamente existe un aumento de la dimensión alrededor de la planta, mientras que el resto de la cubierta mantiene una dimensión mucho menor.

Por lo tanto, la definición de las tipologías no está clara y este es un aspecto importante a tomar en cuenta ya que cada una de estas tiene diferentes características, además de que el peso de cada sistema compromete a la estructura de la edificación.

6. Recomendaciones

Durante el proceso de investigación hay diferentes aspectos a tomar en cuenta, para poder realizar el levantamiento de información de manera más rápida, es buscando edificaciones nuevas que se hayan desarrollado dentro de los últimos años, por lo que revisar el portafolio web de las constructoras permite identificar las edificaciones que usa este tipo de infraestructura verde.

De igual forma, para poder identificar más edificaciones se puede realizar con la imagen satelital y ubicarlas como posibles estudios de caso ya que es difícil identificar si realmente la cubierta es natural o sintética. Además, es importante sectorizar las cubiertas por barrios para poder levantar la información de manera más ágil.

Ahora bien, partiendo de esta investigación se recomienda realizar estudios en donde permitan identificar como ha venido influyendo en la temperatura del sector donde se concentra este tipo de infraestructura puesto que la aplicación de cubiertas verdes, tiene finalidades ambientales, para mitigar o ayudar a solucionar los diferentes problemas climáticos dentro de las urbes.

La información actual sobre este tipo de infraestructura que se tiene no es suficiente, ya que se necesitó estudios especializados en donde se requiera la participación tanto de arquitectos especializados en la sostenibilidad como ingenieros de diferentes áreas como: ingenieros civiles, ambientales y agrónomos, dado que se necesita tomar aspectos técnicos y físicos desde estructurales hasta procesos biológicos.

Las cubiertas verdes al estar vinculado con varios procesos biológicos tanto de plantas como de insectos y aves que pueden presentarse en este tipo de infraestructura, se recomienda la realización de manuales y catálogos de plantas que permitan instruir a la población e informar que tipo de vegetación se puede utilizar en una cubierta. De la misma manera, se recomienda realizar investigaciones de sistemas que no se utilizan en la ciudad de Quito, y ver si es factible o no utilizarlos tomando en cuenta los aspectos económicos, ambientales y construcción.

Es importante la difusión de información de los sistemas de cubiertas verdes para hacer conocimiento de las diferentes aplicaciones y beneficios, por lo cual es esencial la creación de catálogos en donde contenga toda la información técnica detallada de todos los sistemas que pueden emplearse, al igual que la vegetación que se puede emplear, y sus beneficios para que pueda hacerse uso de los diferentes servicios ecosistémicos.

7. Referentes Bibliográficos

Acuña, H. G. A. (2022). Servicios ecosistémicos como buffer de mediación entre área urbana-natural. Caso estudio Humedal urbano de Quilicura. Tesis de maestría, Universidad de Santiago de Chile.

Agencias de Aguas de Lluvia de Berlín. (2023). Dachbegrünung. Recuperado el 14 de diciembre de 2023, de <https://regenwasseragentur.berlin/massnahmen/dachbegruenung/>

Aguirre, P. N., Alvarado, J., & Granda, J. (2018). BOSQUES LATITUD CERO. Bosques Latitud Cero, 8(2), 118-130.

Ajuntament de Barcelona. (2023). Guía de azoteas vivas y cubiertas verdes BCN. Recuperado de <https://media-edg.barcelona.cat/wp-content/uploads/2016/02/Guia-terrats-CAST-baixa.pdf>

Alianza IKI México. (2020). Indicadores de Sustentabilidad Energética para Ciudades con Clima Cálido. <https://iki-alliance.mx/wp-content/uploads/Manual-ISE-CiClim.pdf>

ALKORSOLAR. (2018). Impermeabilización de Cubiertas. Recuperado de www.zinco-cubiertas-ecologicas.es

Arvizu, H. K. M. (2018). Utilización del sistema de huertos urbanos en cubiertas para el mejoramiento del confort térmico de un espacio. Tesis de posgrado, Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México.

