



Universidad de Cuenca

Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Carrera de Arquitectura

Desarrollo de un modelo de jardín de agua lluvia empleando sistemas urbanos de drenaje sostenibles (SUDS), para disminuir las escorrentías pluviales, en un tramo de la Av. Fray Vicente Solano, comprendidas entre las Av. Remigio Crespo Toral y 27 de febrero de la ciudad de Cuenca

Trabajo de titulación previa a la obtención del
título de Arquitecto

Autores:

Edgar Vinicio Azogue Sigcha

Jonnattan Xavier Ortiz Guaman

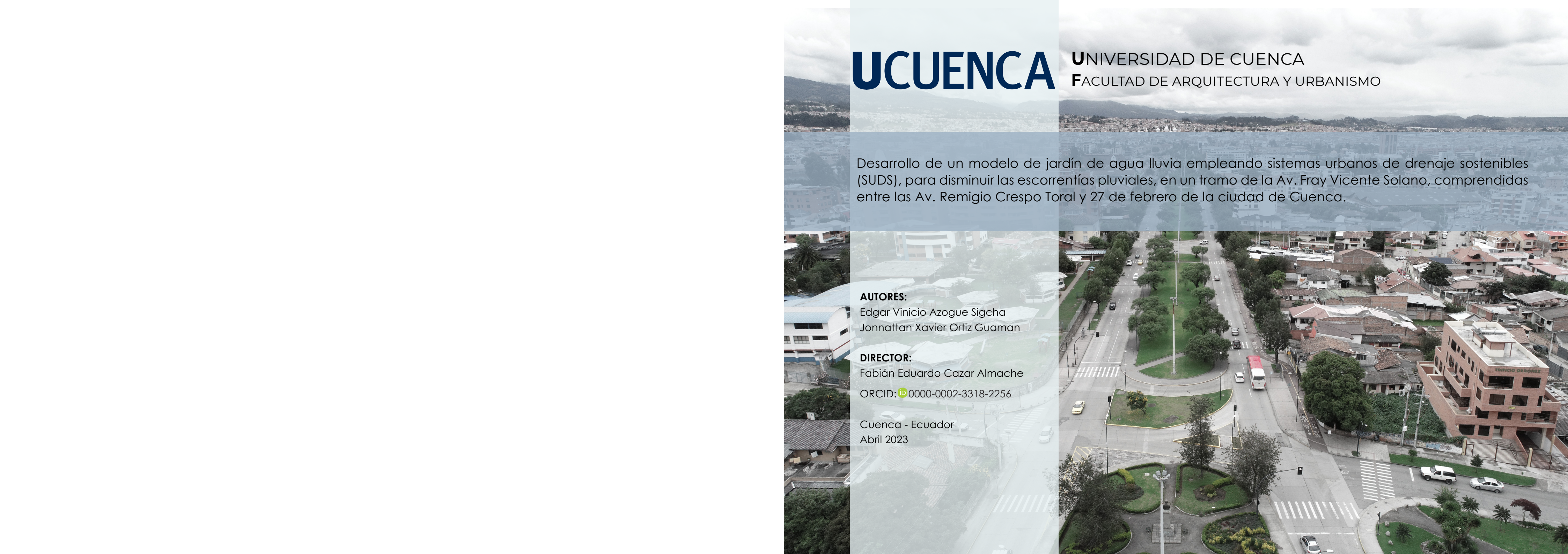
Director:

Fabián Eduardo Cazar Almache

ORCID:  0000-0002-3318-2256

Cuenca, Ecuador

2023-04-04



UCUENCA

UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

Desarrollo de un modelo de jardín de agua lluvia empleando sistemas urbanos de drenaje sostenibles (SUDS), para disminuir las escorrentías pluviales, en un tramo de la Av. Fray Vicente Solano, comprendidas entre las Av. Remigio Crespo Toral y 27 de febrero de la ciudad de Cuenca.

AUTORES:

Edgar Vinicio Azogue Sigcha
Jonnattan Xavier Ortiz Guaman

DIRECTOR:

Fabián Eduardo Cazar Almache
ORCID:  0000-0002-3318-2256

Cuenca - Ecuador
Abril 2023

Resumen

El creciente aumento de las infraestructuras en las urbes con lleva a un reemplazo de los espacios naturales por superficies permeables a medida que se incrementa la población. De modo que, provoca una alteración en los procesos hídricos del agua, ocasionando un aumento en los caudales y volúmenes de escorrentías, que perjudican de manera directa a los sistemas de drenajes convencionales que se presentan en la Ave. Fray Vicente Solano de la ciudad de Cuenca. En los últimos años se han desarrollado sistemas que gestionan de mejor manera las aguas de lluvia por medio de los sistemas urbanos de drenajes sostenibles (Suds), de modo que permiten aprovechar este recurso para reutilizarla y no alterar su proceso hidrológico. La presente investigación busca ofrecer soluciones a los diferentes problemas que se generan al gestionar el agua lluvia, a fin de proponer estrategias para el manejo de las aguas pluviales. En carácter de diseño se propone, un modelo de jardín de lluvia empleando sistemas urbanos de drenaje sostenibles (Suds) en un ambiente urbano, que se ubica en el espacio verde de la medianera de la Ave. Fray Vicente Solano delimitada por las Ave. Remigio Crespo Toral y 27 de febrero, además mediante un análisis vial y de preexistencias se dio valor al espacio

urbano, creando áreas de estancia y de transición con el objetivo de potencializar el uso del suelo ya establecido.

Palabras clave: suds, agua, escorrentía, drenaje, usos de suelo

Abstract

The growing increase in infrastructure in cities leads to a replacement of natural spaces by permeable surfaces as the population increases. So causes an alteration in the water processes of the water, causing an increase in the flows and volumes of runoff, that directly harm the conventional drainage systems that occur on Avenida Fray Vicente Solano in the city of Cuenca. In recent years, systems have been developed to better manage rainwater through sustainable urban drainage systems (Suds), So, they allow to take advantage of this resource to reuse it and not alter its hydrological process. This research seeks to offer solutions to the different problems generated when managing rainwater, in order to propose strategies for rainwater management. In character of design is proposed, a model of rain garden using sustainable urban drainage systems (Suds) in an urban environment, which is located in the green space of the party wall of Ave. Fray Vicente Solano delimited by Ave. Remigio Crespo Toral and February 27, in addition, through a road and pre-existence analysis, value was given to the urban space, creating areas of stay and transition with the aim of to potentiate the already established land use.

Keywords: suds, water, runoff, drainage, land use

Índice de contenidos

CAPÍTULO 0

ASPECTOS GENERALES

I. Resumen	1
II. Abstract	2
III. Dedicatoria	13
IV. Agradecimientos	14

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción.	20
1.2. Objetivos.	22
1.2.1. Objetivo General.	22
1.2.2. Objetivos Específicos.	22
1.3. Problemática.	23
1.4. Justificación.	25
1.5. Delimitación.	26
1.6. Metodología.	27

CAPÍTULO 1

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1. El agua.	30
2.2. La importancia del agua lluvia.	31
2.2.2. Escorrentía superficial.	32
2.2.3. Importancia de la captación de agua lluvia.	33
2.3. Desarrollo histórico de los sistemas de captación de agua lluvia.	34
2.4. El Ciclo Hídrico.	34
2.5. Sistemas urbanos de drenajes sostenibles (Suds).	35
2.6. Tipología de los Suds.	40
2.6.1. Medidas estructurales.	40
2.6.2. Medidas no estructurales.	40
2.7. Concepto de jardín de agua lluvia.	41
2.7.1. Infiltración superficial o auto contenida.	42
2.7.2. Infiltración completa o bajo drenaje.	42
2.8. Características de los jardines de agua lluvia.	43
2.9. Jardines de agua lluvia como una aportación paisajística a la urbe.	43
2.10. Los jardines de agua lluvia son una estrategia de bajo impacto ambiental.	44
2.11. Procesos de funcionamiento de un jardín de agua lluvia.	45

2.12. Ventajas y desventajas de los jardines.	47
2.12.1. Ventajas ambientales.	47
2.12.2. Ventajas sociales.	47
2.12.3. Ventajas económicas.	47
2.12.4. Ventajas a la infraestructura urbana.	47
2.12.5. Desventajas generales	48
2.13. Beneficios al paisaje urbano.	48
2.14. Consideraciones para diseñar correctamente un jardín de lluvia.	48
2.15. Casos de estudio.	49
2.16. Referente 01.	51
2.16.1. Problemática.	51
2.16.2. Funcionalidad.	52
2.16.3. Costos.	52
2.16.4. Evaluación.	53
2.17. Referente 02.	55
2.17.1. Problemática.	55
2.17.2. Funcionalidad.	56
2.17.3. Costos.	57
2.17.4. Evaluación.	57
2.18. Referente 03.	59
2.18.1. Problemática.	59

2.18.2. Funcionalidad.	60
2.18.3. Costos.	60
2.18.4. Evaluación.	61
2.19. Referente 03.	63
2.19.1. Problemática.	63
2.20. Criterios que establezcan el diseño de los jardines de agua lluvia.	65
2.20.1. Normativa.	65
2.20.2. Clima.	65
2.20.3. Topografía.	65
2.20.4. Uso del suelo urbano.	66
2.20.5. Geología.	66
2.20.6. Infraestructura existente.	67
2.20.7. Fórmulas para el diseño y dimensionamiento.	67
2.20.8. Tipología de la vegetación.	68
2.21. Conclusiones específicas	69

3. ANÁLISIS DEL SITIO

3.1. Análisis medio físico ambiental.	69
3.1.1. Ubicación.	69
3.2. Análisis medio físico ambiental.	70
3.2.1. Topografía.	70
3.2.2. Clima.	71
3.2.3. Infraestructura existente (planos de instalaciones eléctricas, agua potable y alcantarillado).	79
3.2.4. Uso de suelo.	80
3.2.5. Normativa.	81
3.2.6. Propiedades del suelo.	85
3.2.7. Textura.	87
3.2.8. Prueba de puño.	87
3.2.9. Capacidad de infiltración.	89
3.2.10. Prueba de infiltración básica.	89
3.2.11. Prueba de infiltración detallada.	91
3.2.12. Riqueza en humus.	93

CAPITULO 3

3.2.13. pH.	94
3.2.14. Intensidades máximas de lluvia en el área de estudio.	95
3.2.15. Coeficiente de escorrentía en el área de estudio.	96
3.2.16. Cálculo del caudal máximo de escorrentía.	98
3.2.17. Cálculo de Volumen de escorrentía del área de estudio.	98
3.2.18. Cálculo de área del sistema de biorretención.	99
3.3. Cálculo de superficie requerida para jardines de lluvia para tres eventos de lluvia dentro de la ciudad de Cuenca.	100
3.4. Paleta vegetal.	106
3.4.1. La vegetación.	106
3.4.2. Importancia de la vegetación nativa.	106
3.4.3. Paleta vegetal seleccionada.	107
3.4.4. Mantenimiento.	108
3.4.5. Ficha de vegetación para aplicación en jardines de agua lluvia.	108
3.5. Conclusiones específicas	119

4. DISEÑO DE JARDINES

4.1. Modelo conceptual.	122
4.1.1. Criterios de diseño para los sistemas de biorretención.	126
4.1.2. Tramo 01.	129
4.1.3. Tramo 02.	130
4.1.4. Tramo 03.	131
4.1.5. Tramo 04	132
4.1.6. Tramo 05	133
4.2. Dimensionamiento	134
4.3. Emplazamiento.	136
4.4. Modulación.	138
4.5. Renders	142
4.6. Conclusiones Específicas	147

CAPITULO 4

CAPITULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	150
5.1. Conclusiones generales	151
5.2. Recomendaciones	152
5.3. Futuras líneas de investigación.	153
5.4. Referencias.	154
5.5. Anexos.	160
5.5.1. Anexos A	160
5.5.2. Anexo B	161
5.5.3. Anexo C	161

Índice de figuras

CAPITULO 2

Figura 2.1 El Agua.	30
Figura 2.2 El Agua y la naturaleza.	30
Figura 2.3 Agua en el planeta.	31
Figura 2.4 Efectos de la lluvia.	31
Figura 2.5 Escorrentía según capacidad de permeabilidad.	32
Figura 2.6 Escorrentía según capacidad de impermeabilidad.	32
Figura 2.7 Recolección de agua lluvia en la antigüedad.	33
Figura 2.8 Sistemas de recolección de agua lluvia.	33
Figura 2.9 Esquema del ciclo hídrico.	34
Figura 2.10 Sistema de recolección del agua de lluvia.	34
Figura 2.11 Impactos hidrológicos urbanos.	35
Figura 2.12 Impactos hidrológicos urbanos.	40
Figura 2.13 Jardín de infiltración superficial.	42
Figura 2.14 Jardín de infiltración completa.	42
Figura 2.15 Aporte paisajístico de los jardines de lluvia.	44
Figura 2.16 Integración de la ciudad con los jardines.	44
Figura 2.17 Aprovechamiento de superficie permeables.	45
Figura 2.18 Funcionamiento de un jardín de lluvia.	45
Figura 2.19 Rain Garden, Prince George’s County, Estados Unidos en 1990.	49

Figura 2.20 Nottingham, antes de la intervención.	51
Figura 2.21 Nottingham, antes de la intervención.	51
Figura 2.22 Sección del jardin de lluvia sin celdas.	52
Figura 2.23 Sección del jardin de lluvia con celdas.	52
Figura 2.24 Evaluación luego de cinco eventos.	53
Figura 2.25 Caudal del sistema de alcantarillado.	53
Figura 2.26 Tipologías de alcorque inundable.	55
Figura 2.27 Etapa de construcción y pruebas Suds.	55
Figura 2.28 Sección de un alcorque inundable.	56
Figura 2.29 Excavación para la colocación.	56
Figura 2.30 Estructura y capa de filtración de Suds.	56
Figura 2.31 Sección de la calzada.	57
Figura 2.32 Evaluación del caudal pico alcorques.	57
Figura 2.33 Jardín de lluvia en Alma Road.	59
Figura 2.34 Ubicación de los jardines de lluvia en Alma Road.	59
Figura 2.35 Emplazamiento de los jardines de lluvia en las aceras.	59
Figura 2.36 Detalle constructivo del jardín de lluvia 1.	60
Figura 2.37 Detalle constructivo del jardín de lluvia 2.	60
Figura 2.38 Mantenimiento de vegetación en los jardines de lluvia.	61
Figura 2.39 Jardín de lluvia Típico.	61
Figura 2.40 Sección de un alcorque inundable.	63
Figura 2.41 Entrada de escorrentía a jardines en la Av. 12 de abril.	63
Figura 2.42 Propuesta de jardín con muro de piedra como filtro 1.	63
Figura 2.43 Propuesta de jardín con muro de piedra como filtro 2.	64
Figura 2.44 Propuesta de jardín con diseño arquitectónico.	64

CAPITULO 3

Figura 3.1 Ubicación del área de estudio.	69
Figura 3.2 Mapa topográfico de la Ave. Fray Vicente Solano.	70
Figura 3.3 Clima del cantón Cuenca.	71
Figura 3.4 Isotermas del cantón Cuenca.	73
Figura 3.5 Isoyetas del cantón Cuenca.	75
Figura 3.6 Dirección y velocidad del viento en Cuenca.	78
Figura 3.7 Plano de red de alcantarillado / Ave. Fray Vicente Solano.	79
Figura 3.8 Mapa del tipo de ocupación del suelo.	80
Figura 3.9 Plano de red de agua potable / Ave. Fray Vicente Solano.	81
Figura 3.10 Plano de red eléctrica subterránea / Ave. Fray Vicente Solano.	82
Figura 3.11 Manuales de construcción para jardines de lluvia.	84
Figura 3.12 Litología de Cuenca.	86
Figura 3.13 Textura del suelo.	87
Figura 3.14 Prueba del puño.	88
Figura 3.15 Excavación para prueba de infiltración básica.	89
Figura 3.16 Prueba de infiltración básica.	89
Figura 3.17 Finalización de prueba de infiltración básica.	90
Figura 3.18 Prueba de infiltración detallada – Datos.	92
Figura 3.19 Importancia de la vegetación nativa.	107
Figura 3.20 Zonas hídricas de un jardín.	107
Figura 3.21 Fichas etnobotánicas / Justicia sericea.	109
Figura 3.22 Fichas etnobotánicas / Salvia ochrantha.	110

Figura 3.23 Fichas etnobotánicas / Phaenadrassa sp.	111
Figura 3.24 Fichas etnobotánicas / Agave cordillerensis.	112
Figura 3.25 Fichas etnobotánicas / Pennisetum sp.	113
Figura 3.26 Fichas etnobotánicas / Hephrolepis sp.	114
Figura 3.27 Fichas etnobotánicas / Agapanthus africanus.	115
Figura 3.28 Fichas etnobotánicas / Aera sanguinolenta.	116
Figura 3.29 Fichas etnobotánicas / Peperomia inaequalif.	117
Figura 3.30 Fichas etnobotánicas / Anthemis cotula.	118

CAPITULO 4

Figura 4.1 Emplazamiento de Suds .	123
Figura 4.2 Análisis vial del tramo de estudio.	124
Figura 4.3 Análisis peatonal del tramo de estudio.	125
Figura 4.4 Ubicación de tramos en la Av. Fray Vicente Solano.	127
Figura 4.5 Ubicación tramo 01 - Av. Fray Vicente Solano.	129
Figura 4.6 Emplazamiento SUDS tramo 01.	129
Figura 4.7 Ubicación tramo 02 Av. Fray Vicente Solano.	130
Figura 4.8 Emplazamiento SUDS tramo 02.	130
Figura 4.9 Ubicación tramo 03 Av. Fray Vicente Solano.	131
Figura 4.10 Emplazamiento SUDS tramo 03.	131
Figura 4.11 Ubicación tramo 04 Av. Fray Vicente Solano.	132
Figura 4.12 Emplazamiento SUDS tramo 04.	132
Figura 4.13 Ubicación tramo 05 Av. Fray Vicente Solano.	133

Figura 4.14 Emplazamiento SUDS tramo 05.	133
Figura 4.15 Dimensionamiento de jardines de lluvia.	134
Figura 4.16 Entradas de escorrentía.	135
Figura 4.17 Corte longitudinal de jardín de lluvia.	135
Figura 4.18 Emplazamiento de jardines de lluvia en medianera.	136
Figura 4.19 Integración de monumentos con los sistemas Suds.	137
Figura 4.20 Diseño de entrada de escorrentía.	138
Figura 4.21 Diseño de canal que conduce escorrentía.	138
Figura 4.22 Estructura de jardín de lluvia.	139
Figura 4.23 Diseño de estancia de descanso.	139
Figura 4.24 Axonométria general del modelo jardín de lluvia	140
Figura 4.25 Axonométria_detalle constructivo_entrada de agua.	140
Figura 4.26 Axonométria_detalle constructivo_jardín de lluvia.	140
Figura 4.27 Render de los jardines de lluvia - Tramo 01	142
Figura 4.28 Render de los jardines de lluvia - Tramo 02	143
Figura 4.29 Render de los jardines de lluvia - Tramo 03	144
Figura 4.30 Render de los jardines de lluvia - Tramo 04	145
Figura 4.31 Render de los jardines de lluvia - Tramo 05	146

Índice de tablas

CAPITULO 2

Tabla 2.1 Sistemas urbanos de drenaje sostenible	36
Tabla 2.2 Procesos físicos y químicos que cumplen los Suds.	46

CAPITULO 3

Tabla 3.1 Humedad relativa del cantón Cuenca.	74
Tabla 3.2 Precipitaciones mensuales- Cuenca 2000 - 2022.	76
Tabla 3.3 Precipitaciones acumuladas - Cuenca 2000 - 2022.	77
Tabla 3.4 Tipo de ocupación del suelo.	80
Tabla 3.5 Componentes del suelo - textura y plasticidad.	88
Tabla 3.6 Prueba de infiltración básica – Fin (14:15 pm).	90
Tabla 3.7 Parámetros para prueba de infiltración básica.	90
Tabla 3.8 Prueba de infiltración detallada – Inicio (15:00 pm).	91
Tabla 3.9 Parámetros para prueba de infiltración detallada.	91
Tabla 3.10 Contenido de materia orgánica - Av. Solano.	93
Tabla 3.11 PH, de suelo de la Av. Solano.	94
Tabla 3.12 Intensidades máximas de lluvia - Cuenca.	94

Tabla 3.13 Coeficientes de escorrentía - método racional.	96
Tabla 3.14 Cálculo de caudal de escorrentía.	99
Tabla 3.15 Intensidades máximas de lluvia determinadas.	101
Tabla 3.16 Cálculo de superficie – evento de lluvia 1.	102
Tabla 3.17 Cálculo de superficie – evento de lluvia 2.	103
Tabla 3.18 Cálculo de superficie – evento de lluvia 3.	104

Dedicatoria

A Dios por guiarme siempre por el camino del bien, por todas las oportunidades que me ha dado hasta el día de hoy y sobre todo por llenarme de muchas bendiciones a pesar de estar lejos de mi familia.

A mis padres Agustín y María por ser el pilar fundamental en mi familia, por ser mis impulsores para seguir adelante en esta etapa de mi vida, por el gran sacrificio que día a día lo hicieron para poder cumplir esta meta. A mi hermano Edison por el tiempo que me dedico, a pesar de no vivir con él, siempre me dio motivos de seguir adelante y no recaer, a pesar de los obstáculos siempre me convenció, que nada es imposible para cumplir los sueños.

Finalmente quiero agradecer a mi querida Universidad de Cuenca por todas las enseñanzas, conocimientos y anécdotas que compartí con mis compañeros, amigos y docentes.

A Dios, primero por brindarme unos padres únicos de los cuales siempre me sentiré orgulloso, luego por otorgarme salud, sabiduría y voluntad para cumplir con mis metas propuestas, como esta que es una muy importante en mi vida.

A mis padres Luis y Zoila, los cuales me han formado en principios y valores, ellos las personas que creyeron mí siempre y estuvieron a mi lado apoyándome en momentos buenos y malos. Especialmente mi padre quien fue mi guía de enseñanza, sus sabios consejos lograron hacer de mí una persona correcta y fomentaron en mi un deseo de superación y que ahora desde el cielo me ayudara a seguir adelante, te quiero viejito.

A mis hermanos Bryan, Jorge y a mi abuelita Andrea, por brindarme de su compañía haciendo gratos y divertidos muchos momentos vividos en familia. Esto es posible gracias a todos ustedes familia.

Edgar Azogue

Xavier Ortiz

Agradecimientos

Agradecemos a dios por permitirnos cumplir una etapa mas en nuestras vidas profesionales

A las personas que de una u otra manera influyeron en la realización de este presente trabajo de titulación.

Ing. Fabián Cazar

Por brindarnos sus valiosos aportes, lecciones y conocimientos en cada proceso que se llevó acabo, para poder culminar con este trabajo de titulación.

Arq. Alex Serrano

Por sus grandes aportes y asesorías para el diseño de los jardines de lluvia.

A nuestros docentes de la Facultad de Arquitectura, quienes nos inculcaron sus conocimientos para poder formarnos como futuros profesionales.

A nuestros amigos de la universidad con los cuales compartimos muchos instantes de alegría y tristeza fuera y dentro de las aulas.

“El ejercicio de la arquitectura es la mas deliciosa de las labores, es también junto con la agricultura, la más necesaria para el hombre”

Philip Johnson



1.1. Introducción.

El crecimiento de las urbes trae diferentes consecuencias y entre ellas está la reducción de las áreas permeables producto del aumento poblacional, problema que afecta de numerosas formas al ser humano y a la naturaleza. Las precipitaciones caídas en ciertas épocas en las grandes ciudades agravan dicho dilema puesto que como hay menos superficie que permita la filtración de agua, esta se convierte en escorrentía superficial en aceras y calzadas lo que conlleva a inundaciones por la saturación u obstrucción de sumideros causando grandes daños a la población, la ciudad de Cuenca cuenta solo con el sistema de drenaje antes mencionado. Desde otro punto de vista la escorrentía no se aprovecha de manera adecuada y se la evacua mediante los alcantarillados, medio que contamina el recurso hídrico y que luego se conduce hacia los ríos, contaminando aún más.

De acuerdo a ETAPA (Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca), el cantón Cuenca cuenta con una red de alcantarillado de

tipo combinado de aproximadamente 1300 Km, más 80 km, en redes interceptoras que utilizan unidades de derivación que conducen las aguas residuales a la planta de tratamiento en Ucubamba y las aguas pluviales hacia los cuerpos hídricos naturales, lo cual ayuda a las condiciones sanitarias de los ciudadanos, así como también la preservación de ríos y quebradas que anteriormente estaban afectadas.

De acuerdo al SNI (Sistema nacional de información), la ciudad de Cuenca que se encuentra en la región sierra, cuenta con un rango de precipitación anual acumulada de 750 a 1000 y 1000 a 1250 mm al año, con la presencia de dos estaciones lluviosas comprendidas entre los meses de marzo – abril y octubre – noviembre. Estas fuertes precipitaciones en las épocas lluviosas son las que causan estragos como inundaciones producto del colapso del único sistema de drenaje utilizado ya que en ocasiones no abarcan el volumen de escorrentía recaudado en las superficies impermeables, en caso de la Av. Fray Vicente Solano cuenta con sumideros que evacuan el agua pluvial.

El agua lluvia, el cual es un recurso hídrico muy importante para la sociedad, mediante estrategias se la puede captar para poder emplearla para diferentes propósitos ya sea industriales o domésticos, dando un manejo adecuado del líquido vital.

Mediante estrategias se la puede captar para poder emplearla para diferentes propósitos ya sea industriales o domésticos, dando un adecuado uso del líquido vital. Se la puede emplear también para el riego de superficies verdes lo que contribuye al aspecto paisajístico de las urbes.

Una ciudad en crecimiento como Cuenca, no puede solo depender de un sistema de drenaje, es por ello que se opta por analizar otras alternativas sostenibles para el aprovechamiento de las precipitaciones y que ayuden al ciclo natural que tiene el recurso hídrico.

Los Suds, como sistemas urbanos de drenaje sostenible que aportan con una gestión correcta del agua lluvia y controlan la escorrentía en superficies impermeables, la implementación de estos

sistemas ayuda al aspecto paisajístico de la ciudad por su aporte de áreas verdes y por ello aporta en el aspecto antes mencionado a un correcto desarrollo urbanístico especialmente en las grandes urbes que están en constante crecimiento.

Los jardines de lluvia son parte de los sistemas de drenaje sostenible que utilizan la escorrentía para posteriormente ser aprovechada por la vegetación seleccionada e implantada en las áreas permeables, las cuales mediante procesos físicos y químicos utilizan el recurso hídrico para posteriormente devolverlo al medio, con lo cual se cumple con un eficiente ciclo hídrico además de un aporte paisajístico por el diseño que se puede implementar en estos sistemas.

La presente tesis se estructura en 5 capítulos: El capítulo I, se enfoca en la problemática de esta investigación y marco metodológico de nuestro caso de estudio, además de los objetivos generales y específicos del proyecto.

En el segundo capítulo, introduce al marco teórico en donde se da a conocer los antecedentes y además de una breve introducción hacia la importancia del agua y las alternativas que se pueden utilizar para el aprovechamiento del recurso hídrico, exponiendo las ventajas que tienen los sistemas de drenaje sostenibles.

En el tercer capítulo, se focaliza en el análisis del sitio en donde se analiza diferentes aspectos como el clima, suelo y topografía, puntos muy importantes para determinar la superficie necesaria de infiltración para los jardines de lluvia.

En el cuarto capítulo se realiza la propuesta de diseño de los jardines de lluvia de acuerdo a cálculos realizados teniendo en cuenta las precipitaciones en la ciudad de Cuenca y el tipo de suelo del área de estudio.

En el quinto y último capítulo abarca las conclusiones y recomendaciones realizadas de acuerdo a la propuesta realizada, dejando hincapié para futuras investigaciones o propuestas constructivas de estos sistemas en la ciudad de Cuenca.

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo General.

Desarrollar un modelo de jardín de agua lluvia empleando sistemas urbanos de drenaje sostenibles (SUDS), para disminuir las escorrentías pluviales que se producen en épocas de lluvia, en la Av. Fray Vicente Solano de la ciudad de Cuenca.

1.2.2. Objetivos Específicos.

- Conocer los manuales de construcción de jardines de lluvia, para entender sus aspectos fundamentales y definir un sistema constructivo.
- Evaluar los balances hídricos de tres eventos pluviales, para conocer la cantidad de precipitación de aguas lluvias que se generan en la avenida Fray Vicente Solano.
- Diseñar un modelo de jardín de agua lluvia en base a las metodologías analizadas para adaptarlo al contexto de la Av. Fray Solano.

1.3. Problemática.

El agua, uno de los recursos naturales más importantes en el mundo, es indispensable para el desarrollo, el crecimiento sostenible de la población y para los diversos procesos biológicos de los seres vivos. Por lo tanto, resulta importante el estudio sobre este recurso natural dentro de las ciudades, pues es uno de los principales temas que afecta a la ciudad contemporánea, uno de los indicadores más evidentes en las ciudades es el incremento poblacional a consecuencia de la migración de personas hacia las grandes ciudades, esto ha llevado a que en ciudades como Cuenca, se de un crecimiento poblacional de un 15% cada siete años, tomando en consideración que en el 2017 el número de habitantes fue de 603.269 y se provee que para el año 2022 el crecimiento aproximado sea de 692.428 habitantes (Inec, 2017). El aumento de la población al paso del tiempo ha modificado el territorio, lo que a su vez provoca el incremento de la ocupación del suelo en infraestructura, equipamientos y edificaciones (Secretaria Nacional de Planificación, 2021) . Por lo cual, se ha incrementado la cantidad de superficies permeables, alteran-

do ciclos hídricos e interrumpiendo el flujo regular del agua de lluvia hacia el subsuelo. En consecuencia, Badillo Ornelas (2017) señala que:

Los múltiples problemas que arremeten a la sociedad actual, se relacionan directamente con la ocupación de áreas que, antes de la urbanización, se encontraban libres de construcción, y ahora, tras la ocupación territorial, se han convertido en superficies impermeables que no sólo alteran el ciclo vital del agua, sino más bien incrementan la cantidad de escurrimientos durante la temporada de lluvias. (p.6)

Cada año el periodo de lluvias en Cuenca, es más intenso por ende trae múltiples problemas, especialmente en las zonas donde el volumen de agua lluvia es considerable lo cual provoca inundaciones y daños materiales. En Cuenca históricamente cada año todo el mes de marzo llueve unos 112 milímetros (mm), esta vez solo el domingo 27 de marzo del 2022 llovió 25 mm. Es decir, solo ese día llovió un 22,32 % de lo que tenía que haber llovido todo ese mes. Asimismo, la INAMHI señaló que en

abril la cantidad promedio de precipitación fue de 123,3 mm, concluyendo como el mes más lluvioso del año en Cuenca, así lo señala el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2022)

Para el estudio se ha designado el tramo de la Ave. Fray Vicente Solano delimitada por las Ave. Remigio Crespo Toral y 27 de febrero, una de las franjas verdes más significativas de la ciudad, mediante la observación en el lugar, logramos determinar algunos problemas en ciertos segmentos de la vía, en particular existen tramos vulnerables con pendientes no apropiadas. De igual manera se observó factores que no permiten el correcto flujo de la escorrentía tales como basura y hojas secas de la vegetación cercana. Por tanto, no permiten un correcto flujo de aguas lluvias lo que implica obstrucciones en los puntos de evacuación o sumideros y fuertes efectos negativos para la circulación vehicular, comercios y habitantes de las zonas aledañas.

De la misma manera, se ven afectadas las condiciones de salubridad y ornamentación de la zona, causadas por el colapso de los sistemas de alcantarillado y drenaje pluvial existentes, por causa

de las precipitaciones abundantes y la obstrucción de los sumideros en ciertas épocas del año. (Martínez et al., 2018).

Esta problemática ha llevado a que grandes ciudades se interesen más en el desarrollo de planes estratégicos para gestionar de mejor manera el agua de lluvia de forma responsable, este es el caso de Legaria - México una ciudad con grandes problemas de escasez de agua que afectan en gran medida a todos los habitantes de esta urbe. Por este motivo se desarrolló un proyecto que consistió en la construcción de jardines fluviales sobre la Av. Legaria, que permite controlar los niveles de lluvia en exceso, inyectando la mayor cantidad de esorrentía al subsuelo luego de ser filtrado, y la otra parte del exceso será aprovechada por la vegetación implantada (eeTestudio, 2016). Sin embargo, en el contexto de Ecuador estas metodologías podrían variar dependiendo de su ubicación y condiciones topográficas, para ello se requiere un previo análisis del sitio. De acuerdo con LaCroix et al. (2004) menciona que para proyectos similares se debe considerar los siguientes criterios:

- Determinar el lugar y el diseño constructivo de modo que reduzca el impacto hidrológico de la zona.
- Analizar el tipo de suelo para determinar la capacidad de infiltración y examinar el tipo de jardín de lluvia para poder reducir contaminantes para proteger el agua subterránea.
- Analizar la topografía y el tipo de suelo para determinar la profundidad en el que se implantará el jardín de lluvia.
- Para lugares sensibles a inundaciones el diseño tiene que tomar en cuenta el volumen de lluvia máxima registrada en un periodo de 50 años.

La presente tesis propone la utilización de aguas fluviales en un tramo de la Av. Fray Vicente Solano para aprovechar sus beneficios y disminuir los efectos negativos (la esorrentía fluvial, inundaciones y acumulaciones de caudal en la red de alcantarillado) que presenta en ciertos tramos de la vía. De tal modo, se requiere diseñar jardines fluviales o jardines de lluvia empleando sistemas de

drenajes sostenibles, que permitan la captación de agua lluvia superficial hacia las franjas verdes de la calzada. De tal forma, que cierta cantidad de agua se usará para alimentar a las especies vegetales del jardín por medio de infiltración. Estos sistemas presentan grandes beneficios ya que no requiere un tratamiento previo de aguas antes de su uso y gracias a la simplicidad de sus componentes permite que estos sistemas sean económicos.

1.4. Justificación.

Con la expansión urbana de la ciudad de Cuenca, mediante el paso del tiempo las áreas verdes van constantemente disminuyendo en superficie, causa que conlleva la alteración del ciclo hídrico natural y nos lleva a buscar nuevas formas sostenibles de aprovechar los recursos hídricos. Es por ello que la propuesta de un diseño de sistema de drenaje urbano sostenible (Suds), específicamente un jardín de agua lluvia el cual recolecta este recurso que fluye por la calzada vehicular y aceras, se consigue una evacuación parcial o total del caudal; aquello aprovecha el agua y consecuentemente evita el colapso de alcantarillas en temporadas de lluvias fuertes, esta solución debe estar estrechamente relacionada con las condiciones locales del área de estudio, analizando especialmente los factores climáticos.

Actualmente la ciudad de Cuenca cuenta únicamente con una infraestructura de manejo de agua lluvia hacia las alcantarillas, lo que genera problemas como: desperdicio de los recursos hídri-

cos pluviales e inundaciones. El primero se debe al uso inadecuado y contaminación con las aguas residuales al solo existir una sola red de desagüe, existiendo alternativas que utilizan el agua lluvia para diferentes usos como riego de áreas verdes y cultivos por mencionar algunos. Y la última causa es provocado por el taponamiento y colapso de las alcantarillas en fuertes temporadas de lluvia.

Es importante entender que al hablar de un jardín de agua lluvia implica una capa viva, un componente de vegetación encargada de la biorretención y aprovechamiento del flujo de agua, la cual es base importante de este sistema. Con ello se busca incentivar dentro de las grandes urbes a utilizar métodos sostenibles relacionados al aprovechamiento eficiente del recurso hídrico, sistema pluvial que nos ayuda a mitigar en parte las inundaciones en zonas vulnerables las cuales se ven más afectadas en las temporadas de lluvia. De cierta manera los jardines de lluvia entendida como una estrategia paisajística contribuirán a mejorar el área verde, la calidad ambiental de la ciudad, lo cual es de mucha importancia hoy en día. En la actualidad

se están retomando estas prácticas de antiguas civilizaciones por los beneficios que brinda este sistema de aprovechamiento pluvial, lo que promueve a una ciudad sostenible.

La Av. Fray Vicente Solano es considerada patrimonio de la ciudad, es por ello que se consultó en el municipio, específicamente en el departamento de áreas históricas la pertinencia del proyecto que se está proponiendo en el área. Con la respuesta de la entidad como criterio se realizó la delimitación del tramo de intervención puesto que se puede intervenir la Av. Solano desde su intersección con la Av. Remigio Crespo Toral y la Av. 27 de Febrero.

1.5. Delimitación.

La ubicación de la superficie determinada para la propuesta de diseño de los jardines de lluvia se localiza en la Av. Fray Vicente Solano. Específicamente, el área de estudio está comprendida por el tramo entre la Ave. Remigio Crespo Toral y 27 de febrero con una extensión aproximada de 900 mts. El criterio que permitió determinar la zona de estudio se basa en que no se puede intervenir en zonas patrimoniales, comprendidas entre las Ave. 12 abril y Remigio Crespo Toral por otra parte, al realizar un análisis de las condiciones del sitio, se determinó que existen pendientes menores al 2% de manera que, implica ciertas limitaciones al momento de proyectar los jardines de lluvia.

En un apartado Ortega (2019) recomienda que, para un buen diseño de jardín de lluvia las inclinaciones del terreno se encuentren entre el 4% y el 12%, asimismo es aconsejable que la profundidad del jardín sea entre 15 y 30 cm, tomando en cuenta que a mayor profundidad el flujo pluvial tarde en filtrar y a menor profundidad no permita que el agua se acumule admitiendo poca infiltración.

Por esta razón, se seleccionó el tramo más complejo de la Av. Solano en mención a las pendientes más prolongadas para satisfacer las condiciones de un buen diseño, con la finalidad de obtener un tramo de estudio considerable para el tiempo del desarrollo y la investigación de esta tesis.

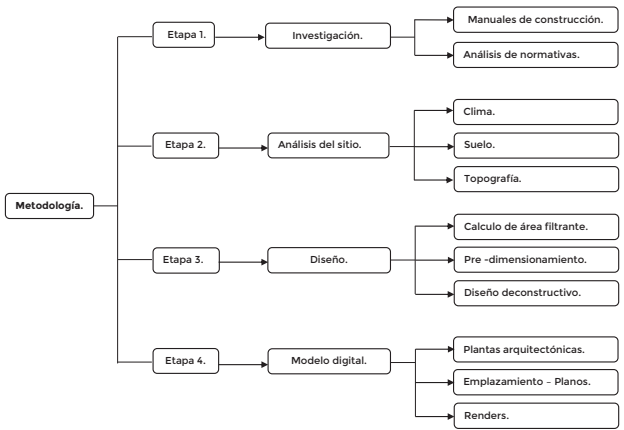
En este tramo de la avenida se limita a proyectar un diseño de jardín de lluvia, el mismo que mediante un correcto emplazamiento y un diseño arquitectónico adecuado aproveche la esorrentía pluvial y aporte a la calidad paisajística del área verde de la superficie de estudio. Para ello, se presentarán los respectivos planos arquitectónicos y constructivos debidamente detallados, los cuales se enfocan en el funcionamiento de los jardines. Adicionalmente, de modelos 3D virtuales y representaciones gráficas del proyecto en general, resultado de un análisis de las condiciones del sitio a fin de llegar a establecer una ciudad sostenible.

1.6. Metodología.

En este trabajo de titulación, la investigación se enfoca en una propuesta de diseño de jardines pluviales los cuales aprovechen el volumen de agua lluvia en la avenida Fray Vicente Solano producido en los meses de enero a mayo, periodo de lluvia en la ciudad de Cuenca. Para llevar a cabo la investigación se aplicarán las siguientes metodologías de investigación:

- Se pretende analizar los diferentes sistemas constructivos para este tipo de jardines y con ello definir un sistema apropiado para la implementación en el lugar de estudio con el determinado fin de establecer una estrategia adecuada para el manejo de los escurrimientos pluviales urbanos.
- Análisis urbano y condiciones climáticas de cada zona, para ello se tendría que realizar la recolección de datos y consecuentemente un análisis estadístico del volumen de agua lluvia máximo registrado en los meses lluviosos en la ciudad de Cuenca y en base a ello se realizará el dimensionamiento.

- Realizar el correspondiente análisis de sitio enfocándonos en la topografía de la zona, así como en el tipo y la capacidad de infiltración del suelo en donde se emplazarán los jardines, además el enfoque del clima que es un factor determinante de la cantidad de precipitaciones en la zona.
- Estudio de las preexistencias de la zona de estudio como son las edificaciones, áreas permeables, impermeables, vegetación, instalaciones eléctricas y sanitarias que influyen al momento de la propuesta.





CAPITULO 02

MARCO TEÓRICO

“La arquitectura no es más que un árbol, debe crecer en concordancia con su entorno”

Toyo Ito

2.1. El agua.

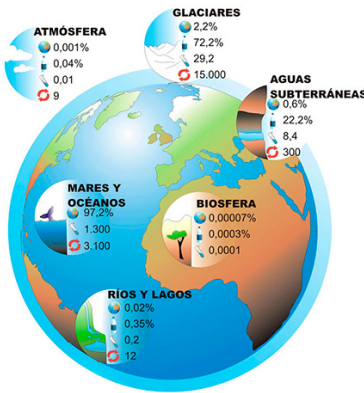
A nivel molecular, el agua es un compuesto que resulta de la unión de dos átomos de hidrógeno con uno de oxígeno mediante enlaces covalentes, su fórmula molecular está representada por H₂O, líquido incoloro, inodoro e insípido, este elemento en nuestro planeta está presente en estado sólido, líquido y gaseoso (Agua.org.mx, 2017).

Este elemento compone el 70% de nuestro planeta, un recurso de vital importancia para toda forma de vida en la tierra, se encuentran en grandes cantidades en los glaciares, mares océanos, lagos y ríos, para ello el agua sigue un constante ciclo de evaporación de la superficie terrestre y condensación que luego cae nuevamente a la superficie en forma de precipitaciones, esto resumiendo el proceso de manera simplificada, el agua dulce es la más importante ya que es necesario para el desarrollo de la vida (Figura 2.1), (Figura 2.2). Desde esta perspectiva Rodríguez (2017) señala lo siguiente:

“El agua ha sido en todas las civilizaciones un recurso imprescindible que se tenía en cuenta en todo asentamiento poblacional para su subsistencia” (p.15).

Se calcula que los seres humanos ya sea directamente o indirectamente consumen alrededor del 54% del agua dulce superficial de la tierra, porcentaje que se divide en un 70% para el uso en la agricultura, 20% es usada por la industria y el restante 10% es de uso doméstico propiamente (Mejía & Salamea, 2011).

Figura 2.1 El Agua.



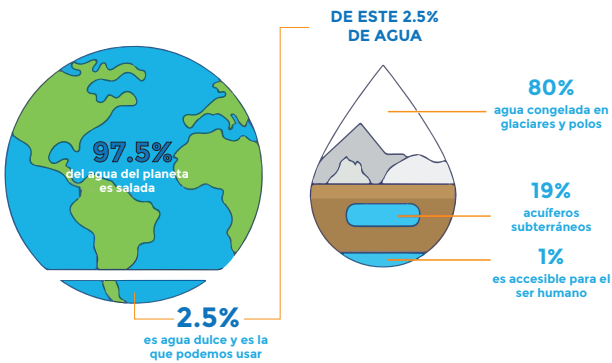
Fuente: (Agua.org.mx, 2017)

Figura 2.2 El Agua y la naturaleza.



Fuente: (importancia.org, 2021)

Figura 2.3 Agua en el planeta.



Fuente: (FunAGUA, 2020)

Figura 2.4 Efectos de la lluvia.



Fuente: (Nacevich, 2020)

2.2. La importancia del agua lluvia.

El agua, el recurso más importante de la tierra y uno de los principales contribuyentes del medio en el que habitamos (Figura 2.3), de igual manera es un derecho humano esencial para el pleno disfrute del ser humano, y sin embargo miles de millones de personas siguen enfrentándose a diario a enormes complejidades para acceder a los servicios más elementales (ONU, 2015). Por consiguiente, un 97,50 % del agua del planeta es destinado para los océanos y apenas un 2,5% es agua dulce. Los glaciares, la nieve y el hielo de los cascos polares representan aproximadamente el 80% del agua dulce, el agua subterránea 19% tales como acuíferos profundos y el agua de la superficie como las cuencas hidrográficas tan sólo el 1% (Figura 2.2). Esta baja cantidad de agua de superficie fácilmente accesible, se encuentra principalmente en lagos (52%) y humedales (38%) (Fernández, 2012).