Avendaño-Leadem, D., Cedeño-Montoya, B., & Arroyo-Zeledón, M. S. (2020). Integrando el concepto de servicios ecosistémicos en el ordenamiento territorial. *Revista Geográfica de América Central*, 2(65), 63–90. <https://doi.org/10.15359/rgac.65-2.3>

Avrella, E. D., Pinto, L., Tedesco, M., Armiliato, A., Schafer, G., Dutra de Souza, P. V., & Fior, C. S. (2021). Suelo mineral como componente de sustrato para plantas. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 12(2), 85–98. <https://doi.org/10.22490/21456453.4111>

BAQ. (2010). Cubierta ajardinada Ministerio del Ambiente. Recuperado de <https://arquitecturapanamericana.com/cubierta-ajardinada-ministerio-del-ambiente/>

Bárcena, A., Samaniego, J., José, W. P., & Alatorre, E. (2020). La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe ¿Seguimos esperando la catástrofe o pasamos a la acción? (No. ISBN 978-92-1-047955-4). CEPAL.Barríos,

B. L. E. (2018). Techos Verdes: de la teoría a la práctica Green roofs, from theory to practice. In *Revista Científica OMNES*.

Bauder. (2023). Blue Roof Systems. Recuperado de <https://www.bauder.co.uk/technical-centre/downloads/system-brochures/blue-roof-systems.pdf>

Borges, S. E. (2018). La cubierta verde como alternativa económica y sostenible a las cubiertas convencionales. Tesis de maestría, Universidad de Alicante.

Calaza, M. P. (2019). Guía de la Infraestructura Verde Municipal. Asociación Española de Parques y Jardines Públicos (AEPJP).

Calderón, A., Yepes-Estrada, C., & Silva, V. (2021). Tipologías constructivas en Quito, Cali y Santiago de los Caballeros. Recuperado de https://cloud-storage.globalquakemodel.org/public/wix-new-website/pdf-collections-wix/publications/TREQ%20deliverables/publications/TREQ_Deliverable_D231_Building_Classes_v1_1.pdf

Castrejón Esparza, N. M., González Trevizo, M. E. & Ojeda Sánchez, J. A. (2023). Optimización morfológica de cañones urbanos con diseño evolutivo para mitigar la isla urbana de calor. *Vivienda y Comunidades Sustentables*, (13), 9-19. 10

Castro, R. Y. (2018). Análisis de la implementación de Cubiertas Verdes como diseño sostenible en la ampliación de la Cárcel y Penitenciaría de Mediana Seguridad de Espinal – Tolima. Tesis de maestría, Universidad La Gran Colombia, Bogotá D.C.

Chaban-Kabakibo, Z. S. (2020). Evolución de las cubiertas ecológicas y su implementación en Madrid. Tesis de grado, Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.

City of Toronto. (2023). City of Toronto Green Roof Bylaw. Recuperado de <https://www.toronto.ca/city-government/planning-development/official-plan-guidelines/green-roofs/green-roof-bylaw/>

Contreras-Bejarano, O., & Villegas-González, P. A. (2019). Green roofs for comprehensive water management: Case study in Chapinero, Colombia. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 10(5), 282–318. <https://doi.org/10.24850/j-ty-ca-2019-05-11>

Cubillo, P., Orellana D., Maigua P. (2020). Análisis De La Distribución Espacial De La Temperatura Superficial Y La Valoración De Criterios Que Influyen En La Isla De Calor Urbano (Icu) En El Distrito Metropolitano De Quito. Centro de Información Urbana de Quito, CIUQ. Quito, 254 pp.

Cuvi, N. & Gómez Vélez, L. C. (2021). Los parques urbanos de Quito: distribución, accesibilidad y segregación espacial. *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, 10(2), 200-231. 10

Environmental Atlas Berlin. (2023). Green Roofs. Recuperado de <https://www.berlin.de/umweltatlas/en/land-use/green-roofs/>

Esteban Nieto, N. T. (2017). Tipos de investigación. *Revista de Investigación Científica*, 2(1), 1-10. <https://core.ac.uk/download/pdf/250080756.pdf>

Fazeli, D. T., & Ituarte, L. D. M. (2021). The green infrastructure and its potentialities for the regeneration of river systems: Examples of best practices at different spatial scales. *Agua y Territorio*, 18, 39–59. <https://doi.org/10.17561/at.18.5642>

Fernandez, E. L. (2022). Análisis del impacto ambiental del sistema de drenaje pluvial en la Urbanización Campo Real, Ciudad de Cajamarca 2021. Tesis de grado, Universidad Privada del Norte, Cajamarca.