Según la UMM (1998) señala que el recurso del agua en el mundo tiene una gran incertidumbre, debido a que grandes masas de agua superficiales y subterráneas, están siendo altamente

contaminadas y sobreexplotadas, modificando así el ciclo hídrico, lo cual complica a su vez, el desarrollo económico y social, poniendo en peligro la vida de millones de personas en el mundo. Además, se debe mencionar que la población solicita cada vez más este recurso hídrico, con el paso de los años, si no existe una adecuada gestión del agua, podría ocasionar una crisis por el acceso a ella. Por tanto, los riesgos hidrológicos excesivos como las inundaciones, producen el origen de varios problemas, así como el deterioro de las infraestructuras. De manera que, el ciclo hidrológico del agua es altamente modificado por la implementación de grandes masas de superficies impermeables, producto de la concentración de la población en pequeñas áreas, así como el incremento de la periferia de las ciudades de manera descontrolada. Es decir, los espacios que antes constaban de vegetación ya no existen, y en su reemplazo se pueden encontrar obras de construcción como viviendas, pavimentos, veredas y estacionamientos, que impermeabilizan el área y traen como consecuencia un decrecimiento del índice de infiltración, y el aumento en el volumen de los coeficientes de escurrimiento superficial. (Rodríguez Vázquez, 2012).

2.22. Escorrentía superficial.

Siguiendo el ciclo que cumple el agua, las precipitaciones son parte del mismo y es el agua liberada en forma de lluvia, nieve o granizo desde las nubes, es la fase donde el agua retorna a la tierra siguiendo su ciclo, la cantidad de precipitación varía geográficamente y también la estación.(Agua.org.mx, 2017)

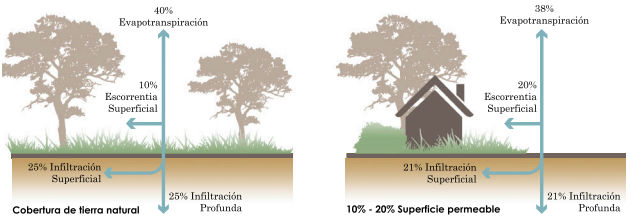
El agua en forma de lluvia cae sobre superficies permeables e impermeables, donde esta es absorbida por el suelo, se evapora o corre en forma de escorrentía. Las superficies permeables como son los espacios verdes, permiten la filtración del agua y retención de la misma hasta su evaporación o escorrentía, mientras tanto las superficies no permeables como calles y áreas edificadas solamente conducen el agua en forma de escorrentía hacia ríos o drenajes (Figura 2.5). De acuerdo al Agua.org.mx (2017) señala lo siguiente:

“La escorrentía superficial está determinada por factores meteorológicos y por la geología física y topografía del lugar. Únicamente

un tercio de la lluvia que cae corre en forma de escorrentía hacia los caudales de los ríos; la fracción restante se evapora o es absorbida por el suelo pasando a formar parte del agua subterránea”.

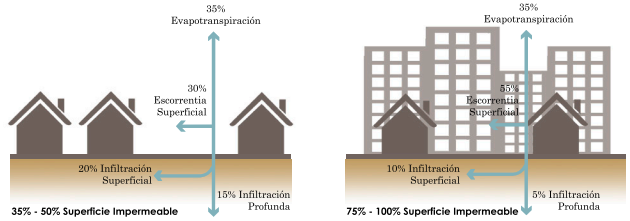
Las superficies impermeabilizadas o superficies no permeables entendiendo así a las áreas urbanizadas en conjunto con la frecuencia de lluvia torrenciales son las causas de la modificación del ciclo natural del agua lo cual provoca la disminución de la capacidad de infiltración del suelo lo que transforma la precipitación en escorrentía, mientras mayor superficie impermeable mayor la escorrentía (Figura 2.6) (Rodríguez, 2017).

Figura 2.5 Escorrentía según capacidad de permeabilidad.



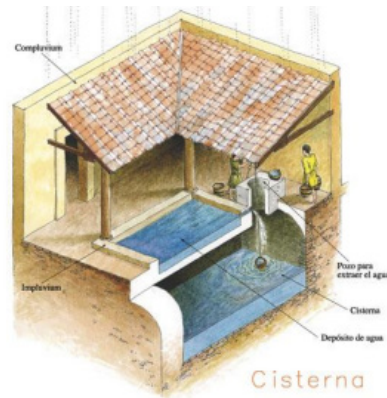
Fuente: Elaboración propia

Figura 2.6 Escorrentía según capacidad de impermeabilidad.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2.7 Recolección de agua lluvia en la antigüedad.



Fuente: (Hidrología Sostenible 2013)

Figura 2.8 Sistemas de recolección de agua lluvia.



Fuente: (Guzmán,2014)

2.23. Importancia de la captación de agua lluvia.

El agua lluvia, un recurso hídrico global que en mayor o menor medida cae en forma de precipitaciones y la cual es considerada agua limpia y es por ello que la captación de la misma se ha convertido en una estrategia para proveer de este líquido vital a la sociedad, donde el uso de esta se puede destinar al ámbito industrial y doméstico, esta forma de aprovechar el recurso hídrico se lo viene realizando prácticamente desde la antigüedad, estrategias que fueron bien realizadas (Figura 2.6). De acuerdo a, (Ornelas, 2017) señala que:

“Las antiguas culturas como son la romana y la griega tenían un profundo respeto hacia el agua lluvia ya que ellos se proveían de la misma mediante construcciones particularmente diseñadas para su captación y con ello el aprovechamiento del líquido vital para sus necesidades” (pág. 50).

Las urbes siempre necesitaran del líquido vital para subsistir, por ello es muy importante la propuesta de soluciones para el manejo adecua-

do del agua entendiendo que actualmente las grandes ciudades en parte por falta de planeación urbanística en su crecimiento (Figura 2.7), tienen problemas para la dotación de la misma para el consumo humano, así como también para otros usos, el incremento poblacional a futuro demandará en mayor medida el agua, lo cual representa que dichos problemas se incrementen, es por ello que se pueden aportar alternativas de soluciones, puntualmente enfocándonos en nuestra temática, los que están basados en los sistemas urbanos de drenaje sostenible (Suds), dirigidos hacia la gestión de aguas pluviales, lo cual se pueden destinar para diferentes usos, en este caso puntual el uso del agua lluvia para los jardines sostenibles. Respecto al crecimiento de las urbes, (Ornelas, 2017) señala lo siguiente:

“La encasez de agua en un futuro cercano, junto con la creciente urbanización y el incremento demográfico, son los caminos que inevitablemente serán la ruta a seguir en las próximas décadas en una proyección global” (pág. 48).

2.3. Desarrollo histórico de los sistemas de captación de agua lluvia.

Desde la antigüedad se ha valorado el agua como un elemento importante y primordial para la supervivencia del propio ser humano. Con el pasar del tiempo las civilizaciones fueron creciendo en población y por consiguiente su extensión demográfica fue extendiéndose, la gran mayoría de las civilizaciones fueron adaptándose a terrenos áridos, secos y húmedos, las cuales requerían de grandes consumos de agua para sus cultivos y alimentos, por esta razón se acogieron a diferentes formas de captación de agua lluvias para su consumo propio (Figura 2.9) según, Gómez Callejas (2018) señala lo siguiente:

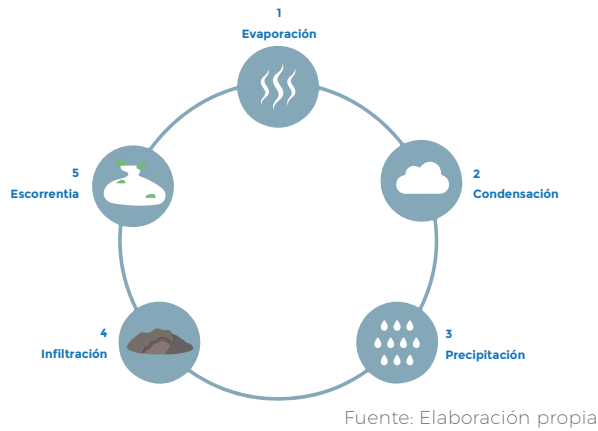
El agua es un recurso fundamental para la vida, por esta razón el hombre a lo largo de la historia ha recurrido a diversas formas y métodos para la obtención de este líquido, aprovechando el agua superficial como la principal fuente de abastecimiento. A esto se debe el asentamiento de grandes civilizaciones en los valles de los ríos, que con el pasar de los años y el

crecimiento de la población, fueron migrando a zonas áridas y semiáridas, en las cuales las fuentes de agua superficial son escasas y se hace necesaria la implementación de nuevos sistemas y la explotación de otras fuentes como el agua lluvia (p.12).

2.4. El Ciclo Hídrico.

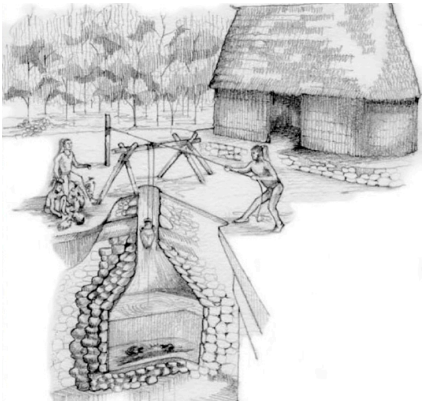
El ciclo hídrico o ciclo del agua se considera como el conjunto de cambios que experimenta el agua en la naturaleza, tanto en sus estados sólido, líquido, gaseoso y como en su forma, agua superficial, agua subterránea (Villón, 2002). Además, El ciclo hidrológico implica un proceso de transporte recirculatorio e indefinido o permanente, por tanto este movimiento permanente del ciclo se debe fundamentalmente a dos procesos: la primera, el sol proporciona la energía para elevar el agua (evaporación); la segunda, la gravedad terrestre, que hace que el agua condensada descienda (precipitación y escurrimiento) (Ordoñez Gálvez, 2011). En la siguiente (Figura 2.8) se muestra el proceso del cambio de estado del agua o proceso hídrico.

Figura 2.9 Esquema del ciclo hídrico.



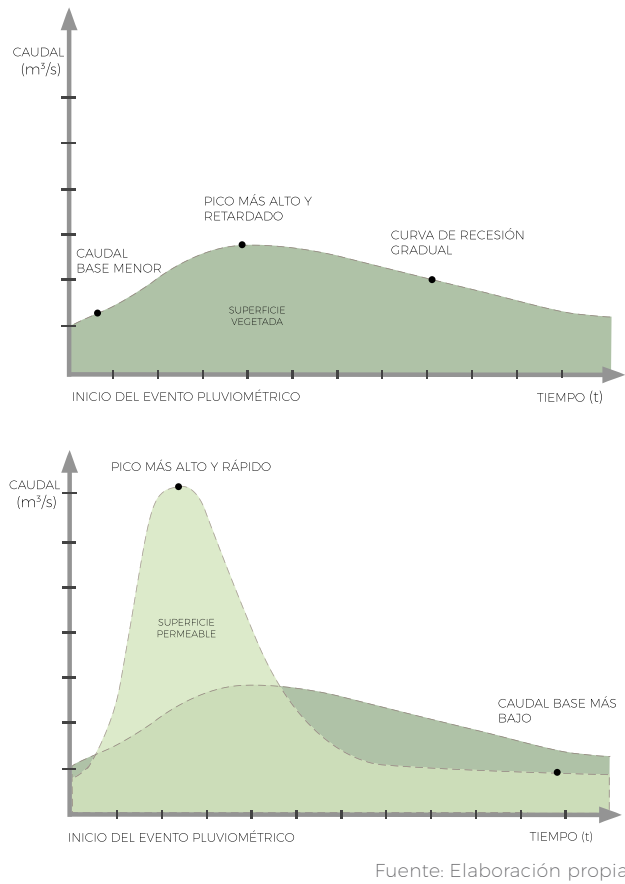
Fuente: Elaboración propia

Figura 2.10 Sistema de recolección del agua de lluvia.



Fuente: (Ciencia Uanl, 2021)

Figura 2.11 Impactos hidrológicos urbanos.



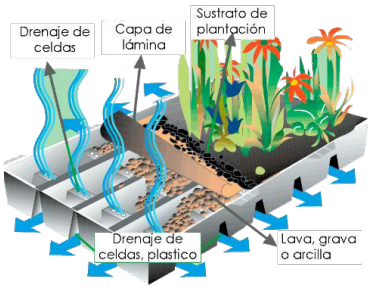
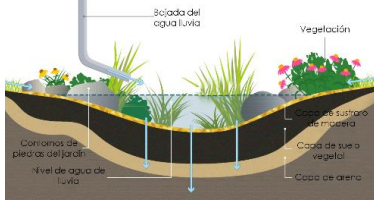
Según Cano Salazar (2021), el crecimiento de la población urbana conlleva a la construcción de nueva infraestructura, por lo cual involucra las transformaciones de superficies naturales por espacios permeables las cuales restringen el ciclo del agua. De acuerdo a la (Figura 2.11), estos cambios producen un crecimiento de caudales de escorrentía y una disminución en el tiempo de evacuación, al restringir procesos hidrológicos como la infiltración y evapotranspiración se aumentan los picos, lo cual produce una mayor cantidad de agua en superficie que representa una desventaja para los sistemas de drenaje convencionales.

2.5. Sistemas urbanos de drenajes sostenibles (Suds).

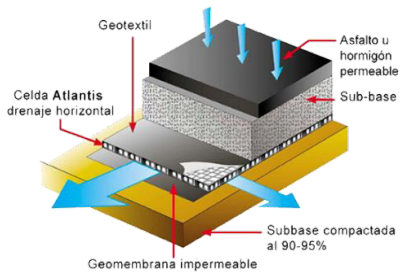
Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (Suds) son sistemas complementarios del drenaje pluvial convencional que hacen parte de la infraestructura urbana que tiene como principio gestionar el uso de las aguas pluviales manteniendo el ciclo hidrológico natural en espacios permeables (Universidad de los Andes, 2017). Por lo cual se puede

relacionar con una alternativa sustentable y de bajo impacto que contribuye a cumplir con el desarrollo sostenible (Cano Salazar, 2021).

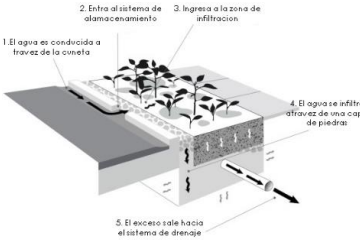
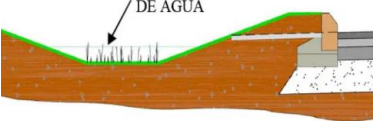
Tabla 2.1 Sistemas urbanos de drenaje sostenible

SISTEMA	TIPOLOGÍA DE SUDS	ESCALA	DESCRIPCIÓN	ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO	EJEMPLO
Sistema de control en origen	Cubiertas verdes	Puntual	Son coberturas de un edificio que están parcial o totalmente cubiertas de área verde, que frenan la entrada de agua lluvia en el sistema de drenaje de manera que, minimice la temperatura en los espacios internos de las edificaciones (Badillo Ornelas, 2017).	 (Gijón, 2018)	 Casa Jarabacoa, República Dominicana (Vasho, 2014)
	Depósito y zanjas de infiltración	Regional	Son depresiones en el terreno poco profundos que se diseñan para almacenar e infiltrar gradualmente la escorrentía pluvial generada en las superficies continuas o adyacentes. El propósito de estas zanjas es la transformación de un flujo superficial en subterráneo, reduciendo los contaminantes mediante filtración, adsorción y transformaciones biológicas (Abellán, 2014).	 (Bonells, 2020)	 Bon Pastor, Barcelona (Soto, 2016)

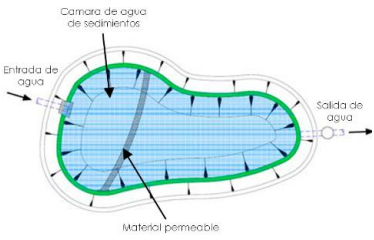
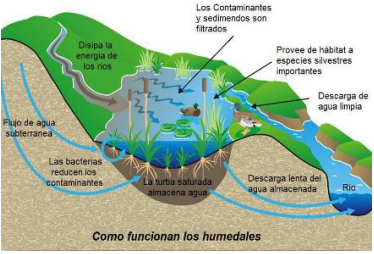
Fuente: Elaboración propia

Sistema de control en origen	Jardines de biorretención	Arquitectónica	Estos suds son depresiones topográficas formadas por agrupaciones de vegetación que permiten capturar, filtrar transpirar y reducir los contaminantes de la escorrentía pluvial aumentando la calidad del agua, además las plantas realizan el proceso de fitodepuración que ayuda a la infiltración del agua en el terreno y mejora la calidad de la escorrentía recogida (Perales, 2019).	 (Ginther, 2020)	 Bridget Joyce Square, Londres (Bray, 2015)
Sistemas de filtración y transporte	Superficies permeables	Urbano	Son pavimentos que permiten la infiltración del agua lluvia hacia el suelo, de tal manera que sea captada, retenida y gestionada por estructuras adicionales (celdas de drenaje) para su posterior evacuación como solución para disminuir la impermeabilidad en superficies urbanas, minimizando escorrentías de manera que se gestione el riesgo a inundaciones (Atlatis, 2019).	 (Suds, 2019)	 Parking sede softtek, Las Rozas Madrid (Suds, 2019)

Fuente: Elaboración propia

Sistemas de filtración y transporte	Drenes filtrantes	Regional	Los drenes de filtración son excavaciones poco profundas, rellenas de material granular o sintético, que captan y filtran la escorrentía pluvial de superficies impermeables contiguas con el fin de retenerla, almacenarlas y transportarlas aguas abajo (Perales, 2019).	 (Ortega, 2019)	 Carreteras castilla león, España (Suds, 2019)
	Cunetas verdes	Regional	Las cunetas vegetadas son canales trapezoidales o triangulares, poco profundos de baja pendiente diseñados para trasportar, filtrar o infiltrar la escorrentía pluvial. Debido a sus características y a la presencia de vegetación estas estructuras consiguen reducir la velocidad de la escorrentía y minimizar el volumen de agua mediante la infiltración (Villa, 2018).	 (Pittner & Allerton, 2009)	 Benaguasil, Valencia (AQUAVAL, 2013)

Fuente: Elaboración propia

Sistemas de almacenamiento y tratamiento	Depósitos y estagues de retención	Urbano	Son estanques con lamina permanente de agua con profundidades de 1.2m a 2m su principal función es retener el agua lluvia por largos periodos permitiendo que los contaminantes sedimenten y el agua se evacue de manera laminada o se infiltre en el terreno (Trapote & Fernández, 2016).	 (Pittner & Allerton, 2009)	 Plaza de Dolors Piera, Barcelona (Ajuntament de Barcelona, 2019)
	Humedales artificiales y estanques	Regional	Los humedales artificiales son superficies cubiertas de agua con poca profundidad y vegetación emergente propia. Por lo cual están diseñadas para retener las escorrentías fluviales por largos periodos de tiempo a comparación de los estanques de retención, de manera que se obtiene un mejor grado de depuración (Sañudo et al., 2013).	 (Erick García, 2012)	 Humedal Xixi, China (Chipperfield, 2015)

Fuente: Elaboración propia

2.6. Tipología de los Suds.

2.6.1. Medidas estructurales.

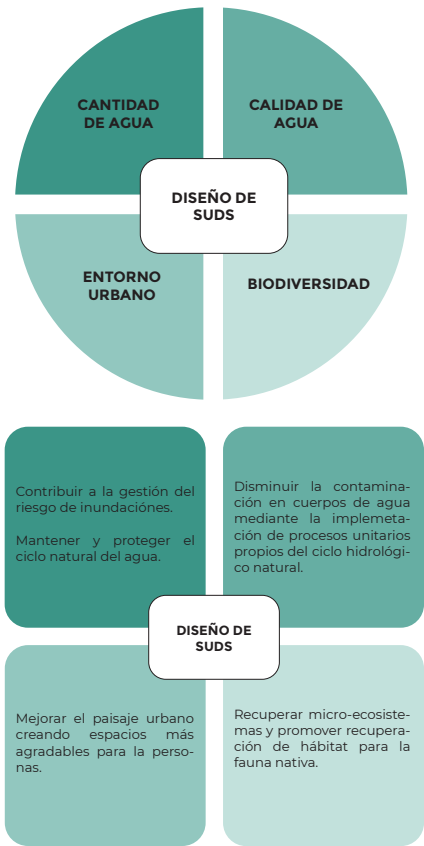
Desde el punto de vista de Restrepo et al. (2007) menciona que los Suds se pueden clasificar en dos grupos: estructurales y no estructurales. Con respecto a los Suds de carácter estructural se refiere a las tipologías y estructuras que incrementan los procesos de infiltración, evapotranspiración, reducción de caudales y disminuye el volumen de escorrentía antes de que esta llegue a los puntos receptores de agua. Por tanto, Badillo Ornelas (2017) afirma que existen varias tipologías que utilizan una escala urbana o regional, para hacer uso del espacio público o privado y equipar de áreas verdes que además utilizan la biorretención y el aprovechamiento del agua pluvial como estrategia para minimizar los efectos de la urbanización y elementos que lo conforman como infraestructura (Tabla 2.1).

2.6.2. Medidas no estructurales.

Sin embargo, los no estructurales hace referencia a las prácticas ciudadanas que minimizan la cantidad de contaminantes tales como: sedimentos, químicos en las aguas de escorrentía, acciones de limpieza como barrer la calle o sus aceras, disponer de canecas o puntos ecológicos para basuras, así mismo el mantenimiento a la red de colectores, medidas que contribuyen a una gestión integral y sostenible de las aguas lluvias (Cano Salazar, 2021). En conclusión, estos grupos no estructurales no son más que una variedad de prácticas institucionales y educativas llamadas comúnmente control de fuente o prevención de contaminantes los cuales buscan minimizar o eliminar el acceso de contaminantes a las aguas lluvias (Restrepo et al., 2007).

Para comprender de mejor manera los beneficios de las tipologías de los sistemas urbanos de drenaje sostenible (Suds) de acuerdo a la (Figura 2.12), es indispensable entender los cuatro factores importantes (cantidad del agua, calidad del agua, amenidad y biodiversidad) que buscan satisfacer el diseño y construcción de las estructuras (Ballard et al., 2015).

Figura 2.12 Impactos hidrológicos urbanos.



Fuente: Elaboración propia apartir de "Manual de Siria"

2.7. Concepto de jardín de agua lluvia.

Según la tipología estructural de los sistemas urbanos de drenajes sostenibles (Suds), existen múltiples sistemas de biorretención, como los jardines de lluvia que son aquellas depresiones en el terreno (natural o artificial) que captan y canalizan el agua superficial que fluye de los techos, calzadas, aceras y otras superficies impermeables o semipermeables, después de cada periodo de lluvia. Esta depresión permite que el agua se filtre hacia las capas del subsuelo (bBibLus, 2020) y actúe como una cuenca de infiltración como parte del volumen de agua de lluvia. También es importante recordar que las primeras aguas que fluirá entre la zona vegetal, piedras y otros elementos del jardín será el agua más sucia, y sus partículas serán retenidas por la capacidad de filtración de las plantas. (Motta, 2020)

Los sistemas de recolección de agua de lluvia tienen como principio captar y almacenar el agua que cae sobre superficies permeables e impermeables tales como: cubiertas, calzadas, y demás. Estos sistemas mencionan que, para un óptimo aprovechamiento del caudal, se recomienda

generar excelentes diseños para explotar de mejor manera este recurso (Aritonag, 2020). El agua lluvia es una de las fuentes más limpias que puede ser utilizada como un recurso sustentable y se puede obtener grandes beneficios implementando diferentes técnicas de recolección que existen en el medio. Por consiguiente, Puigcaldes (2020) plantea que "el agua de lluvia al no contener ni cal ni cloro, puede ser empleada para muchos usos no potables tales como: riego de jardines, cisternas de inodoros y limpieza en general". Contando con un previo sistema de tratamiento que deberá contar con filtros de retención de sólidos, con la finalidad de no afectar a las instalaciones o los elementos que componen la cisterna de inodoro, dichos filtros se colocaran en las bajantes antes del ingreso al almacenamiento, en el caso de tener cisternas enterradas se incorpora un sistema de cazapiedras para impedir la entrada de residuos que puedan dañar la instalación (Ballard et al., 2015). Por esta razón, según sus usos se dividen en dos tipos de sistemas: Sistema de captación de agua lluvia por cubierta (scall) y captación de agua lluvia por riego (jardines de lluvia).

Así también, los jardines de lluvia son considerados parte de las denominadas técnicas de fitorremediación, las cuales, utilizan a las plantas para reducir o degradar los compuestos contaminantes en el agua, suelo y aire, a niveles seguros para la salud humana (Velasco et al., 2016). Existen dos tipos básicos de jardines de lluvias, infiltración superficial (auto contenida) e infiltración completa (bajo drenaje). Ambos tipos de jardines cumplen la misma función, de reducir los volúmenes de escorrentías y mejorará la calidad de las aguas fluviales, generando una infiltración de agua limpia para el riego de plantas.

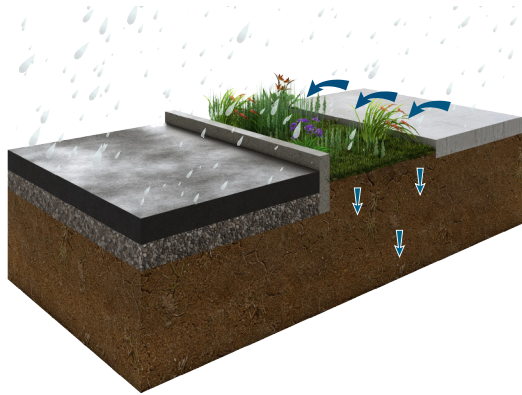
2.7.1. Infiltración superficial o auto contenida.

Son sistemas subterráneos de almacenamiento provisional de la escorrentía procedente principalmente de las aceras, veredas y cubiertas. Mediante este método se consigue desconectar estas aguas de la red principal, minimizando así el caudal a circular por la red de alcantarillado. No pueden utilizarse en suelos poco permeables y es recomendable que queden algo por encima del nivel freático para permitir infiltraciones al terreno. (Abellán, 2014). Así mismo, estos sistemas son más utilizados en viviendas unifamiliares. En el cual el agua se acumula de forma gradual, manteniéndose por un periodo de 24 a 48h y finalmente poco a poco se va infiltrando en el terreno natural (Figura 2.13) (Ortega, 2019).

2.7.2. Infiltración completa o bajo drenaje.

Es una estructura similar a un zanja con vegetación, su función es gestionar la escorrentía superficial a una depresión en el espacio ajardinado de poca profundidad. Por lo cual, la zona de infiltración recibe el agua lluvia e ingresa a una zona de almacenamiento que se encuentra debajo. Se coloca además una tubería o canal de drenaje para el desbordamiento ocasional, una vez que se llena, sale del sistema por medio de la red de saneamiento. Permitiendo amortiguar parte del caudal de lluvia, que ingresa al sistema de drenaje. Este sistema es el más utilizado en medios urbanos, en el que las características del terreno son muy importantes para obtener una filtración más lenta. De tal forma que el agua se distribuye poco a poco a la red de saneamiento y se mantiene cierto tiempo almacenada en el subsuelo (Figura 2.14) (Ortega, 2019).

Figura 2.13 Jardín de infiltración superficial.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2.14 Jardín de infiltración completa.



Fuente: Elaboración propia

2.8. Características de los jardines de agua lluvia.

- Utilizan vegetación nativa pues estas plantas logran adaptarse a las condiciones pluviales del sitio, al mismo tiempo son más tolerantes a periodos con suelo saturado o suelo seco y requieren menos riego artificial.
- Disponen de varias capas de sustratos porosos que aceleran el paso del agua hacia el subsuelo o hacia tuberías de drenaje pluvial o residual.
- Están localizados cerca de techos o escorrentías pluviales para captar el agua proveniente de éstos, son diseñados para recibir la descarga pluvial y poder contenerla.
- Consiguen retener la escorrentía de agua pluvial durante extensos eventos de precipitación.
- Los sistemas radicales de las plantas optimizan la infiltración y permeabilidad del suelo, redistribuyendo la humedad y manteniendo las diversas poblaciones microbianas que intervienen en la bioinfiltración.

- Son sistemas que, dependiendo de sus dimensiones y materiales, varían en costos constructivos, pero en general, son económicos y de una composición básica.

2.9. Jardines de agua lluvia como una aportación paisajística a la urbe.

Hay que analizar que en una ciudad el área verde juega un rol muy importante por ser una superficie destinada a la recreación social y cultural, la cual estructura las urbes y aporta valor paisajístico por su composición vegetal, mientras mayor superficie verde se tiene, esta ayuda a que aumente la calidad ambiental y paisajística, por consecuencia la calidad de vida de las personas dentro de la urbe será beneficiada (Figura 2.13). A este respecto, Porras (2011) señala lo siguiente: “En cuanto a las áreas verdes son espacios que desempeñan muchas funciones para el beneficio de la ciudadanía y preservación del medio ambiente” (p.15).

Los jardines de agua lluvia formar parte de estas superficies verdes, una infraestructura que está compuesta por una vegetación diversa que

aprovecha del agua lluvia urbana, es decir que lo que normalmente aporta un área verde dentro de la urbe como un espacio de interacción además de la calidad paisajística y ambiental, los jardines de agua lluvia aporta también con el aprovechamiento del caudal del recurso de agua lluvia en su totalidad o parcialmente y forma parte fundamental para el funcionamiento de esta infraestructura verde (Figura 2.14).

En la ciudad de Cuenca hoy en día se ha tratado de mantener e incrementar los espacios verdes en los parques lineales y urbanos. Sería importante y de gran aporte para una ciudad sostenible el aplicar este tipo de infraestructura verde, enfocándonos en los jardines de agua lluvia específicamente. De acuerdo a, Chequea (2019) señala lo siguiente:

“El Índice Verde Urbano (IDV), indicador de la cantidad de área verde en un territorio el cual es dividido para el número de habitantes del mismo, con este valor determinamos las superficies que cumplen con el mínimo. La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda que el mismo se en-

cuentre entre 9 y 11 m², el valor es de 13,01 m² por habitante a escala nacional, en Azuay el dato es 11,89 m² por habitante y, particularmente, en Cuenca de 10,46 m².

2.10. Los jardines de agua lluvia son una estrategia de bajo impacto ambiental.

Estas estrategias que en Europa son conocidas como Sistema de Drenaje Urbano Sostenible (Suds), o en América, precisamente en EE. UU, se lo conoce como estrategias de Desarrollo de Bajo Impacto (DBI), tienen como objetivo principal el manejo de una manera apropiada y eficaz la escorrentía pluvial de las superficies impermeables tales como las vías, la cual es aprovechada por una superficie verde como se puede observar en la (Figura 2.15). Ayudan a reducir los efectos del crecimiento urbano el cual influye en el ciclo natural del agua ya que se restan superficies permeables y por consecuencia del mismo el aumento de la escorrentía superficial originando grandes caudales lo que provoca el riesgo de inundaciones, otro efecto importante que es necesario resaltar es la contaminación del recurso de agua lluvia al no darle un uso.

Los jardines de agua lluvia ayudan a este ciclo natural ya que son capas permeables que permiten la infiltración, esta estrategia que está manejada por sistemas naturales ayuda a que el agua lluvia se emplee para un fin ecológico y ambiental lo cual mejora el ciclo del agua, devolviendo con una mejor calidad al medio natural. Así como también estas áreas verdes se les considera por su aporte paisajístico, lo que ayuda de una mejor manera la calidad de vida de las personas, así como una estructura urbana correcta y sostenible (Figura 2.16). A este respecto, Trapote & Fernández (2016) señala los siguiente:

“Mediante la implantación de los Suds se pretende que la respuesta hidrológica de una zona urbanizada sea lo más parecida posible a la que tenía en su estado original, antes de la urbanización o actuación humana, de manera que sea posible minimizar los impactos del desarrollo urbanístico en cuanto a la cantidad y calidad de la escorrentía” (p.10).

Figura 2.15 Aporte paisajístico de los jardines de lluvia.



Fuente: (Ricalde, 2020)

Figura 2.16 Integración de la ciudad con los jardines.



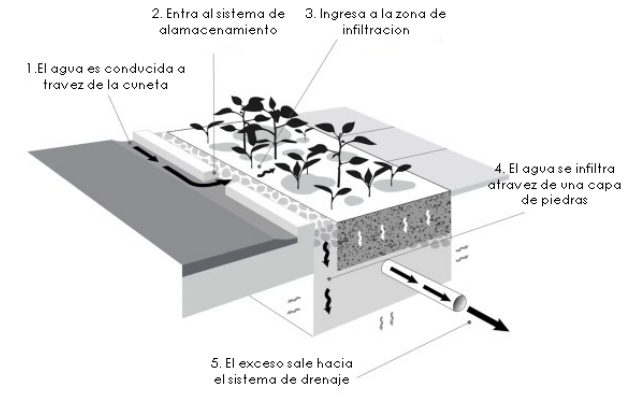
Fuente: (Ricalde, 2020)

Figura 2.17 Aprovechamiento de superficie permeables.



Fuente: (AODpaisajes, 2019)

Figura 2.18 Funcionamiento de un jardín de lluvia.



Fuente: (Bioswale, 2020)

2.11. Procesos de funcionamiento de un jardín de agua lluvia.

Con el fin de aprovechar al máximo el recurso de agua lluvia para los objetivos ya antes mencionados y con ello también evitar problemas principalmente de inundaciones en épocas lluviosas, como se puede observar en la (Figura 2.17), existen diferentes tipos de soluciones de jardines de agua lluvia, son diseñados dependiendo de las condiciones locales en donde se va a emplazar, como el factor climático principalmente, luego las del área de estudio como la tipología y topografía del suelo y finalmente las características de la superficie de la urbe. Independientemente del tipo de diseño de jardín, estos sistemas tienen por principio el mismo proceso de funcionamiento y el mismo objetivo final que es el de captar agua para un uso específico (Figura 2.18). Los jardines se diseñan de acuerdo a las precipitaciones propias de la zona para que así se pueda aprovechar la escorrentía al máximo, en caso de situaciones variables del clima cuando los jardines se lleguen a saturar tienen un sistema de sumideros que evacua el exceso.

Determinados diseños de jardines lluvia utilizan sumideros que recolectan el exceso de agua lluvia que no puede ser aprovechado por las superficies de biorretención, el excedente de escorrentía en ciertos casos es conducido hacia cuerpos hídricos naturales o también es aprovechado en áreas verdes anexas.

Los procesos que cumplen los sistemas de jardín de lluvia son físicos y químicos, mismos que los realiza el área de infiltración, esto de acuerdo con el Bioretention Manual (Environmental Services Division, 2007). Para ello se necesita que ocurran los procesos en cuanto al sistema de biorretención (Tabla 2.2).

Tabla 2.2 Procesos físicos y químicos que cumplen los Suds.

PROCESOS FÍSICOS Y QUÍMICOS QUE CUMPLEN LOS JARDINES DE LLUVIA	
Interceptación	Recolección del agua lluvia o escorrentía por el suelo o plantas manteniéndola dentro de la instalación para su acumulación.
Infiltración	Conducción del agua hacia abajo atreves del suelo, un proceso importante en la instalación de bioretención.
Asentamiento	A medida que la escorrentía disminuya y se acumule dentro de la instalación procede al asentamiento de los sólidos en suspensión en la superficie del suelo.
Evaporación	La transformación en vapor del agua contenida en las instalaciones de bioretención por causa de la luz solar.
Filtración	Todas las partículas se filtran de la escorrentía a medida que esta fluye a través del suelo y en donde quedan retenidas.
Absorción	El agua es absorbida por la porosidad del suelo y por las plantas que están dentro de la instalación de bioretención.
Transpiración	El agua en forma de vapor que se pierde la vegetación a través de las hojas, más del 90% de agua absorbida por las plantas regresa en forma de vapor al medio.
Evo transpiración	Es el agua perdida por evaporación del suelo y la transpiración de la vegetación.

Asimilación	Es el aprovechamiento de las plantas de los nutrientes en beneficio de su crecimiento y desarrollo - la vegetación tiene la capacidad de asimilar ciertos contaminantes.
Adsorción	Atracción del líquido en mediante atracción iónica a una superficie solida - bioretención.
Nitrificación	Formación de nitrato mediante la oxidación del amoniaco por las bacterias y que es altamente soluble y que las plantas lo utilizan fácilmente.
Des nitrificación	Reducción del nitrato mediante los microorganismos en óxido nitroso y gas nitrógeno los cuales regresan a la atmosfera.
Volatización	Conversión de sustancias en vapor, como la transformación de hidrocarburos complejos en CO2, una sustancia volátil.
Atenuación Térmica	La filtración de la escorrentía a través del suelo reduce la temperatura de la misma notablemente.
Degradación	Descomposición de los compuestos químicos por microorganismos que se encuentran en el suelo.
Descomposición	La fauna del suelo se encarga en la descomposición de compuestos orgánicos.

Fuente: (Ballard et al., 2015)

2.12. Ventajas y desventajas de los jardines.

Los jardines de agua lluvia tienen como principio recoger, transportar, descontaminar, retenir, infiltrar y evacuar el agua lluvia de una manera efectiva para crear un contexto más ecológico al paisaje y gestionar el agua lluvia de una manera sostenible. Por lo que, ofrece múltiples ventajas que aportan en gran medida al sistema urbano y a la ciudadanía (Badillo Ornelas, 2017).

2.12.1. Ventajas ambientales.

- Infiltran altas cantidades de agua lluvia al subsuelo dependiendo del área y tipo de suelo.
- Proveen áreas vegetadas que proporcionan un desarrollo al microclima urbano y minimizan las islas de calor.
- Los jardines acumulan gran parte de los contaminantes como la materia orgánica y el agua elimina los sólidos suspendidos disolviéndolos, antes de infiltrarla al subsuelo, mejorando así la calidad de la misma.

- En vista que el agua logra infiltrarse en un periodo máximo de 24 a 48 horas dependiendo del tipo de suelo, no admite la reproducción de mosquitos, de manera que estos jardines son en gran medida saludables.
- Minimizan los efectos erosivos provocados por la escorrentía superficial.
- Recargan las aguas subterráneas y/o mantos freáticos.

2.12.2. Ventajas sociales.

- Aproximan los procesos cíclicos naturales a la población urbana.
- Crean espacios para el encuentro en los que se fomenta la interacción social.
- Posee una mayor aceptación por parte de la población, por los beneficios paisajísticos y ambientales que brindan, en comparación con el sistema de drenaje convencional.

2.12.3. Ventajas económicas.

- Disminuyen la inversión en infraestructura de drenaje convencionales al surgir altamente rentables.
- Minimiza riesgos de inundaciones urbanas, causadas por las condiciones climáticas del sitio.
- Plantean materiales alternativos y menos costosos en comparación con los sistemas de drenaje convencionales, minimizando la inversión y proporcionando efectos a largo plazo.
- Requieren mantenimiento por un periodo de 1 año una vez cada dos semanas, hasta que las especies se adapten al suelo orgánico, posterior al tiempo el mantenimiento es cada vez más irregular.

2.12.4. Ventajas a la infraestructura urbana.

- Complementa a la red de drenaje convencional.
- Ajustan el drenaje urbano al ciclo hidrológico.

- Minimizan el volumen y la velocidad de la escorrentía de agua pluvial en los sistemas de drenaje convencionales, resguardando dichas estructuras y alargando su vida útil.
- Minimizan los picos de escorrentía que saturan al sistema de drenaje, frena el agua hasta que tenga la capacidad de recibirla.
- Aumentan la cantidad de áreas verdes permeables presentes en las ciudades.

2.12.5. Desventajas generales

- Falta de manuales para las diferentes zonas climáticas con diferentes patrones pluviométricos.
- La necesidad de un mantenimiento específico diferente del usado en técnicas de drenaje convencionales.
- Puede generar desconfianza frente al drenaje convencional por ser algo relativamente nuevo.
- No existen indicadores de rendimiento adecuados a largo plazo.

- Existen tipologías de jardines, que no funcionan al estar cerca de un nivel freático de aguas. Del mismo modo, si se ubican en pendientes demasiado altas.

2.13. Beneficios al paisaje urbano.

- Comprende al paisaje como parte de la infraestructura de la urbe, alcanzando una visión sistémica del entorno natural.
- Establecen un paisajismo integral que comprende y respeta el ciclo hidrológico dentro de las ciudades.
- Optimizan el paisaje urbano y rescatan entornos naturales dentro de las urbes, ampliando la calidad de vida de los habitantes.

2.14. Consideraciones para diseñar correctamente un jardín de lluvia.

Los jardines de lluvia pueden llegar hacer grandes contribuyentes al desarrollo del microclima urbano, de la misma manera existen desventajas que pueden ser perjudiciales al no tener una correcta planificación antes y después de su construcción.

- Al no tener una minuciosa evaluación del sitio, en algunos casos existen roturas de instalaciones subterráneas.
- Puede colapsar las cimentaciones de una vivienda por la humedad, si se construye dentro de los tres metros de una propiedad.
- Se producen erosiones en el suelo cuando las pendientes del terreno son superiores al 5%.
- El jardín de agua lluvia no funciona en periodo de lluvia que superan los tres días seguidos y con precipitaciones entre los 150 mm y 300 mm de altura de lluvia, esto también dependerá del sitio y el diseño del jardín fluvial.
- Pese a una sequía las ramas, hojas y basura serán un obstáculo para que las capacidades filtrantes puedan generar un correcto funcionamiento.

Figura 2.19 Rain Garden, Prince George’s County, Estados Unidos en 1990.



Fuente: (Ortega, 2019)

2.15. Casos de estudio.

El término jardín de lluvia (rain garden) fue empleado por primera vez en el condado de Prince George’s County en EE. UU. en el año de 1990, como un sistema alternativo para controlar los escurrimientos pluviales urbanos, ofreciendo una solución práctica y resultados altamente eficientes y rentables a comparación de los sistemas de drenaje convencionales (Figura 2.19) (Badillo Ornelas, 2017).

A nivel mundial la captación de agua lluvia se ha considerado una alternativa sustentable, desarrollando estrategias que permiten adaptarse a los espacios urbanos. En consecuencia, varios países de América latina, han tomado cartas en el asunto para mitigar y gestionar de manera correcta este recurso. Por esta razón se analizaron los casos de estudio en base a los siguientes paramentos: condiciones climáticas, formas de construcción, tipo de materialidad y sistemas semejantes a los jardines de lluvia en base a los Suds, con la finalidad de crear espacios saludables que al mismo tiempo brinden beneficios a las poblaciones humanas, logrando un uso más eficiente y sustentable a escala local, urbana y regional (Comana, 2018).



REFERENTE 01

Figura 2.20 Nottingham, antes de la intervención.



Fuente: (Susdrain, 2013)

Figura 2.21 Nottingham, antes de la intervención.



Fuente: (Susdrain, 2013)

2.16. Referente 01.

- Reverdecimiento de calles, modernización de jardines de lluvia, Nottingham
- Ubicación: Nottingham, Reino Unido.
- Año: Mayo, 2013
- Área: 148m²
- Autores: Agencia de Medio Ambiente, La comunidad de Nottingham, Groundwork Greater Nottingham y Severn Trent Water.

2.16.1. Problemática.

El proyecto está localizado en una calle residencial que consta de 67 predios, junto a la carretera se encuentra el arroyo Day, la cual consta de agua de muy mala calidad a causa de, numerosas fuentes de contaminación urbana de modo que, existen obstrucciones y no permiten el flujo continuo del cauce. Como resultado, en temporadas de lluvia provocan inundaciones de propiedades río abajo (Figura 2.20) (Susdrain, 2013).

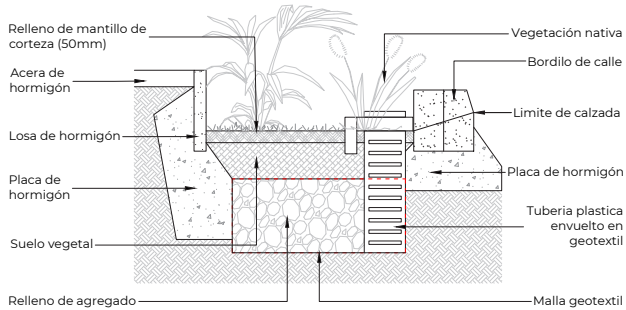
2.16.2. Funcionalidad.

Se construyeron un total de 21 jardines de lluvia lineales (un total de 148m²) dentro del borde de césped de la calle principal Ribblesdale, tomando en cuenta las condiciones de acceso, servicios subterráneos, mobiliario urbano y árboles (Figura 2.21). Los jardines de lluvia (Rain Garden) emplean una combinación de agregado de piedra limpia y unidades patentadas para formar un espacio vacío debajo de una capa de tierra vegetal plantada. Las unidades patentadas son celdas de vacío abierto, que ayudan una rápida infiltración del agua hacia el suelo siendo parte clave del diseño, debido a que, proporcionan un espacio vacío mayor que la piedra (Figura 2.23). Sin embargo, las restricciones presupuestarias significaron que el uso de celdas patentadas se redujera y se reemplazó por relleno de piedra en varios jardines (Figura 2.22). En definitiva, este proyecto fue diseñado con el propósito de manejar la escorrentía de agua superficial de un evento de 1:30 años para interceptar y tratar siempre el primer flujo de escorrentía de la calzada (Susdrain, 2013).