Ferràndiz, R. M. (2019). Monitorización y evaluación del impacto de la construcción de cubiertas verdes en Barcelona. Trabajo final de máster, Universidad Politècnica de Catalunya · Barcelona Tech - UPC.

Giraldo, A., Mustafa, S., Casallas, A., & Quirama, M. (2022). Análisis de los Islotes de Calor Intra Urbanos en Bogotá, Colombia.

GRETA. (2019). Análisis de la infraestructura verde en las regiones de la UE. ESPON. Recuperado de <https://www.espon.eu/sites/default/files/attachments/GRETA%20Briefing%201.pdf>

Hidalgo-Márquez, R., & Hidalgo-Contreras, J. (2022). Verde urbano y resiliencia: una exploración en Córdoba, Fortín y Amatlán, Veracruz, México. <https://orcid.org/0000-0002-8897-1690>

Huespe, S. (2021). Una mayor diversidad de plantas en techos verdes favorece la diversidad de insectos benéficos. Recuperado de <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/19910/Una%20mayor%20diversidad%20de%20plantas%20en%20techos%20verdes%20favorece%20la%20diversidad%20de%20insectos%20ben%C3%A9ficos%20-%20UNCiencia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Inostroza, L. (2019). Servicios ecosistémicos urbanos en Latinoamérica. Oportunidades para el desarrollo urbano sostenible, la acción climática y la gestión de la biodiversidad urbana. *Agua y territorio*, (13), 1-10. doi: 10.17561/at.13.5642

Jamei, E., Chau, H. W., Seyedmahmoudian, M., Mekhilef, S. S., & Sami, F. A. (2023). Green roof and energy – role of climate and design elements in hot and temperate climates. *Heliyon*, 9(5). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15917>

Jiménez, A., Russo, B., Ruiz, O., & Acero, A. (2021). Eficiencia hidráulica y ambiental de cubiertas verdes en un clima mediterráneo continental seco. Aplicación a una nueva urbanización en la ciudad de Zaragoza (España). *Ingeniería Del Agua*, 25(2), 127. <https://doi.org/10.4995/ia.2021.14112>

Llop, J. M., & Vivanco, L. (2017). El derecho a la ciudad en el contexto de la Agenda Urbana para Ciudades Intermedias en el Ecuador. Universidad de Cuenca, Cuenca.

Loor, I., & Rivadeneira, L. (2023). Infraestructura verde como infraestructura informal: un cambio de perspectiva necesario. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 38(2), 501-533. <https://doi.org/10.24201/EDU.V38I2.2097>

López, M. N. A., Domínguez, G. C. G., Barreto, W., Méndez, N., López, M. L. J., Soria, P. M. G. S., Lizano, A. R. X., & Montesinos, M. V. V. (2020). ALMACENAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA EN MEDIOS URBANOS UTILIZANDO TECHOS VERDES. *Granja*, 32(2), 53–70. <https://doi.org/10.17163/lgr.n32.2020.05>

López-González, B., Camacho, A., Martínez-Rodríguez, M., & Marcelin-Aranda, M. (2020). Techos verdes: una estrategia sustentable. *Tecnología en Marcha*, 33 (3), 68-79. <https://doi.org/10.18845/tm.v33i3.4389>

Martino, H. (2019). Desarrollo urbano sostenible con igualdad: el desafío de América Latina. Recuperado de <https://mercadoyempresas.com/web/aporte-tecnico.php?id=57>.

Mercado, L. (2019, noviembre 20-24). Mitigación de isla de calor urbana de Hermosillo como una herramienta para mejorar la resiliencia urbana [Presentación de conferencia]. XV Congreso Nacional de Investigación Educativa, Mérida, Yucatán, México. <https://www.researchgate.net/publication/352414440>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2020, 20 de agosto). Segundo Concurso de Cubiertas Verdes en comunidades de vecinos y vecinas de Barcelona. Recuperado de <https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/formacion-ambiental/congresos/08-concurso-cubiertas-verdes-ayuntamiento-barcelona.html>

Moreno, H. U. (2021, marzo 22-26). Análisis sobre la Autosuficiencia en flujos metabólicos y diversidad de usos y funciones [Presentación de conferencia]. XV Congreso Nacional de Investigación Educativa, Mérida, Yucatán, México. Recuperado de <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25979.18726>

Moya Vicuña, S. A. (2018). Integración de cubiertas y fachadas vegetadas como estrategia en la mitigación del cambio climático y aportes medioambientales. *Eidos*, 11. <https://doi.org/10.29019/eidos.v0i11.424>

Novillo, N. (2018). Cambio climático y conflictos socioambientales en ciudades intermedias de América Latina y el Caribe. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 24, 1-18. DOI: 10.17141/letrasver-

des.24.2018.3323.

PACQ. (2020). Distrito Metropolitano de Quito Plan de Acción de Cambio Climático de Quito. Recuperado de <https://www.quitoambiente.gob.ec>

Purple-Roof. (2024). Purple-Roof Green Roof Construction Specifications. Recuperado de <https://www.purple-roof.com/specs>

Quito Cómo Vamos. (2021). Informe de calidad de vida 2020: Vivienda. Recuperado de <https://quitocomovamos.org/wp-content/uploads/2021/05/3.VIVIENDA.pdf>

Ramos, C. A. (2020). Alcances de una investigación. *CienciAmérica*, 9(3), 1–6. <https://doi.org/10.33210/ca.v9i3.336>

Reyes, P. J. B. (2017). Determinación de los detalles técnicos para la implementación de techos verdes en proyectos residenciales en la ciudad de Quito (Tesis de pregrado). Universidad de las Américas, Quito. doi: 10.36677/legado.v18i33.17416

Reyes-Escobedo, M., & Aguiluz-León, J. (2023). Factores de influencia para formación de islas de calor en la Zona Metropolitana de Querétaro. *Legado de Arquitectura y Diseño*, 18(33), 7. <https://doi.org/10.36677/legado.v18i33.17416>

Reyes-Ruiz, L. & Carmona Alvarado, F. A. (2020). La investigación documental para la comprensión ontológica del objeto de estudio. *Legado de Arquitectura y Diseño*, 18(33), 7-16. doi: 10.36677/legado.v18i33.17416

Rodríguez Caicedo, D. N. T., Murcia, M. B. S., & Nieto, T. D. A. (2021). Cubierta verde extensivo como mejora del comportamiento de temperatura (Tesis de grado). Corporación Universitaria Minuto de Dios, Bogotá. doi: 10.36677/legado.v18i33.17416

Rodríguez-Parets, G. O. (2014). Estudio de alternativas para la construcción de cubiertas verdes en Cantabria (Trabajo final de grado). Universidad de Cantabria, España.

Secretaría Distrital de Ambiente. (2018). Techos verdes y jardines verticales: Guía práctica. <https://www.sda.gov.co/sitios-de-interes/publicaciones/techos-verdes-y-jardines-verticales-guia-practica>

Secretaría Distrital de Ambiente. (2019). Techos verdes y jardines verticales. Recuperado de <https://www.ambiente-bogota.gov.co/techos-verdes-y-jardines-verticales>

Secretaría Distrital de Ambiente. (2020). Guía para pintar de verde el cemento de la capital: una piel natural para

Bogotá. Recuperado de https://ambientebogota.gov.co/noticias-de-ambiente/-/asset_publisher/Fziya03up5Z6/content/guia-para-pintar-de-verde-el-cemento-de-la-capital-una-piel-natural-para-bogota

Secretaría Distrital de Ambiente. (2021). Guía técnica para el diseño, construcción y mantenimiento de infraestructura vegetada en Bogotá D.C. Recuperado de <https://www.ambientebogota.gov.co/documents/10184/411743/Gu%C3%ADa+Tecnica+Infraestructura+Vegetada+2021.pdf/077e3693-e9ff-4f8f-b506-9effa7b57494>

Sempergreen. (2023a). Ficha técnica Sempergreen rollo de sustrato S40 (40mm) [Ficha técnica, SG-FT-001]. <https://www.sempergreen.com/es/productos/techos-verdes/rollo-de-sustrato-sempergreen/ficha-tecnica-rollo-de-sustrato-sempergreen>

Sempergreen. (2023b). Ficha técnica Sempergreen tepe de sedum mixto [Ficha técnica, SG-FT-002]. <https://www.sempergreen.com/es/productos/techos-verdes/tepe-de-sedum-sempergreen/ficha-tecnica-tepe-de-sedum-sempergreen>