2.16.3. Costos.

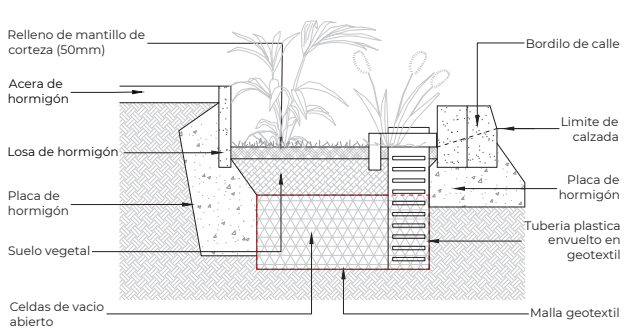
Al utilizar las celdas de atenuación el costo del proyecto por metro cuadrado fue de £460 libras esterlinas (\$581.81), mientras que, los jardines de lluvia llenos de áridos fueron de unas £300 por m² (\$379.44). En conclusión, al utilizar las celdas el precio sube significativamente en comparación a la construcción tradicional. Sin embargo, el Ayuntamiento de Nottingham y la Agencia de Medio Ambiente también proporcionaron tiempo del personal. Asimismo, el tiempo de trabajo previo al diseño y la participación de la comunidad se pagó con el presupuesto general del proyecto (Susdrain, 2013).

Figura 2.22 Sección del jardin de lluvia sin celdas.



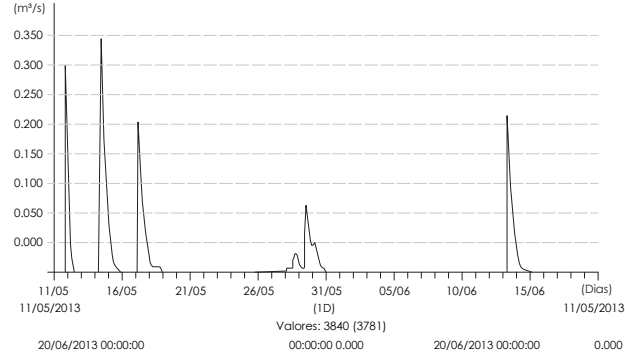
Esc. 1: 20 Fuente: (Susdrain, 2013)

Figura 2.23 Sección del jardin de lluvia con celdas.



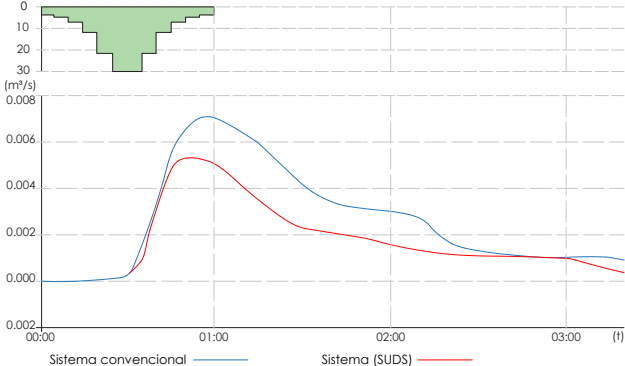
Esc. 1: 20 Fuente: (Susdrain, 2013)

Figura 2.24 Evaluación luego de cinco eventos.



Fuente: (Susdrain, 2013)

Figura 2.25 Caudal del sistema de alcantarillado.



Fuente: (Susdrain, 2013)

2.16.4. Evaluación.

Se realizó un estudio para evaluar los registros periódicos de los jardines de agua lluvia mediante una previa instalación de un registrador continuó que proporciona datos de la profundidad del agua debajo de los jardines de agua lluvia. De modo que, los resultados obtenidos muestran cómo funciona el jardín de lluvia durante y después de un periodo de escorrentía (Figura 2.24).

Además, se alcanzaron resultados satisfactorios que arrojaron del modelo 2D de InfoWorks CS del esquema, en el cual se demostraron que los picos de agua que llegaban a los sistemas de alcantarillado disminuyeron en un 33% durante los periodos más altos de lluvia (Figura 2.25) (Susdrain, 2013).



REFERENTE 02

Figura 2.26 Tipologías de alcorque inundable.



Fuente: (Instituto de Desarrollo Urbano, 2020)

Figura 2.27 Etapa de construcción y pruebas Suds.



Fuente: (Instituto de Desarrollo Urbano, 2020)

2.17. Referente 02.

- Aplicación de alcorques inundables en las calles 68 y 67, Bogotá.
- Ubicación: Chapinero, Bogotá - Colombia.
- Año: Diciembre, 2020
- Área: 229.6m²
- Autores: Alcaldía de Bogotá, Universidad de los Andes.

2.17.1. Problemática.

El tramo de estudio se encuentra localizado en la ciudad de Bogotá, localidad de chapinero, sobre las carreras 4 y carrera 5 entre las calles 68 a 71. El crecimiento desmesurado de la población en esa zona, la modificación del suelo, la impermeabilidad en zonas públicas, han derivado a una serie de problemas, así como los colapsos de los sistemas de alcantarillado con capacidad limitada, de manera que ocasionen inundaciones y encharcamientos en las vías del sector. Para mitigar el manejo de las aguas lluvias, que debían ser evacuadas de la forma más rápida posible, para un sin número de proble-

mas que acarrea, en tal sentido la instalación de tuberías de mayor diámetro en el sistema del alcantarillado convencional no fue la mejor opción, de manera que implica altos costos y mayor tiempo de ejecución. Por tal motivo, la Alcaldía de Bogotá optó por tomar medidas estratégicas proponiendo alcorques inundables basados en los sistemas urbanos de drenajes sostenibles (Suds) con el fin de contribuir de manera óptima al manejo de las aguas de escorrentía (Figura 2.26) (Medina Piza et al., 2018).

2.17.2. Funcionalidad.

Los alcorques se diseñaron a partir de un volumen de tratamiento y su principal función está enfocado en la reducción de la cantidad de escorrentía y cargas contaminantes, a través de la captación, filtración y aglomeración temporal de un volumen de agua precipitada (Figura 2.27). Mediante la norma técnica NS-166 de Bogotá, se presenta el predimensionamiento de un alcorque tipo de sección rectangular, con un ancho de 1.40 m y una longitud en el sentido de la vía de 2.00 m, con una profundidad de tratamiento de 0.80 m y una pro-

Figura 2.28 Sección de un alcoque inundable

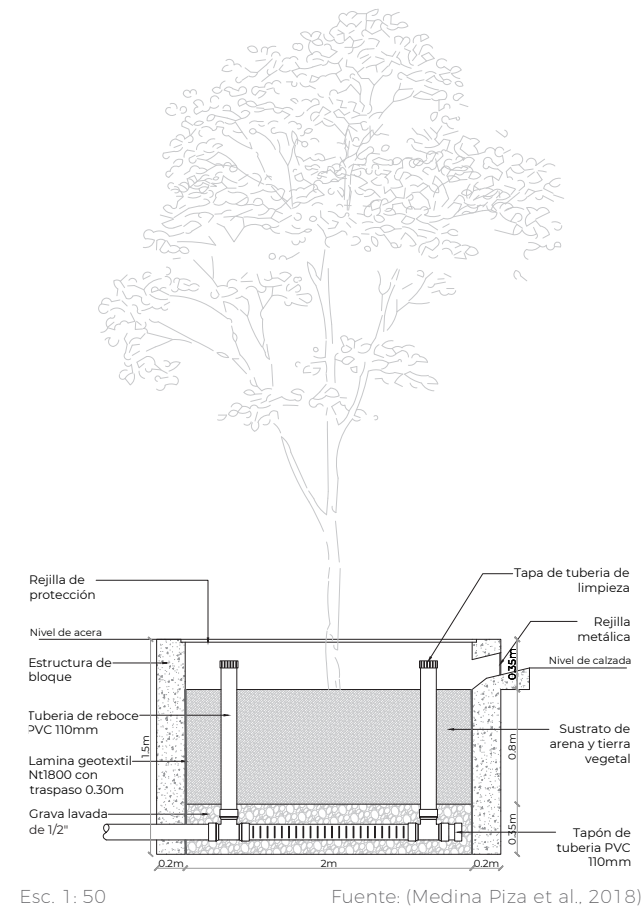


Figura 2.29 Excavación para la colocación.



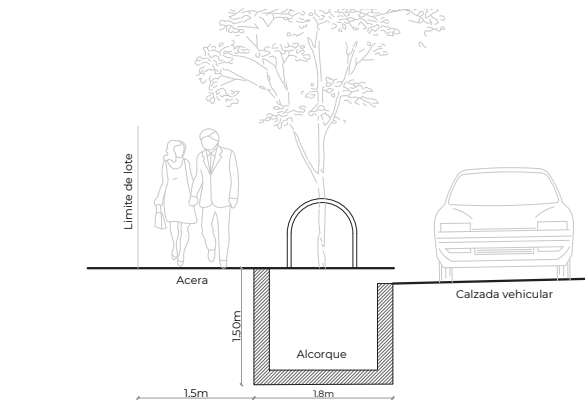
Fuente: (Instituto de Desarrollo Urbano, 2020)

Figura 2.30 Estructura y capa de filtración de Suds.



Fuente: (Instituto de Desarrollo Urbano, 2020)

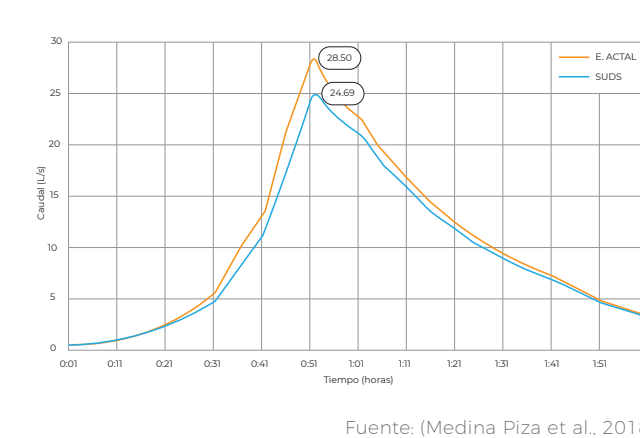
Figura 2.31 Sección de la calzada.



Esc. 1:100

Fuente: (Medina Piza et al., 2018)

Figura 2.32 Evaluación del caudal pico alcoques.



Fuente: (Medina Piza et al., 2018)

fundidad total de su estructura de 1.50m (Figura 2.28). Un total de 82 alcorques fueron construidos, conforme a los cálculos dados por la normativa vigente, las unidades constan de una capa de sustrato con un 40% de porosidad permitiendo a las raíces un correcto crecimiento, asimismo se agrega una capa de drenaje (Grava) cuyo espesor no supere los 0.38 m (Figura 2.30), de la misma manera se colocó un dissipador de energía que permite alojar hojas y desperdicios que viene con el agua lluvia desde la calle hacia la zona de filtración, adicionalmente, posee una estructura de reboce o tubería pvc de drenaje de un diámetro de 110mm, que recolecta el volumen de escorrentía después de la filtración, para su retorno al sistema de alcantarillado en un tiempo máximo de 12 horas (Figura 2.28) (Medina Piza et al., 2018).

2.17.3. Costos.

El Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) de Bogotá, conjuntamente con la alcaldía financiaron este proyecto piloto, con el fin de potencializar y mitigar las precipitaciones altas que se generaban en la zona. El costo promedio de cada alcorque

inundable se valoró en 1071\$ por metro cuadrado (Medina Piza et al., 2018).

2.17.4. Evaluación.

El monitoreo de los alcorques inundables se lo realizó en el programa, Storm Water Management Model (SWMM), bajo los lineamientos de la NS-166 de la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá, con el fin de evaluar las afluentes que entran y salen de los colectores después de cada evento, de esta manera los resultados arrojaron una reducción en el caudal pico de escorrentía de 3.81L/s y un porcentaje del 3%, con respecto al caudal de los drenajes convencionales tal como se muestra en la (Figura 2.32), de manera que sea el porcentaje de reducción más importante el que se da en las cuencas con áreas afluentes más pequeñas (Figura 2.31) (Medina Piza et al., 2018).



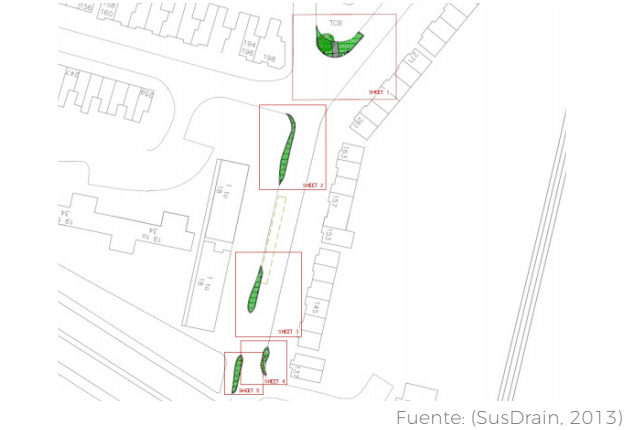
REFERENTE 03

Figura 2.33 Jardín de lluvia en Alma Road.



Fuente: (SusDrain, 2013)

Figura 2.34 Ubicación de los jardines de lluvia en Alma Road.



Fuente: (SusDrain, 2013)

Figura 2.35 Emplazamiento de los jardines de lluvia en las aceras.



Fuente: (SusDrain, 2013)

2.18. Referente 03.

- Construcción de jardines de lluvia
- Ubicación: Alma Road - Ponders End
- Año: Marzo, 2020
- Área: 1000 m²
- Autores: AH Nicholls & Sons

2.18.1. Problemática.

Alma Road está ubicada en Ponders End, superficie que presenta problemas ya que se encuentra en un valle, causa por la que existe el riesgo de inundaciones en épocas de lluvias, además el curso de agua más cercano se encuentra desviado por la línea ferroviaria anexa lo cual aumenta el riesgo ya que las aguas superficiales no tienen un curso de agua cercano a donde descargar. Ponders End sufrió algunas inundaciones principalmente debido a la ineficiencia del sistema de drenaje y luego por causa del crecimiento urbano la falta de espacios verdes, es decir superficies permeables que permitan la filtración del agua (Susdrain, 2021).

2.18.2. Funcionalidad.

En el proyecto se construyeron un total de 5 jardines de lluvia en un tramo de vía de 200 m lineales en Alma Road al norte del paso elevado de Lee Valley (Figura 2.33). Los cuales fueron construidos con el objetivo de disminuir en gran parte la escorrentía de la carretera evitando la saturación del sistema de alcantarillado, aprovechando las características permeables del tramo de Alma Road se puede infiltrar la escorrentía en el suelo de manera natural mediante los jardines de lluvia (Susdrain, 2021).

Los jardines de lluvia fueron construidos en las aceras y parte de la calzada con formas variadas para que no tengan un impacto significativo para el tránsito de peatones y vehículos, individualmente cada jardín tiene un área de emplazamiento diferente (Figura 2.34). Los jardines tienen la capacidad de drenar un área de captación de 200m² aproximadamente cada uno, cálculos que fueron hechos en base a tasas de infiltración conservadoras, en conjunto tienen la capacidad de interceptar un

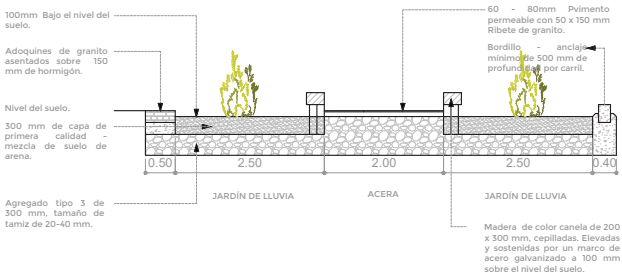
área de captación 1000m² de la carretera, lo cual disminuye los problemas de inundaciones (Susdrain, 2021).

El jardín 1, qué es el más grande y está ubicado en la intersección tipo (Y), cuenta con un sistema de pavimento permeable que lo atraviesa para facilitar el funcionamiento del jardín, se decidió plantar un árbol en este jardín por ser lo suficientemente grande y con ello mejorar el espacio verde (Figura 2.36). En los jardines 2,3,4 y 5 como se puede observar en la (Figura 2.37), se instaló un sistema que cuenta con adoquines de granito en cada entrada con el objetivo de disminuir la erosión de la capa superior del suelo con lo que se captura las partículas de limo transportadas por la escorrentía de la carretera (Susdrain, 2021).

2.18.3. Costos.

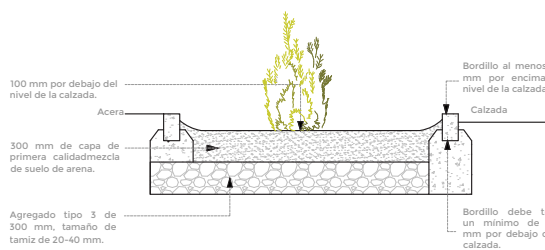
El análisis de costos de mantenimiento y operación de los jardines de lluvia donde se dan actividades como: la limpieza de basura de peatones que se realiza semanalmente y riego en época

Figura 2.36 Detalle constructivo del jardín de lluvia 1.



Esc. 1: 50 Fuente: (SusDrain, 2013)

Figura 2.37 Detalle constructivo del jardín de lluvia 2.



Esc. 1: 50 Fuente: (SusDrain, 2013)

Figura 2.38 Mantenimiento de vegetación en los jardines de lluvia.



Fuente: (SusDrain, 2013)

Figura 2.39 Jardín de lluvia Típico.



Fuente: (SusDrain, 2013)

de sequía, el podado y deshierbe de la vegetación el cual se da en periodos de 6 meses y finalmente la extracción de sedimentos recogidos de las escorrentías que también se realizan con poca frecuencia (Figura 2.38 y 2.39). Los costos de estas actividades que no es significativo en cuanto a los beneficios que tienen los SUDS (Susdrain, 2021).

El costo del proyecto principalmente fue financiado por las autoridades de Londres como parte de inversiones de infraestructura verde con un monto total de £50.00 libras esterlinas (\$60,170), que están divididas en dos partes: £43.000 libras esterlinas (\$51,745) en la construcción de los jardines de agua lluvia y £7.000 libras esterlinas (\$8,423) por la participación de la comunidad en actividades relacionadas a los jardines de lluvia (Susdrain, 2021).

2.18.4. Evaluación.

Ingenieros de las carreteras de Enfield realizan el seguimiento del funcionamiento de los jardines, realizan visitas a sitio durante y después de la lluvia con lo que monitorean la eficacia de los

jardines, hasta el momento han estado funcionando bien durante las tormentas. El proyecto tiene una aceptación por la comunidad ya que ha tenido comentarios positivos en cuanto al funcionamiento (Susdrain, 2021).



REFERENTE 04

Figura 2.40 Sección de un alcorque inundable.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2.41 Entrada de escorrentía a jardines en la Av. 12 de abril.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2.42 Propuesta de jardín con muro de piedra como filtro 1.



Fuente: Elaboración propia

2.19. Referente 03.

- Construcción de jardines de lluvia.
- Ubicación: Ciudad de Cuenca - 12 de Abril
- Año: 2021
- Área: 300 m² Aproximadamente.
- Autores: Municipio de Cuenca.

2.19.1. Problemática.

Específicamente casos de estudios nacionales construidos que traten sobre la implementación de los jardines de lluvia con objetivos de investigación no existen para su respectivo análisis en cuanto a cálculos o su diseño respectivo.

Recientemente se han implementado o readecuado los espacios verdes de la medianera en la Av. 12 de abril dentro de la ciudad de Cuenca, esta propuesta conceptual trata de aprovechar el recurso hídrico de las precipitaciones recaudadas en la calzada y dirigida hacia estas áreas que funcionan como jardines de lluvia, se deduce que el objetivo de esta propuesta es también el mejorar

el espacio público con impacto paisajístico. Sin embargo, estas propuestas en esta avenida están dadas de una manera empírica (Figura 2.40).

La entrada de la escorrentía se da mediante la ruptura de los bordillos de hormigón hacia cada jardín y en donde se puede apreciar la vegetación plantada que aprovechará el recurso hídrico (Figura 2.41).

Dentro del campus central de la Universidad de Cuenca, de la misma manera algunos de los espacios verdes se han readecuado para que aprovechen las precipitaciones recolectadas en las áreas impermeables, en donde se puede observar una vegetación variada, así como también el detalle de la franja de piedras alrededor que tiene la función de recolectar la basura (hojas, residuos plásticos) para que no acceda al interior del jardín (Figura 2.42 y 2.43).

También podemos encontrar propuestas más enfocadas al diseño arquitectónico y que están relacionadas también con los jardines de lluvia que aprovechan las precipitaciones (Figura 2.44). En

este caso en particular podemos rescatar el uso de bancas de concreto, el uso de las placas de hormigón como un detalle de un suelo permeable que potencializa el fin que tienen los jardines que están anexos y que en conjunto sirven como espacios de estancia para las personas que lo requieran y las cuales pueden disfrutar de un entorno paisajístico.

Los casos de estudio nacionales presentados, si bien no partieron con un análisis profundo para su respectiva propuesta, estos básicamente están relacionados con la esencia de un sistema de bioretención o infiltración en cuanto al aprovechamiento hídrico y como una infraestructura que potencializa el entorno natural por sus beneficios paisajísticos, así como disminuye el impacto del crecimiento urbano.

Figura 2.43 Propuesta de jardín con muro de piedra como filtro 2.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2.44 Propuesta de jardín con diseño arquitectónico.



Fuente: Elaboración propia

2.20. Criterios que establezcan el diseño de los jardines de agua lluvia.

En este apartado se expondrán criterios para un correcto dimensionamiento de los jardines de lluvia incorporándolos al paisaje urbano. Es indispensable identificar condicionantes urbanos y físicos que admitirá la técnica más adecuada. La tipología urbana también será un condicionante clave para determinar un proceso adecuado a los niveles de escorrentías como un criterio de diseño que se ajuste a la diversidad urbana.

2.20.1. Normativa.

Para un correcto diseño de estos jardines de lluvia implementando sistemas urbanos de drenajes sostenibles (Suds) es necesario establecer lineamientos legales o normas dadas por el país o región, para regular su intervención en el espacio público. La normativa considera lineamientos para desarrollos urbanos ya planteados, así como para los futuros desarrollos que se planifiquen en la urbe. Además, la reglamentación podría incluir incentivos y/o obligaciones para los diferentes ac-

tores asociados a los Suds, para difundir e impulsar su ejecución en el área urbana. (Universidad de los Andes, 2017).

2.20.2. Clima.

El clima es un factor muy importante para el diseño de un jardín de lluvia, puesto que se necesita determinar y analizar dentro del área de estudio por la influencia que tiene al momento de la propuesta. Este factor nos indica los rangos de temperatura según del lugar, humedad relativa, precipitaciones, soleamiento, la dirección y velocidad del viento, estos los parámetros más importantes (Martinez, 2012).