Senado de Medio Ambiente, Transporte y Protección del Clima. (16 de marzo de 2021). GründachPLUS – Berlin klimarobust machen mit grünen Dächern und Fassaden. Berlin.de. Recuperado el 23 de enero de 2024 de <https://www.berlin.de/sen/uvk/natur-und-gruen/stadtgruen/gebaeudegruen/gruendachplus/>

Sherwin-Williams. (2018). The importance of priming. Sherwin-Williams. Recuperado de https://de-production-media.s3.amazonaws.com/uploads/technical_bulletins/18/SP-TB-The-Importance-of-Priming.pdf

Sánchez, M. B., Flores, V. S., Elba, R. H., Anaya, E. A. M., & Contreras, C. E. A. (2020). Causes and consequences of climate change in livestock production and animal health. Review. In *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias* (Vol. 11, pp. 126–145). INIFAP-CENID Parasitología Veterinaria. <https://doi.org/10.22319/RMCP.V11S2.4742>

Toxement. (2020). Guía básica para la especificación de techo vegetal. <https://www.toxement.com.co/wp-content/uploads/2020/10/Guia-Basica-para-la-Especificacion-de-Techo-Vegetal.pdf>

Vidal, P. M. (2020). Máster certificación en diseño sostenible y arquitectura bioclimática [Proyecto fin de máster, Universidad de Barcelona]. <http://hdl.handle.net/10803/669999>

Villegas, J. J. A., & Rodriguez, D. W. G. (2022). Evaluar la implementación de los techos verdes como estrategia de mitigación al cambio climático en el Edificio Multifamiliar “Black” en San Isidro, Perú. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería. Recuperado de <http://repositorio.uni.edu.pe/handle/uni/23345>

8. Anexos

Anexo 1. Cubierta verde del edificio Shyris Parc



Figura 41. Vista general de cubierta verde del edificio Shyris Parc.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

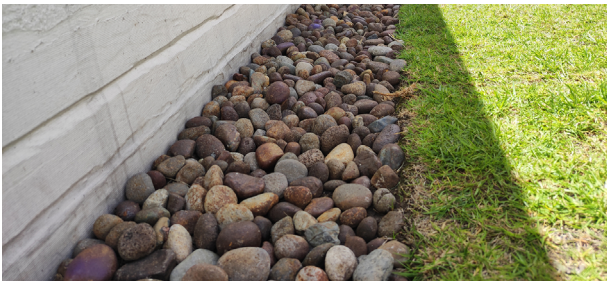


Figura 42. Grava perimetral de la cubierta verde.

Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 43. Sumidero ubicado dentro de grava.

Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 44. Capa de grava, césped y planta ornamental.

Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 45. Helecho macho plantado en cubierta
Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 47. Cigarrillo (*Cuphea ignea*).
Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 46. Siete Cueros plantada utilizado en la cubierta.
Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 48. Vinca mayor (*Vinca major*)
Fuente: Elaboración propia, 2023.

Anexo 2. Cubierta verde - Edificio Torre Centre



Figura 49. Cubierta ajardinada y tapizada
Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 50. Arbusto cerezo magenta
Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 51. Uso de grava para filtrar el agua mas rapido
Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 52. Arbusto con mayor dimensión del sustrato
Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 53. Vegetación nativa utilizada en cubierta
Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 55. Uso de vegetación de poca altura.
Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 54. Uso de maceteros para arboles mas grandes
Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 56. Variedad de plantas y colores formando una composición.
Fuente: Elaboración propia, 2023.

Anexo 3. Cubierta verde - Edificio Atelier



Figura 57. Vista general de la cubierta.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 58. Césped usado como tapizante.

Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 59. Uso de vegetación ornamental en el perímetro de la cubierta ,

Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 60. Área de interacción social.

Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 61. Uso de maceteros para vegetación de mayor altura.

Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 62. Sumidero ubicado al nivel de la capa vegetal.

Fuente: Elaboración propia, 2023



Figura 63. Helecho macho (*Dryopteris affinis*).

Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 64. Aspersor con sistema automatico de riego.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Anexo 4. Cubierta verde - Ministerio de Educación



Figura 65. Deterioro de la estructura y sistema de riego.
Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 66. Uso de maceteros para arboles pequeños
Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 67. Lengua de suegra (*Dracaena trifasciata*).
Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 68. Cubierta verde en mal estado.
Fuente: Elaboración propia, 2023



Figura 69. Deterioro en el jardín
Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 71. Vegetación ornamental
Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 70. Césped en mal estado por falta de mantenimiento.
Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 72. Sumidero ubicado al nivel del geodren.
Fuente: Elaboración propia, 2023.

Anexo 5. Cubierta verde - Edificio Sense



Figura 73. Visual general de la cubierta.
Fuente: Alvarez Bravo constructores, 2023.



Figura 74. Cubierta con jardinera y grava perimetral.
Fuente: Alvarez Bravo constructores, 2023.

Anexo 6. Cubierta Verde - Cosmopolitan Parc



Figura 75. Cubierta verde con jardinera perimetral.
Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 76. Uso de plantas leñosas y arbustivas
Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 77. Uso de grava perimetral para el filtrado de agua.
Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 79. Formio común (*Phormium tenax*)
Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 78. Cubierta verde a manera de tapizante.
Fuente: Elaboración propia, 2023.

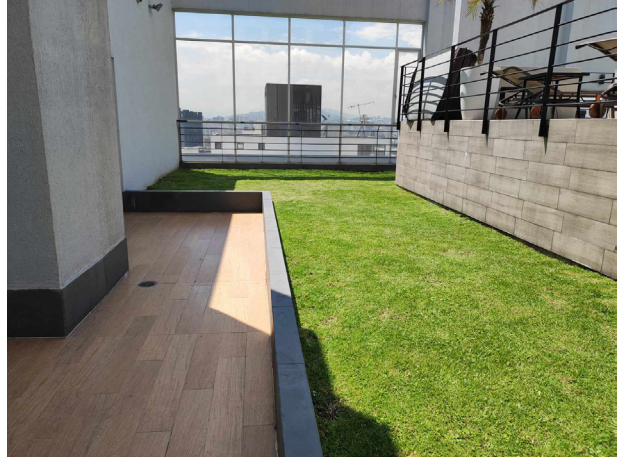


Figura 80. Cubierta sin grava perimetral para su filtración.
Fuente: Elaboración propia, 2023.

Anexo 7. Cubierta artificial



Figura 81. Cubierta sintética con pequeñas plantas usualmente confundida como una cubierta verde natural.
Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 82. Césped sintético usado como tapizante
Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 83. Maceteros en los alrededores de la cubierta.
Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 84. Plantas pequeñas usadas en los maceteros.
Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 85. Uso plantas suculentas
Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 87. Begonia semperflorens usada en maceteros.
Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 86. Cerezo magenta usada como planta ornamental.
Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 88. Aizoáceas plantas suculentas ornamentales.
Fuente: Elaboración propia, 2023.

Anexo 8. Proceso de una instalación de un prototipo de cubierta verde con rollo sedum

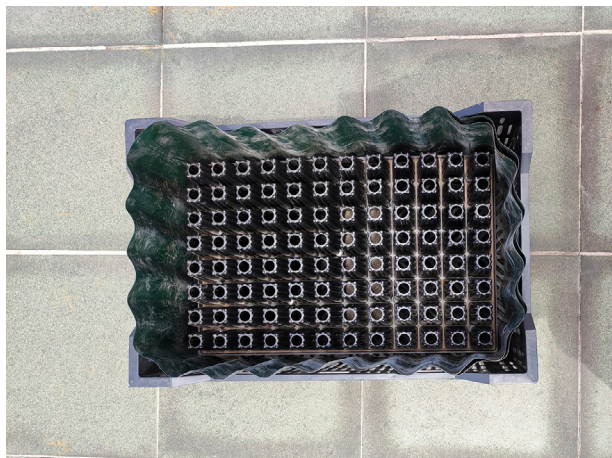


Figura 89. Colocación del drenante sobre la cubeta
Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 90. Medición del sustrato artificial.
Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 91. Corte del fieltro con la medida exacta.
Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 92. Humectación del sustrato.
Fuente: Elaboración propia, 2023



Figura 93. Colocación de la capa vegetal.
Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 94. Riego de la capa vegetal.
Fuente: Elaboración propia, 2023.



Universidad
Indoamérica

Arquitectura
2024