Aparte de los parámetros del clima analizados en la región, existen los microclimas los cuales son condiciones ambientales particulares que se dan en una zona definida y estos están determinados por diferentes circunstancias o elementos naturales o artificiales que son propias del lugar. Si existen construcciones anexas al área verde se está protegido de los vientos o en otro caso si existe vegetación como los árboles hay sombra parcial, cir-

cunstancias con las cuales se modifican los microclimas de la zona.

Conocer el tipo de clima nos ayuda a la elección de la vegetación a implementar dentro de los jardines de lluvia, puesto que al conocer sus parámetros determinamos si necesitamos especies que sean resistentes a las sequías o por el contrario especies resistentes al exceso de agua, este punto analizando ya que los jardines de lluvia tendrán periodos de lluvia y sequía según la zona. Otro punto importante de conocer el clima de la zona es conocer los rangos de precipitaciones que recibe el área de estudio, dato que nos permite determinar el caudal de agua lluvia que se recogen de las áreas de captación con lo que se realiza el pre-dimensionamiento y diseño de los jardines de lluvia.

2.20.3. Topografía.

Estos factores topográficos son indispensables conocerlos puesto que, dentro de este conjunto abarcan múltiples circunstancias de tipo físico, así como la ubicación de la calzada correspondiente al terreno natural o área de estudio, la tipología

del relieve, y la disposición de las pendientes en referencia a la vía o a una construcción existente (Alvarez Jaime, 2013), en conclusión conocer la topografía es una herramienta para poder entender las direcciones de los flujos de escorrentías pluviales y sus puntos de descarga.

2.20.4. Uso del suelo urbano.

Según PDOT del cantón Cuenca (2015), establece una serie de normas a seguir para un correcto desarrollo urbanístico. El documento “pretende lograr una adecuada distribución de las actividades en las diferentes categorías de ordenación para evitar problemas de funcionalidad, innecesario fraccionamiento del suelo, y utilizar de mejor manera las características de cada categoría” de manera que, exista una relación arquitectónica.

- Usos principales: comercio, servicios generales y vivienda.
- Usos complementarios.
- Usos compatibles.

2.20.5. Geología.

El estudio del suelo previo al diseño de los jardines también tiene su importancia, en donde se analiza características como su textura, profundidad, capacidad de infiltración, riqueza en nutrientes, riqueza en humus, ph, salinidad y contenido de caliza.

Aspectos necesarios a conocer para el diseño y plantación de vegetación dentro del jardín dependiendo de la alcalinidad o acidez que tiene el suelo, parámetro que se mide en un rango de 1 a 14. De 1 a 3 es acida, de 4 a 6 es la tierra con mayores condiciones, 7 es neutra y de 8 a 14 es alcalina, este parámetro está influenciado también por la existencia del tipo de rocas, la presencia de rocas ígneas o arenosas producen una tierra ácida mientras que por lo contrario la roca caliza produce una tierra alcalina (Martinez, 2012).

La tierra con alta presencia de barro no permite la infiltración del agua, por lo tanto, el aprovechamiento del líquido por parte de la vegetación se ve reducida, mientras que en tierra con exceso de

arena permite la infiltración por estar conformado por partículas grandes, pero está al drenar de forma excesiva, los nutrientes que están en el suelo son lavados lo que conlleva a una tierra infértil, es por ello que se necesita que el suelo contenga una mezcla considerable de las dos partes. La permeabilidad del suelo está condicionada por la capacidad de infiltración que tiene el mismo, el coeficiente de infiltración mide la velocidad de infiltración en el suelo de un volumen de agua determinado.

En cuanto a su composición, la tierra con mejores condiciones está compuesta por una mezcla de arena, barro y con altos contenidos de materia orgánica y una manera de comprobar de forma visual es la prueba del puño. Se toma del suelo una cantidad con la mano y luego se aprieta, si esta se desprende por si sola es buena y si queda comprimida tiene exceso de arcilla misma que no es tan apta, la tierra buena es de color oscuro y olor dulce (Martinez, 2012).

2.20.6. Infraestructura existente.

Existen múltiples condiciones e infraestructura urbana que pueden afectar a los sistemas urbanos de drenajes sostenible (SUDS), por ello, es indispensable conocer y tomar en cuenta tales redes como las infraestructuras existentes (Viviendas, edificios, parques o sitios de recreación), Redes de colectores municipales (eléctricas, alcantarillado, agua potable) y puntos de revisión (cajas de revisión). De manera que, estos sistemas puedan ser identificados de forma temprana y se pueda seleccionar las técnicas más adecuadas para cada caso (de la Fuente et al., 2021).

2.20.7. Fórmulas para el diseño y dimensionamiento.

La orientación hacia el diseño de sistemas de bioretención (jardines de lluvia): que son depresiones poco profundas que permiten a la escorrentía estancarse temporalmente hasta filtrarse en el suelo y la absorción de la vegetación. Estos sistemas encargados en gestionar una determinada cantidad de agua reduciendo los volúmenes de escorrentía del sitio y con ello eventos de inundaciones.

Por ello es muy importante dentro del diseño y dimensionamiento enfocarse en la cantidad de escorrentía en el suelo para tener un control sobre el agua y con ello mantener y proteger su ciclo natural. Se debe analizar las precipitaciones que caen en la zona y con ello determinar el volumen de escorrentía acumulada en las áreas impermeables para posteriormente proceder al cálculo de área requerida de superficie para los jardines mediante ecuaciones propuestas en los manuales de diseño de los sistemas Suds.

Ecuación para el cálculo del área de superficie requerida.

AF= (VT.L)/(K(h+L)t)

- AF= Área superficial del lecho filtrante (m²)
- Vt= Volumen de agua a tratar (m³), Para un evento de lluvia.
- L = Profundidad del lecho del filtro
- K = Coeficiente de permeabilidad del medio filtrante para el agua.
- h = Altura promedio del agua sobre el lecho del filtro (la mitad de la altura máxima) (m)
- t = Tiempo requerido para que el volumen de tratamiento de calidad de agua se filtre a través del lecho. (s)

Ecuación para el cálculo de caudal mediante el método racional.

$$Q=(A.I.C)/360$$

- Q= Caudal en metros cúbicos por segundo (m³/s)
- A= Superficie de la cuenca en hectáreas (ha)
- I= Intensidad de lluvia en milímetros por hora (mm/h)
- C= Coeficiente de escorrentía - adimensional.

Ecuación para el cálculo de volumen de escorrentía.

$$Vt=(E.I.C.t.k)$$

- Vt= Volumen total (m³)
- E= Escorrentia (m³)
- I= Intensidad de lluvia (mm/h)
- C= Coeficiente de escorrentía
- t= Duración del evento de lluvia.
- k= Coeficiente de permeabilidad del lecho filtrante.

2.20.8. Tipología de la vegetación.

De acuerdo con de la Fuente et al. (2021), señala que los sistemas urbanos de drenaje sostenibles se acostumbran a implementarse en lugares impermeabilizados, como alternativa de infraestructura verde a los sistemas de drenaje convencionales. Por tanto, tiene un impacto en la biodiversidad de forma positiva, facilitando zonas verdes preexistentes donde la continuidad a la vegetación presente no se altere en lo posible al ecosistema. Con relación a los diferentes tipos de cobertura vegetal es indispensable que la vegetación sea autóctona y preferiblemente que contenga una gran capacidad de drenaje, puesto que será más resistente a las condiciones climáticas de la zona, además no existe una regla o parámetro que indique cuál debería ser su composición, posibilidades y combinaciones para su implementación.

2.21. Conclusiones específicas

1. Con el crecimiento constante de las urbes, las superficies permeables han aumentado notoriamente lo que produce efectos negativos como el crecimiento de la escorrentía en zonas con altos rangos de precipitaciones, lo que provoca inundaciones en determinadas áreas.
2. La ciudad de Cuenca presenta un rango de precipitaciones de 750 mm a 1250 mm por año por lo cual es necesario implementar estrategias que aprovechen el recurso hídrico para diferentes usos beneficiando a la sociedad y a la urbe.
3. El ciclo hídrico es un proceso muy importante para vida humana y de las especies en general, de manera que al ser alterado por el crecimiento de superficies impermeables se altera el clima provocando múltiples episodios de sequías, mayor radiación, y el aumento de humedad en el suelo, por lo tanto, al reforzar este ciclo hidrológico permite regular el cambio climático e incrementar

los beneficios que nos brinda la naturaleza.

4. La captación de agua lluvia que se ha venido realizando desde tiempos antiguos con diferentes técnicas y sistemas, ha sido de vital importancia puesto que se la ha destinado para el consumo humano y el cultivo principalmente, hoy en día también se la capta para usos industriales y servicios higiénicos.
5. Los sistemas de biorretención ayuda a que el recurso hídrico en forma de escorrentía no se contamine al evacuarse en las alcantarillas de forma directa y posteriormente termina en los ríos contaminando aún más, por esta razón estos sistemas ayudan a restablecer el ciclo hídrico mediante la vegetación que cumple diferentes procesos físicos y químicos.
6. Mediante esta investigación se pudo determinar que los sistemas urbanos de drenaje sostenible Suds, son excelentes alternativas para gestionar, mitigar y mejorar de una manera viable las escorrentías superficiales, el empleo de estos sistemas se está genera-

lizando en todo el mundo de manera que, las investigaciones son cada vez más profundas, realizando monitoreos para observar su comportamiento a largo plazo con el objetivo de seguir mejorando este sistema y demostrar que son factibles y funcionales para el espacio urbano.

7. Para obtener una metodología y proponer un sistema de biorretención acorde a las necesidades del espacio urbano, se revisaron diferentes manuales de construcción de jardines de lluvia, pero se puso énfasis en uno de ellos denominado manual Siria, se escogió este manual por que cumple con las diferentes características de implantación acordes a un espacio abierto o urbano, y sobre todo fue realizado para las condiciones climáticas de Reino Unido que en su mayor parte del tiempo las precipitaciones y condiciones climáticas son aproximadas a la región de nuestro tramo de estudio, la ciudad de Cuenca que se encuentra en la región sierra, cuenta con un rango de precipitación anual acumulada de 750 a 1000

y 1000 a 1250 mm al año, con la presencia de dos estaciones lluviosas comprendidas entre los meses de marzo – abril y octubre – noviembre..

- 8. Los jardines de lluvia son una capa viva que aporta paisajísticamente al entorno en donde se los implanta por la diversidad de vegetación que se puede escoger dando prioridad a las especies autóctonas, cumpliendo con las necesidades requeridas del medio.

“Los arquitectos no inventan nada, solo transforman la realidad”

Alvaro Siza

CAPITULO 03

ANÁLISIS DE SITIO

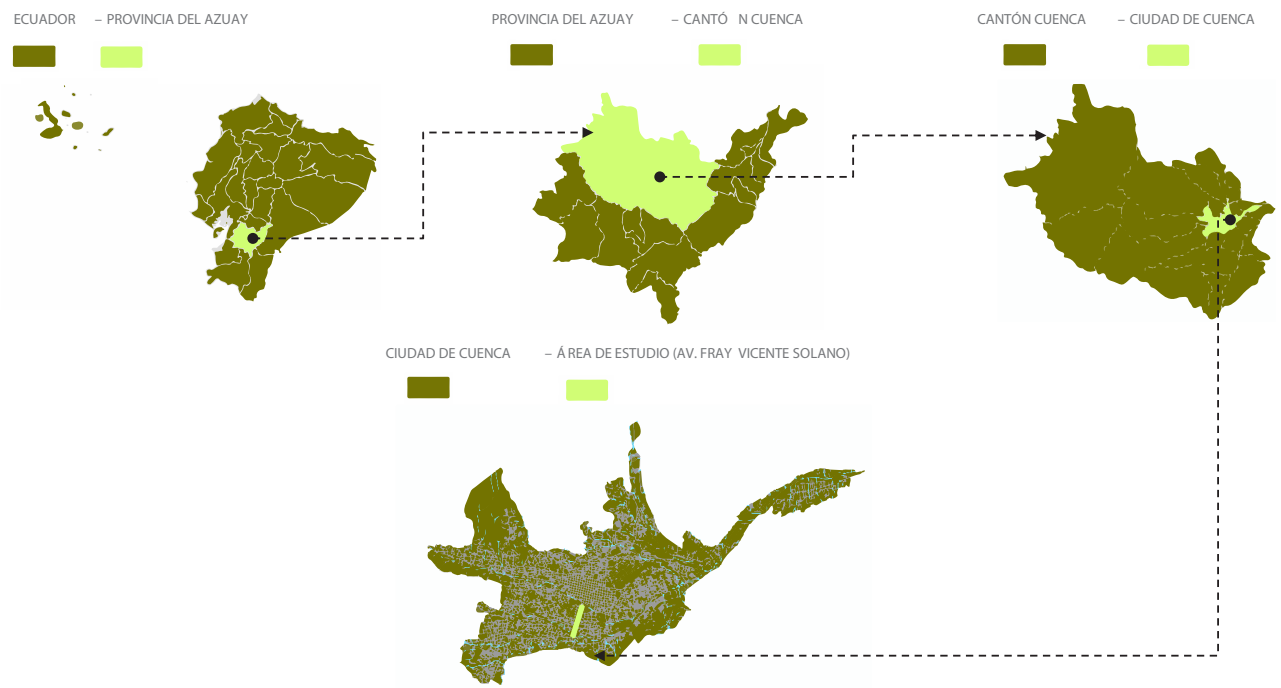


3.1. Análisis medio físico ambiental.

3.1.1. Ubicación.

El análisis del tramo de estudio implica la realización de una evaluación de campo en diferentes aspectos como: precipitaciones, clima, características del suelo, topografía, usos del suelo los cuales nos servirán en el desarrollo de la propuesta del modelo de jardín de agua lluvia. El área de estudio está ubicada en la provincia del Azuay, dentro del cantón Cuenca, específicamente el tramo de la Av. Fray Vicente Solano que está comprendido con las intersecciones de las avenidas Remigio Crespo Toral y 27 de febrero (Figura 3.1).

Figura 3.1 Ubicación del área de estudio.



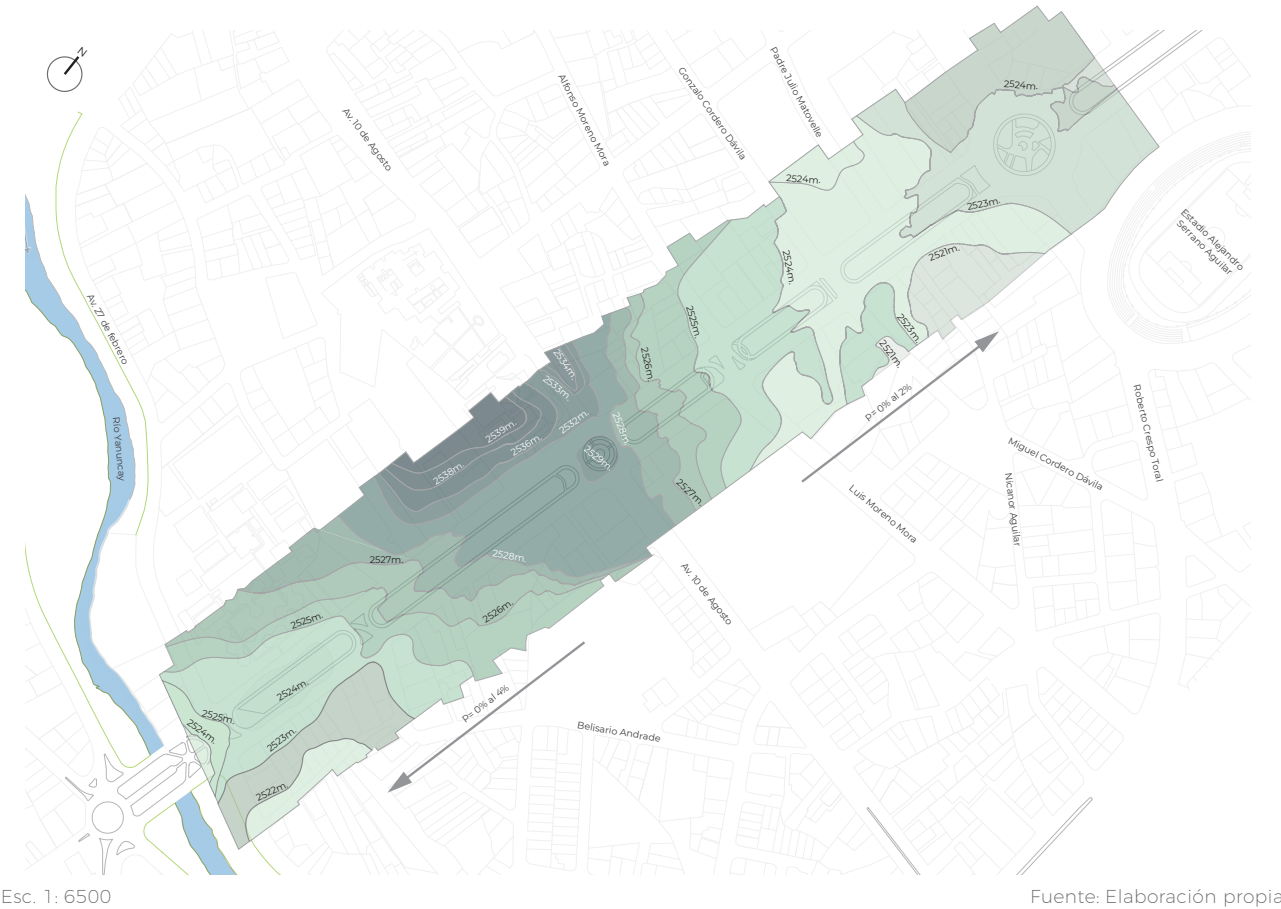
Fuente: Elaboración propia

3.2. Análisis medio físico ambiental.

3.2.1. Topografía.

La topografía predominante del tramo de estudio se ubica en la Av. Fray Vicente Solano delimitada por las Ave. Remigio Crespo Toral y 27 de Febrero, correspondientes a una altitud media de 2525 msnm, por tanto, la zona de estudio contempla terrenos con una leve inclinación como se observa en la (Figura 3.2), en el tramo de estudio comprendido entre la Av. 10 de Agosto y 27 de Febrero, existen ligeras variaciones en las pendientes entre el 0% - 4%, que disminuyen a medida que se proyecta hacia el río Yanuncay, mientras que en el tramo de la Av. 10 de agosto y Remigio Crespo Toral, las pendientes son contrarias y se encuentran entre el 0% - 2%, cave recalcar que la topografía para este tramo de estudio es una aproximación ortográfica, obtenida del departamento de catastro de ETAPA EP, de la ciudad Cuenca. Los límites del tramo de estudio, delimitan una forma geométrica irregular con un área aproximada de 11.108,19 m² y un perímetro de 1.703,15 m, correspondiente a la medianera vial comprendida a toda el área verde del tramo de estudio, destinado a la implementación de la propuesta de los jardines de lluvia.

Figura 3.2 Mapa topográfico de la Ave. Fray Vicente Solano.

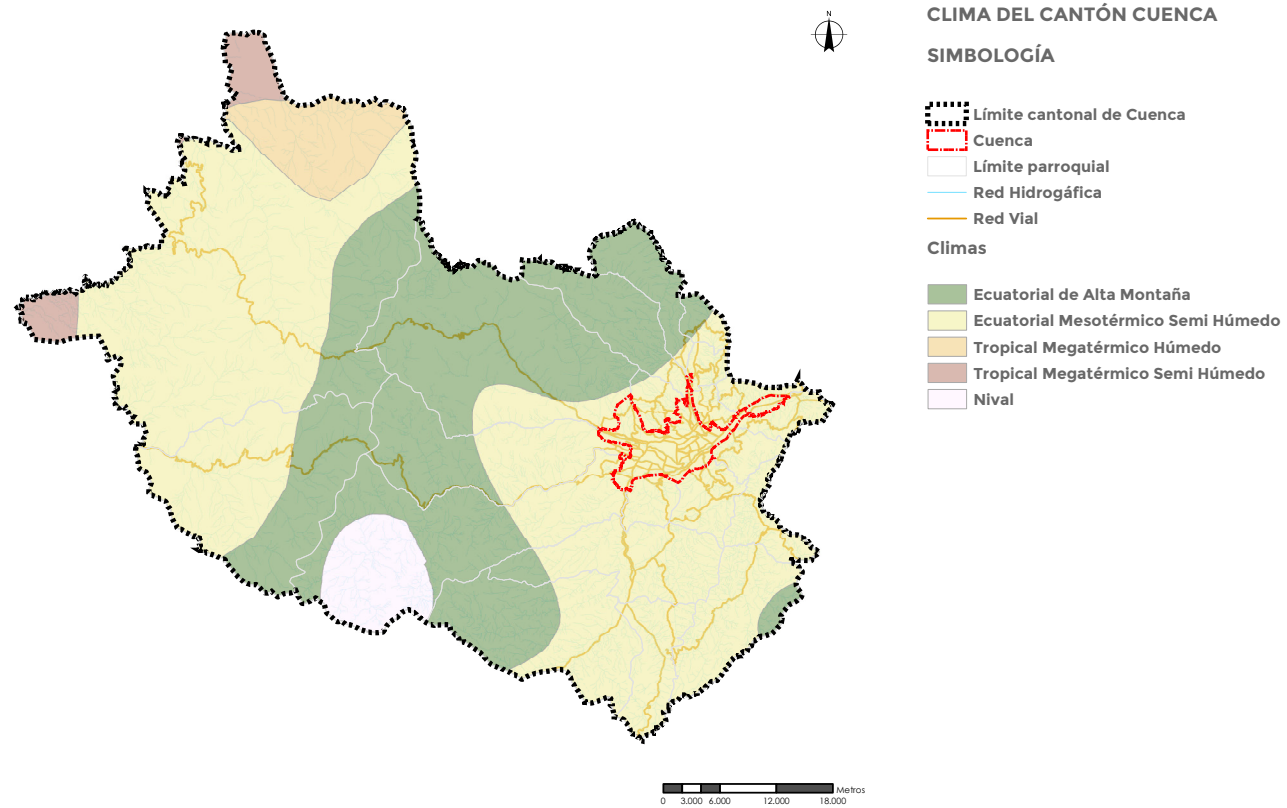


3.2.2. Clima.

La ubicación geográfica de Ecuador en América del Sur, sobre la línea ecuatorial la cual da nombre a nuestro país, se encuentra atravesado por la Cordillera de los Andes, el país se divide en cuatro regiones geográficas: Costa, Sierra, Oriente y Región Insular, que es el archipiélago con el que cuenta Ecuador, es por ello que se cuenta con una diversidad bioclimática dependiendo de la región en donde nos encontremos. Para la realización de esta tesis nos enfocamos en la región sierra donde se encuentra la ciudad de Cuenca y por lo tanto nuestra zona de estudio.

La región sierra que en su mayoría se encuentra constituida por la Cordillera de los Andes, está conformada por una serie de nevados, volcanes, cumbres, valles y páramos alto andinos donde nacen los principales sistemas hidrológicos, esta región se extiende desde el río Carchi al norte hasta el río Macará al sur, posee una extensión de 800 km de longitud y 100- 200 km en su ancho aproximadamente. Esta región tiene un clima tropical semi-húmedo en zonas con transición al litoral y

Figura 3.3 Clima del cantón Cuenca.



Esc. 1: 530.000

Fuente: Elaboración propia

Amazonía, templado semi-húmedo a húmedo en la zona interandina, frío de alta montaña en los páramos sobre los 3000m de altitud y cálido y seco en los valles interandinos (Valera L. & Ron S., 2020).

La provincia del Azuay por factores como su ubicación, altitud y la influencia del régimen amazónico o del Pacífico, tiene un clima variado con 7 tipos dentro de la provincia donde el predominante con el 50% de la superficie total es el Ecuatorial Mesotérmico Semi Húmedo (Figura 3.3) (Azuay, 2015).

Enfocándonos en la ciudad de Cuenca se encuentra dentro de un callejón interandino puede recibir influencia de la Costa o del Oriente, esto dependiendo en donde desemboquen los sistemas hidrológicos, que en caso de Cuenca es hacia el Oriente por lo que el clima tiende a presentar variaciones térmicas y de humedad atmosférica (Cordeiro & Guillen, 2013).

3.2.2.1. Temperatura.

De acuerdo con Neira (2015), la temperatura es el grado térmico de un cuerpo o del ambiente, donde se mide la energía solar que está retenida en el aire en un momento específico donde se expresa el nivel de calor o frío, esta magnitud que se mide en diferentes unidades pero en nuestro país se determina en grados centígrados (°C).

El rango de las temperaturas de una región están relacionadas con la altitud, esto por el denominado gradiente térmico que indica la variación de temperatura por la unidad de distancia, varía un aproximado de 5°C por cada 1000 m de altura que aumente o disminuya desde un punto específico (Valera L. & Ron S., 2020).

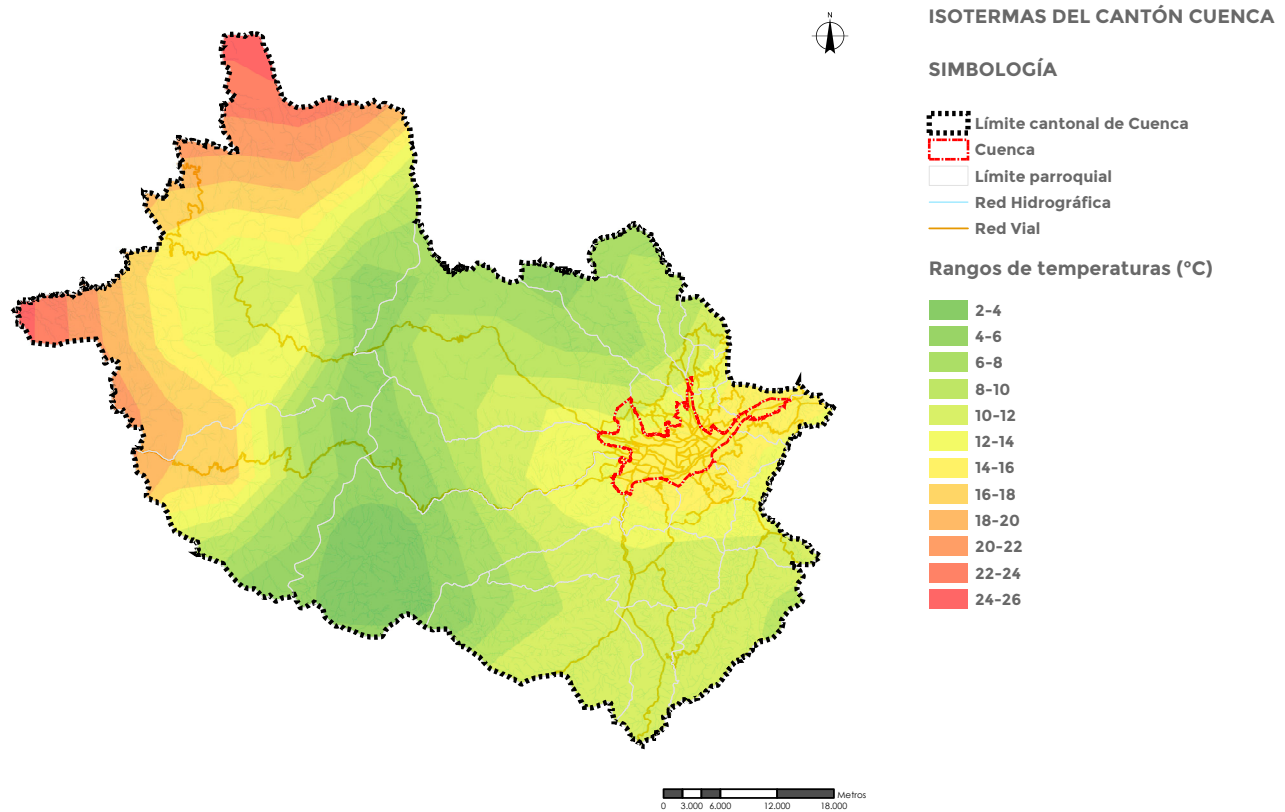
Desde esta perspectiva Cordero & Guillen (2013), menciona que la temperatura media en la ciudad de Cuenca está en un promedio de 16,3 °C, con una amplitud térmica anual de 2,7 °C, es decir la temperatura media puede estar entre un rango de 14 °C hasta los 18 °C, con lo que se deduce que es prácticamente constante, el rango de tempera-

turas más bajas están entre los meses de junio a septiembre y por lo contrario las temperaturas más altas están entre los meses de diciembre a enero (Figura 3.4).

Analizando información de la Base Meteorológica del Aeropuerto “Mariscal Lamar”, datos que precisamente se encontraron en tesis anteriormente realizadas. En cuanto a las temperaturas medias más altas y bajas en determinados periodos comprendidos entre el año 1977 al 2014 se determina que la temperatura promedio más baja es de 13,7°C y la más alta es de 18,5°C.

De acuerdo con el SNI (Sistema Nacional de Información), las temperaturas medias que se han registrado en la ciudad, se determina que está en un rango comprendido entre los 12°C y los 16° C.

Figura 3.4 Isotermas del cantón Cuenca.



Esc. 1: 530,000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.1 Humedad relativa del cantón Cuenca.

ANÁLISIS DE LA HUMEDAD RELATIVA MEDIA MÁS ALTA Y MÁS BAJA EN PERIODOS				
Periodo	Menor Temperatura	Mes / Año	Mayor Temperatura	Mes / Año
1977-1987	54%	Enero / 1979	72%	Abril / 1982
1988-1998	55%	Agosto / 1992	73%	Abril / 1988
1999-2009	53%	Noviembre / 2005	76%	Mayo / 1999

Fuente: (Base Meteorológica del Aeropuerto Maris. La Mar, 2022)

3.2.2.2. Humedad.

Factor del clima que indica la cantidad de vapor de agua que se encuentra contenido en el aire y está estrechamente relacionado con la temperatura ya que si esta es alta la cantidad de vapor de agua contenida en el aire es mayor y por lo contrario el aire frío no es capaz de adquirir tanta humedad. La humedad relativa es la capacidad de almacenamiento del aire para el almacenamiento del agua y está depende del punto de saturación y una temperatura determinada.

De acuerdo con Cordero & Guillen (2013), La humedad relativa dentro de Cuenca no presenta grandes variaciones y es casi constante, presenta un promedio de 64,9%, los valores más altos registrados están en los meses de marzo y mayo, los valores mínimos que se registraron están en el mes de agosto.

Analizando información en relación a la humedad relativa en la ciudad de Cuenca, datos proporcionados por la Base Meteorológica del Ae-

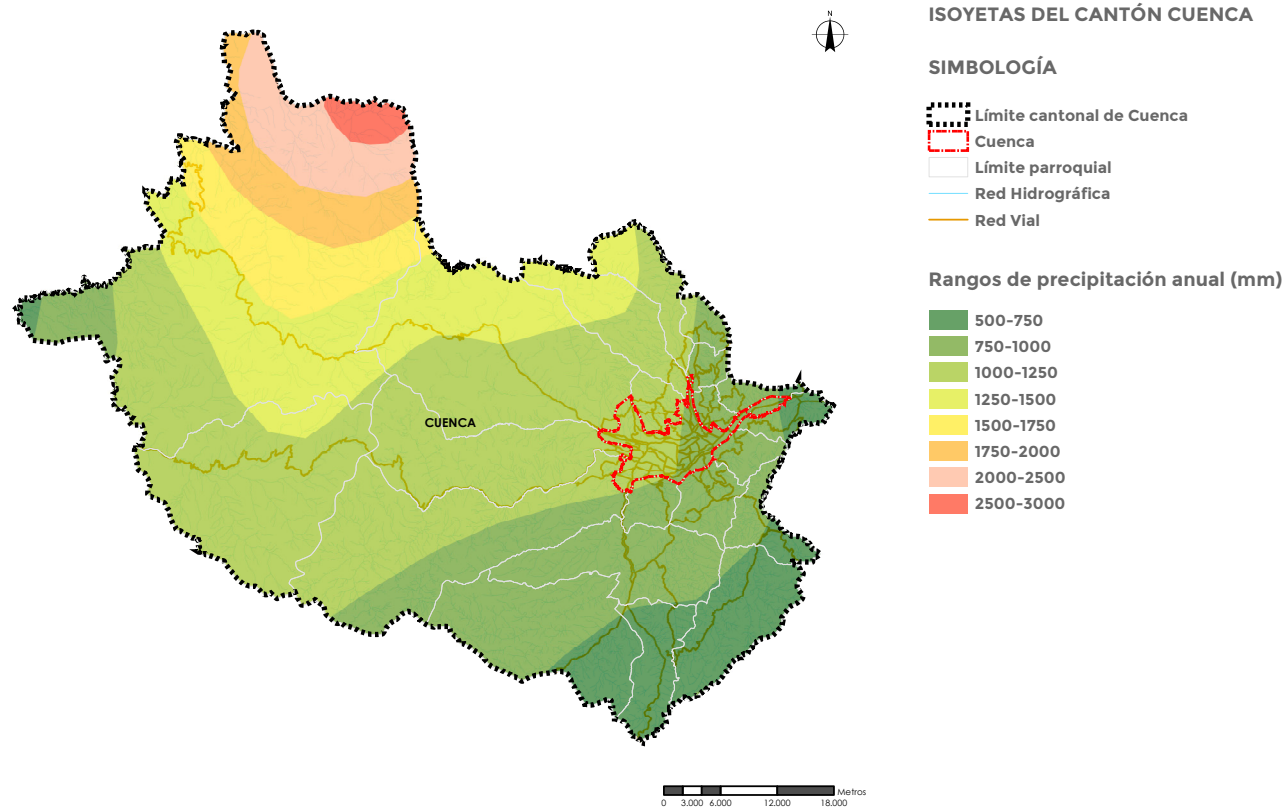
ropuerto “Mariscal Lamar”, se encuentra que la humedad relativa está entre un rango de 53% como mínimo y de 76% como máxima (Tabla 3.1).

3.2.2.3. Precipitaciones.

Como expresa Neira (2015), las precipitaciones es la cantidad de agua que cae en forma de lluvia, nieve o granizo que proviene de la atmósfera en una determinada superficie, para medir las precipitaciones se lo realiza en (mm/m²), lo cual se deduce en la cantidad de agua en un milímetros que cae en un área determinada de 1 m², un milímetro equivale a un litro.

De acuerdo con Valera L. & Ron S. (2020), la región sierra registra dos estaciones lluviosas que están entre marzo – abril y octubre – noviembre con un rango de precipitaciones de 800 mm a 1500 mm, esto se da por la influencia alternada de masas de aire oceánicas y amazónicas y de la oscilación de la zona de Convergencia Tropical.

Figura 3.5 Isoyetas del cantón Cuenca.



Esc. 1: 530.000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.2 Precipitaciones mensuales- Cuenca 2000 - 2022.

REGISTRO HISTÓRICO DE PLUVIOSIDAD EN (mm) - AEROPUERTO MARISCAL LA MAR - CUENCA												
	LATITUD: 02°53,2 S'				LONGITUD: 79°53,0 W				ALTURA: 2525 m			
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABRI	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2000	29,4	124,7	80,3	127,7	161,1	56,5	21,5	18,8	179,9	15,4	13,2	61,3
2001	91,2	42,9	129,8	58,8	51,4	38,3	9,4	13,9	67,1	24,3	73,4	62,1
2002	37,1	15,6	85,4	122,7	78,8	24,8	36,0	17,9	9,1	144,0	124,6	145,6
2003	28,3	38,5	92,9	133,2	53,3	44,6	27,1	6,5	83,1	53,8	138,9	76,5
2004	40,1	105,2	37,9	111,1	66,2	19,2	36,8	4,8	83,2	43,5	137,3	78,1
2005	60,4	115,8	224,1	122,8	56,6	70,2	11,8	7,4	5,2	149,7	33,1	225,2
2006	44,7	78,8	101,5	141,7	31,7	57,6	20,8	23,9	29,6	37,7	94,5	97,1
2007	55,8	28,5	154,6	199,4	59,2	94,7	12,5	34,2	23,4	62,1	101,4	94,0
2008	44,5	174,4	124,9	169,3	162,6	44,0	18,0	42,3	49,4	107,2	91,6	53,0
2009	90,3	33,9	126,3	146,1	62,3	56,5	7,1	6,8	16,0	20,3	58,3	93,1
2010	13,5	102,4	71,4	144,4	89,5	96,9	88,6	18,4	44,4	27,6	88,6	133,4
2011	35,9	134,3	114,9	206,4	55,4	65,2	63,0	16,7	61,9	110,0	114,6	110,5
2012	186,9	147,5	137,2	104,5	44,6	36,7	15,6	8,0	38,5	88,6	86,8	43,5
2013	116,8	68,4	54,9	21,1	136,5	35,2	30,0	73,0	14,7	135,0	20,0	24,3
2014	83,5	67,1	143,1	93,1	139,2	33,3	36,2	12,5	27,6	95,7	92,6	26,2
2015	133,4	24,2	158,1	73,2	94,3	26,3	41,2	33,2	5,1	70,3	57,3	1,8
2016	78,0	31,4	155,5	171,2	67,4	64,3	14,5	12,5	78,6	78,4	86,7	115,3
2017	63,2	104,9	286,5	146,1	127,3	124,6	9,8	45,6	22,9	73,6	43,1	140,6
2018	79,8	50,7	59,2	82,9	107,7	22,1	8,2	17,6	39,2	63,2	256,6	38,7
2019	61,2	11,4	18,5	104,3	94,5	38,2	20,9	15,3	51,0	138,7	109,9	141,3
2020	52,7	99,0	104,5	219,5	54,0	18,2	44,4	41,8	70,0	46,9	69,1	94,1
2021	55,1	99,6	186,9	91,3	151,1	75,8	21,4	19,9	32,3	176,7	174,2	77,2
2022	41,2	66,9	89,3	112,7	80,5	63,0	-	-	-	-	-	-
PROM.	66,2	76,8	119,0	126,2	88,1	52,4	27,0	22,3	46,9	80,1	93,9	87,9

Fuente: (Inamhi – Estación meteorológica del aeropuerto Mariscal La Mar, 2022)

De acuerdo con información brindada por la estación meteorológica que se encuentra en el aeropuerto “Mariscal La Mar” dentro de la ciudad de Cuenca, la cual está dirigida por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), entidad encargada en nuestro país de la generación y difusión de información en relación a temas hidro - meteorológicos, misma que dispone de registros de precipitaciones acumuladas mensuales desde el año 1977, para esta tesis se analiza la información desde el año 2000 hasta la actualidad (Tabla 3.2).

Los rangos de precipitaciones anuales dentro de la ciudad de Cuenca están entre los 750 – 1000 mm y los 1000 - 1250 mm, como se observa los datos tabulados de las precipitaciones en cuanto a precipitaciones acumuladas anuales (Figura 3.5), (Tabla 3.3).

3.2.2.4. Viento.

Elemento del clima en el cual se analiza la circulación o movimiento del aire de un lugar a otro, del viento se analizan factores como su dirección, frecuencia y la velocidad que este tiene (Cordero & Guillen, 2013).

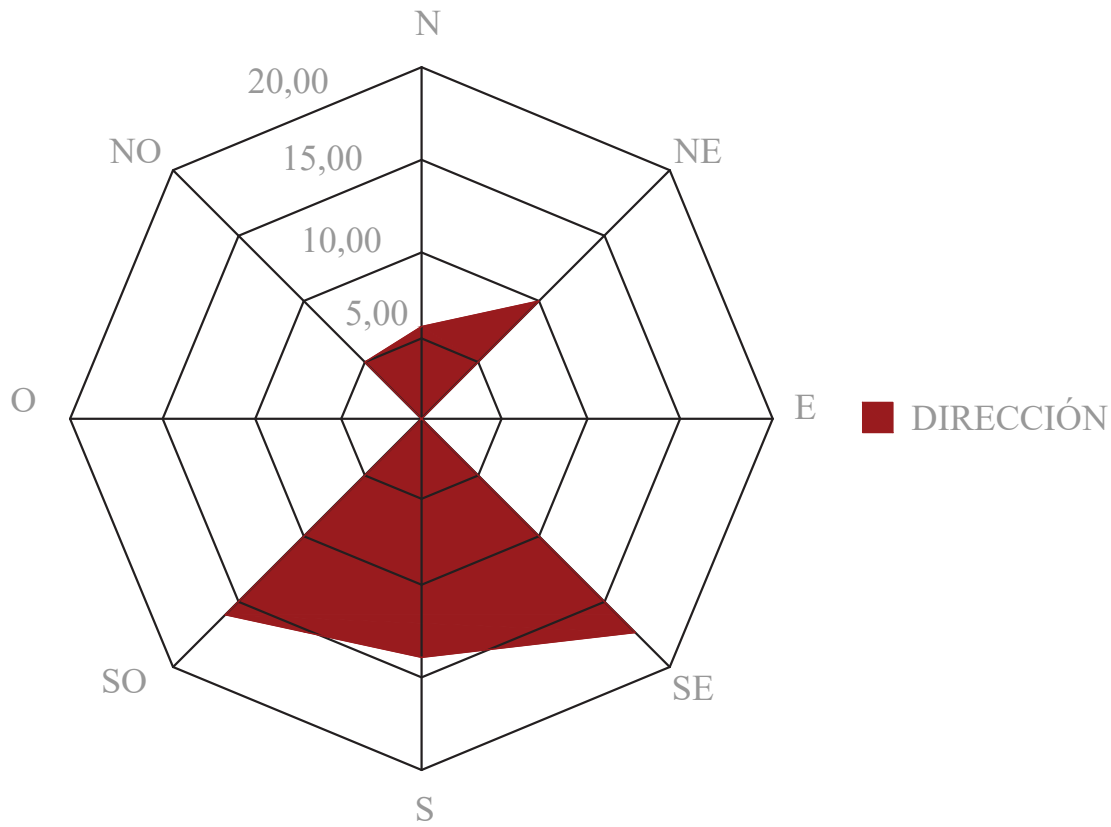
De acuerdo con Pesántes (2012), la dirección predominante del viento en la ciudad de Cuenca es en la dirección de sur – este y sur – oeste durante todo el año, con una velocidad media entre los 9 y 11 km/h (Figura 3.6).

Tabla 3.3 Precipitaciones acumuladas - Cuenca 2000 - 2022.

AÑO	SUMATORIA	PROMEDIO.	MAX. AB	MIN. AB
2000	889,8	74,2	179,9	13,2
2001	662,6	55,2	129,8	9,4
2002	841,6	70,1	145,6	9,1
2003	776,7	64,7	138,9	6,5
2004	763,4	63,6	137,3	4,8
2005	1082,3	90,2	225,2	5,2
2006	759,6	63,3	141,7	20,8
2007	919,8	76,7	199,4	12,5
2008	1081,2	90,1	174,4	18,0
2009	717,0	59,8	146,1	6,8
2010	919,1	76,6	144,4	13,5
2011	1088,8	90,7	206,4	16,7
2012	938,4	78,2	186,9	8,0
2013	729,9	60,8	136,5	14,7
2014	850,1	70,8	143,1	12,5
2015	718,4	59,9	158,1	1,8
2016	953,8	79,5	171,2	12,5
2017	1188,2	99,0	286,5	9,8
2018	825,9	68,8	256,6	8,2
2019	805,2	67,1	141,3	11,4
2020	914,2	76,2	219,5	18,2
2021	1161,5	96,8	186,9	19,9
2022	453,6	37,8	112,7	0,0
PROM.	886,9	73,9	126,2	22,3

Fuente: (Inamhi – Estación meteorológica del aeropuerto Mariscal La Mar, 2022)

Figura 3.6 Dirección y velocidad del viento en Cuenca.



Fuente: (Pesantes, 2012)

Luego de analizar la información que trata sobre la dirección y velocidad de los vientos en Cuenca, datos proporcionados por la Base Meteorológica del Aeropuerto “Mariscal Lamar”, se determina que la menor velocidad del viento registrada es de 2 km/h y la máxima es de 19 km/h, esto comprendido en periodos tomados desde el año 1977 al 2014.cc.

3.2.3. Infraestructura existente (planos de instalaciones eléctricas, agua potable y alcantarillado).

Para un correcto diseño de los jardines de agua lluvia es importante conocer y tomar en cuenta la ubicación de las diferentes redes de infraestructuras urbanas que son proporcionadas por las empresas de servicio público (Etapa y Centrosur), que contienen información actualizada de la red de alcantarillado de la ciudad de Cuenca. De manera que, se pueda evitar intersecciones, inundaciones en las cajas de revisión o rupturas de tuberías al momento de su construcción de ser el caso. En conclusión, esta base de datos proporciona información detallada sobre las líneas eléctricas subterráneas, sistemas de red de agua potable y alcantarillado cómo se muestran en las (Figuras 3.7,3.9,3.10).

Figura 3.7 Plano de red de alcantarillado / Ave. Fray Vicente Solano.



Figura 3.8 Mapa del tipo de ocupación del suelo.



Tabla 3.4 Tipo de ocupación del suelo.

TIPO DE OCUPACIÓN DE SUELO		
# Manzana	Por observación	Por normativa
1	Mixta	Vivienda
2	Mixta	Vivienda
3	Mixta	Vivienda
4	Vivienda	Vivienda
5	Mixta	Vivienda
6	Comercio	Vivienda
7	Mixta	Vivienda
8	Vivienda	Comercio, servicios generales y vivienda
9	Comercio, servicios generales y vivienda	Comercio, servicios generales y vivienda
10	Comercio, servicios generales y vivienda	Vivienda
11	Comercio, servicios generales y vivienda	Vivienda
12	Comercio, servicios generales y vivienda	Vivienda
13	Equipamiento de educación	Comercio, servicios generales y vivienda
14	Vivienda	Vivienda
15	Vivienda	Vivienda

SIMBOLOGÍA	
[Verde claro]	Sector S-01
[Verde medio]	Sector S-02
[Verde oscuro]	Sector S-04
[Verde muy oscuro]	Sector S-10
[Verde muy oscuro]	Av. Fray Vicente Solano

3.2.4. Uso de suelo.

De acuerdo con el (PDOT del cantón Cuenca, 2015) menciona que la Av. Fray Vicente Solano está comprendida de los siguientes sectores de planeamiento urbano S-1, S-2, S-4 y S-10 (Tabla 3.4) con los siguientes usos de suelo asignados:

- Usos principales: comercio, servicios generales y vivienda.
- Usos complementarios.
- Usos compatibles.

Para el análisis de equipamientos del eje vial del tramo de estudio se revisó la respectiva normativa dada por la ordenanza correspondiente de la ciudad de Cuenca. Por lo tanto, se realizó una comparación entre la normativa de la ocupación del suelo y por observación llegando a determinar que en su gran mayoría sus usos principales son el comercio (Figura 3.8).

3.2.5. Normativa.

Una de las limitaciones más complejas para la implementación de los Jardines de Lluvia, consiste en establecer lineamientos o normas legales para reglamentar su intervención en el espacio público. Al mismo tiempo se puede incorporar la nueva alternativa de drenaje a los planes y programas, actuales y futuros, de planeación de la ciudad de Cuenca (Universidad de los Andes, 2017).

Según el Plan Nacional del Buen Vivir (2021), en este marco de modelo de gestión del verde urbano, señala el objetivo 5 “Construir espacios de encuentro común y fortalecer la identidad nacional, las identidades diversas, la plurinacionalidad y la interculturalidad” en este aspecto es evidentemente que el área verde de Cuenca, contribuye y fortalece el desarrollo social y cultural de los habitantes, al mismo tiempo al agregar estas áreas de estancia y áreas verdes se potencializa el paisaje urbano mejorando la calidad de vida de los habitantes, así lo menciona el objetivo 3 “Mejorar la calidad de vida de la población” debido a que más

Figura 3.9 Plano de red de agua potable / Ave. Fray Vicente Solano.

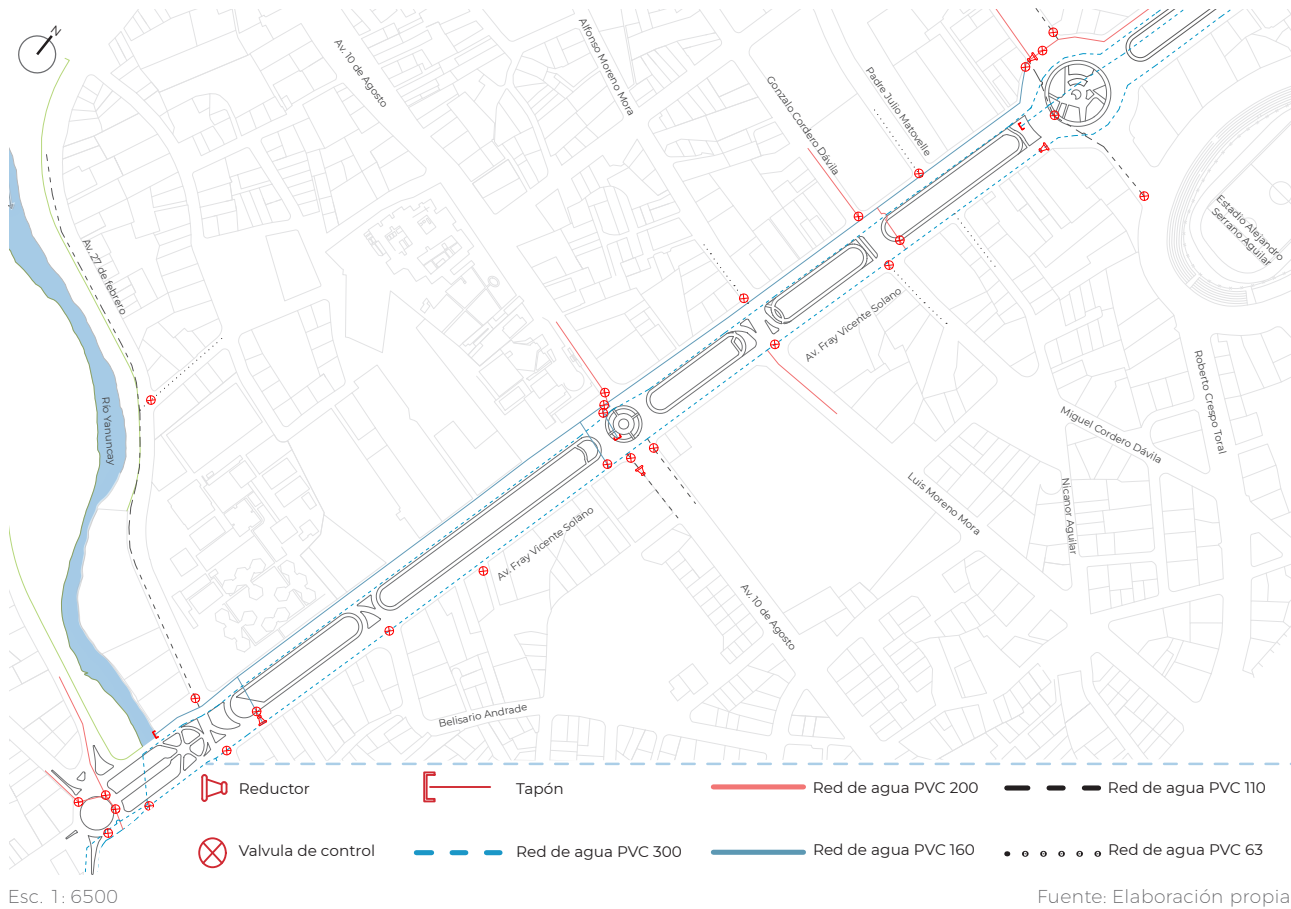
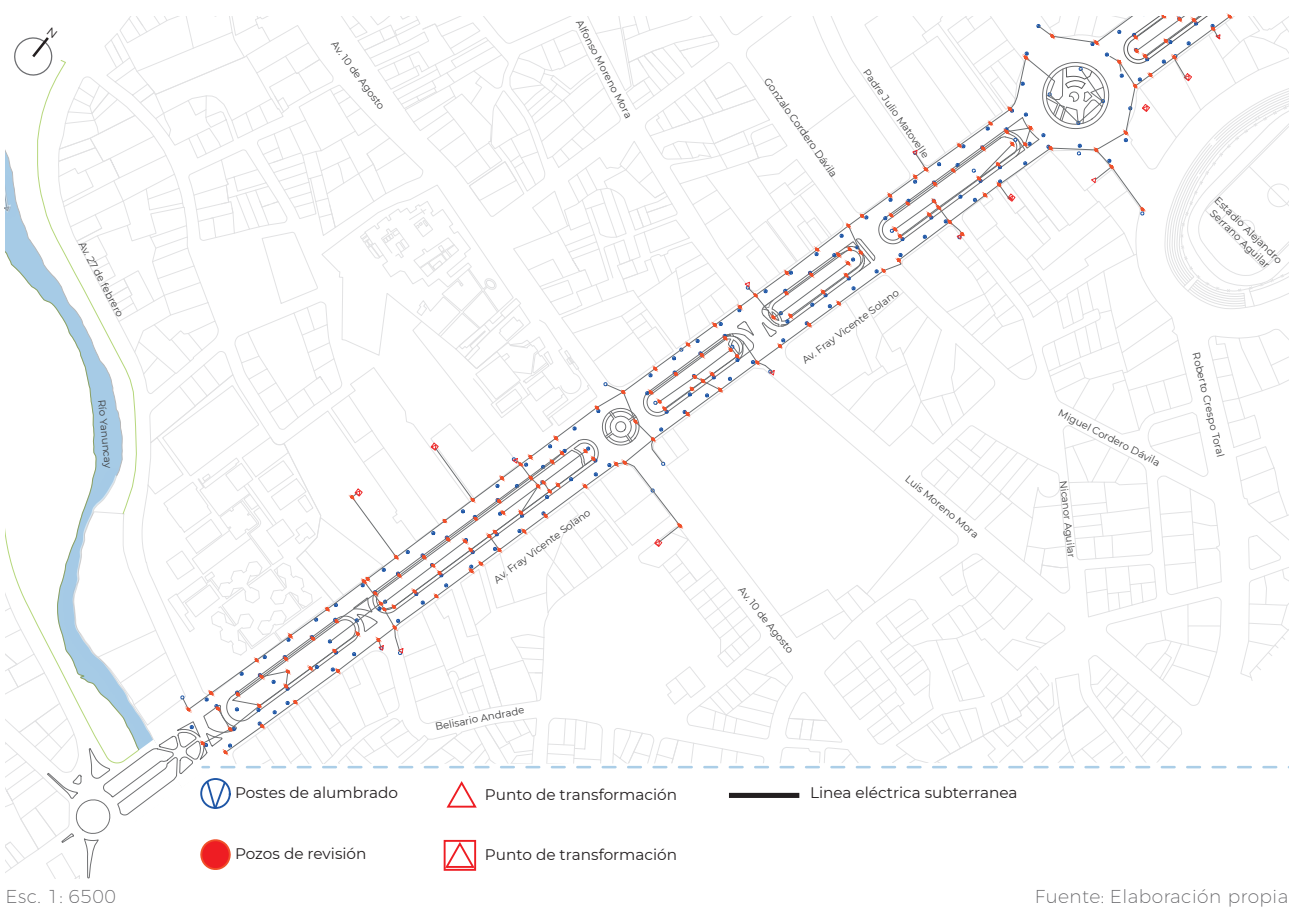


Figura 3.10 Plano de red eléctrica subterránea / Ave. Fray Vicente Solano.



del 50% de la población, presenta problemas de salud, entre otras causas, por el sedentarismo por falta de acceso a espacios públicos que son escasos y de baja calidad con insuficientes espacios verdes.

Actualmente, no existe una normativa legal que se refiera directamente a la implementación de Suds en el espacio urbano, por el contrario, existentes normas que se desarrollaron para el diseño de los sistemas de drenajes convencionales, este es el caso de Ecuador que por el momento mantiene la norma INEN 5 referente a las “NORMAS PARA EL ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES” (CPE INEN 5, 2012). Sin embargo, se adaptaron ciertos criterios al diseño de los sistemas urbanos de drenaje sostenible tales como:

- Cálculos del coeficiente de escorrentía (método racional).
- Cálculos de caudales.

Adicionalmente, de acuerdo con la Ordenanza de áreas verdes parques y jardines del cantón Cuenca (1992) menciona según el Art. 8.- Que cuando realicen obras, como aperturas de zanjas para canalizaciones, alcantarillado, construcción de bordillos, estos se construirán en los lugares que ocasionen menores daños posibles al arbolado y otras plantaciones de la vía pública. En todas las obras citadas será obligatoria la reposición de los árboles y plantaciones afectadas.

Es así, que cabe avalar lo estipulado en los artículos ya mencionados, que sirva como directriz para potencializar el área verde y sustraer ciertos criterios que se utilizaron para el diseño de los jardines de lluvia, por lo tanto se llevó a cabo entrevistas con el fin de dar a conocer si existen normas con referente al diseño de los jardines, se entrevistó a los directores de los diferentes departamentos que cubre la municipalidad de Cuenca tales como: Dirección y planificación (Arq. Leonel Chica), Dirección de áreas verdes de la EMAC (Arq. Nelson Díaz), Técnico del área de control históricas y patrimoniales (Arqueo. Pablo Vargas).

En conclusión, a la entrevista se determinó que hasta la presente fecha del desarrollo de esta investigación no existen ordenanzas, normas ni lineamientos que regulen estos sistemas urbanos de drenajes sostenibles en el campo urbano. Por ello, recomiendan que con el avance de investigaciones similares obliguen a los departamentos a fomentar instrumentos normativos que conjuntamente con dependencias institucionales apropiadas, se involucren de manera adecuada a todos los actores gubernamentales e institucionales que posean alguna responsabilidad con aspectos relacionados a la construcción, operación, monitoreo y mantenimiento de estos sistemas de drenaje sostenibles.

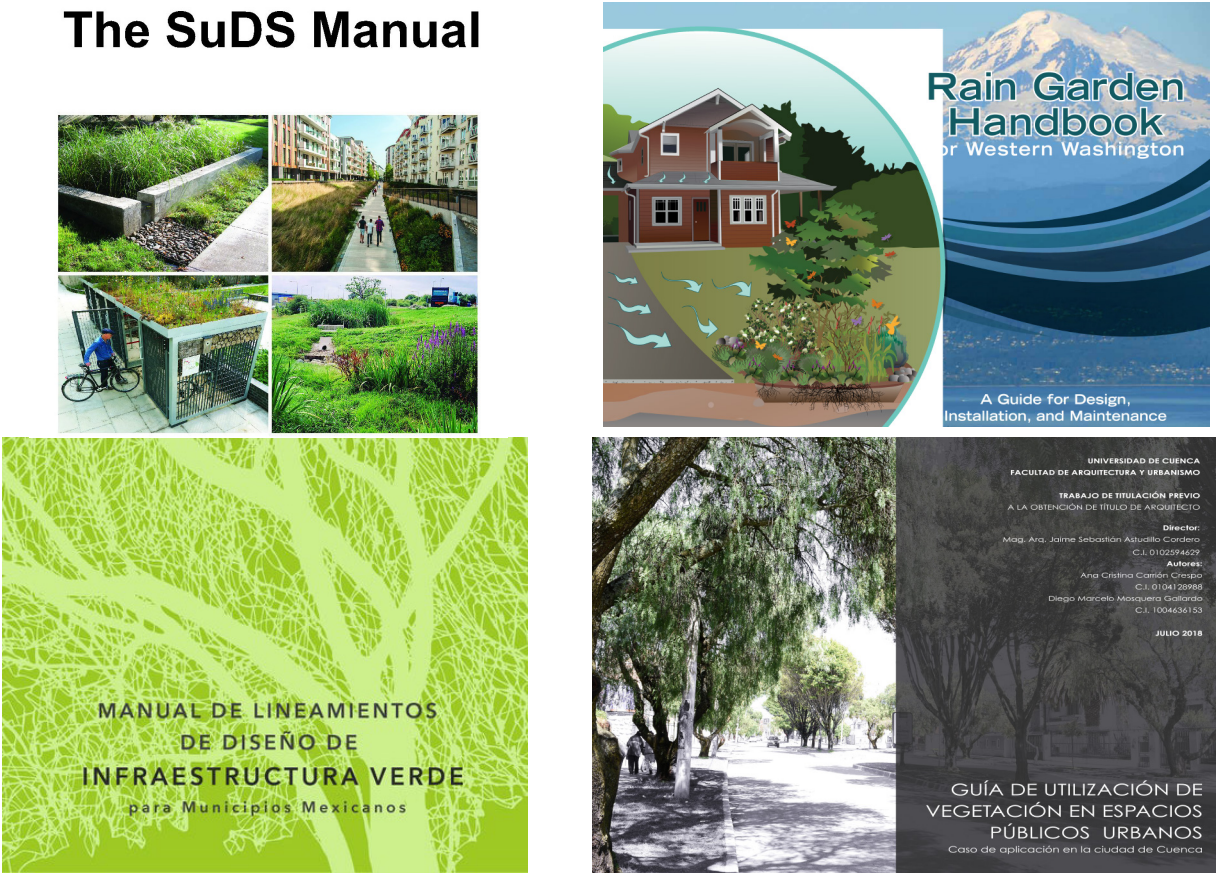
Por otra parte, para la presente tesis se adaptó lineamientos y criterios obtenidos de los manuales de diseño en el desarrollo de sistemas urbanos de drenaje sostenibles, para una mayor garantía en el desarrollo y funcionamiento de los sistemas. Este es el caso de "CIRIA, Suds manual" un manual que cubre con la planificación, el diseño, la construcción y el predimensionamiento según las condiciones climáticas de la zona. Además, este

manual es un resumen de las buenas prácticas, basado en orientación e investigación tanto en el Reino Unido como a nivel internacional y cumpliendo con los objetivos clave de la gestión de riesgo de inundación y calidad del agua (Ballard et al., 2015).

Para este, "Manual de lineamientos de diseño de infraestructura verde", se consideró información descriptiva y especificaciones necesarias que hace referencia a los criterios y parámetros para un correcto diseño de un jardín de lluvia. En principio se estudió la tipología de los Suds, sistemas estructurales y no estructurales, además se sustrajo parámetros para un correcto diseño tales como: medidas mínimas y máximas para los elementos que conforman el jardín, el proceso constructivo en el caso de hacerlo, y por último el mantenimiento del jardín en cuanto al riego (Implan, 2017).

De acuerdo con el "Manual rain garden handbook", menciona que para tener una buena infiltración se requiere determinar el tipo de suelo, por tanto, se estudió el tipo de suelo mediante dos pruebas de campo, prueba del puño que consiste

Figura 3.11 Manuales de construcción para jardines de lluvia.



Fuente: Elaboración propia

en determinar la composición y plasticidad del suelo y la prueba de infiltración que permite analizar la capacidad de agua infiltrada en el suelo (Figura 3.11) (Hinman, 2013).

Esta "Guía de utilización de vegetación en espacios públicos urbanos", nos resultó muy importante para determinar las características de las especies, lugares de plantación y clasificación de las mismas, permitiendo tener una concepción clara de los tipos de vegetación que se pueden usar en los espacios públicos de la ciudad de Cuenca (Carrión & Mosquera, 2018).

En resumen en ciertos casos estos manuales se designaron por la similitud que existe entre las dos zonas climáticas que son el Reino Unido y la ciudad de estudio (Cuenca – Ecuador) las cuales presentaron los mismos tipos de clima "clima templado lluvioso - Cfb, según Köppen" (Enriqueta García, 2018). Esto nos permite proponer de mejor manera un diseño más adaptativo a las condiciones climáticas que hace referencia este manual según sus lineamientos.

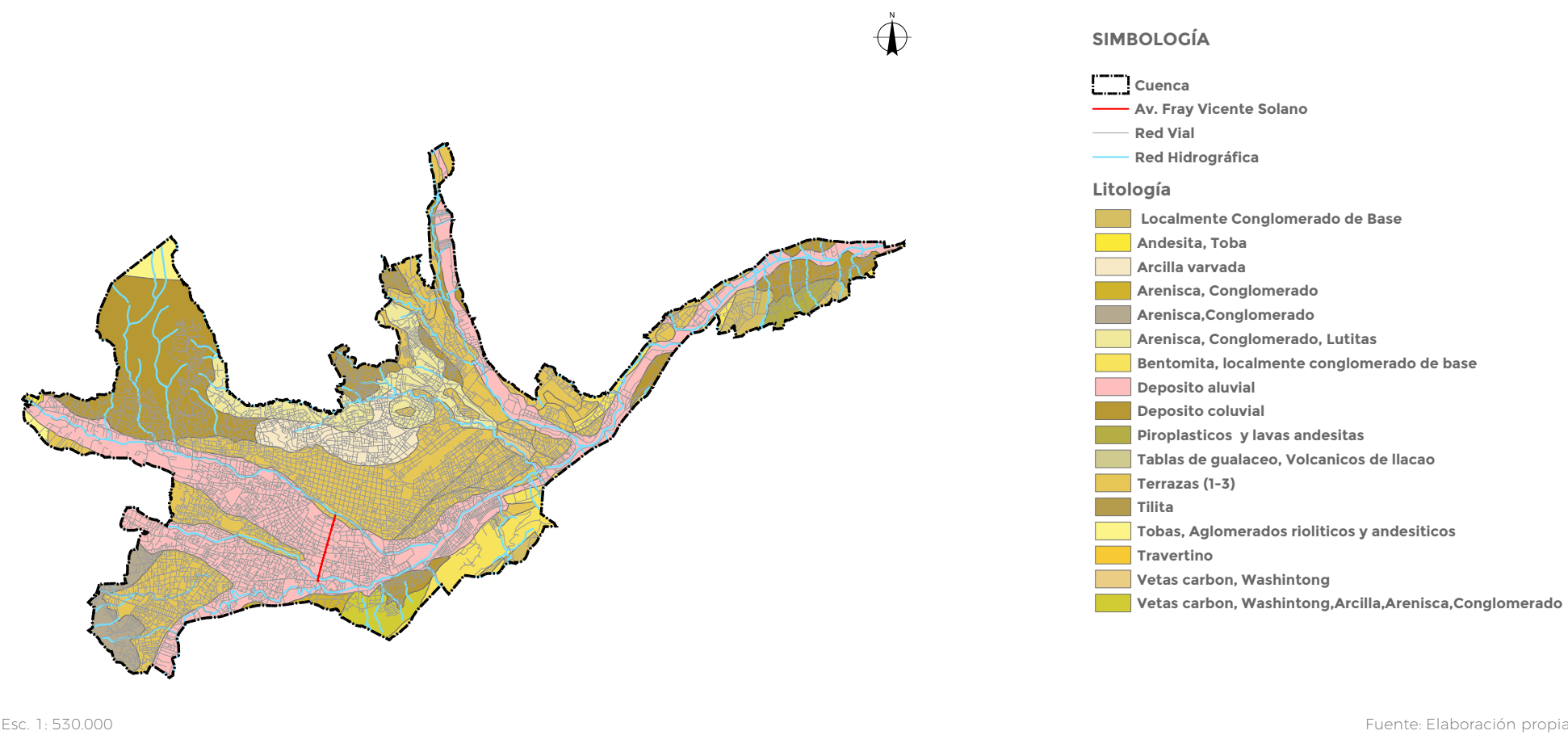
3.2.6. Propiedades del suelo.

El análisis del suelo es muy importante ya que podemos identificar sus propiedades físicas y químicas, determinando el estado actual del suelo en el área de estudio que está ubicada en la Av. Solano, específicamente el tramo comprendido entre la Av. Remigio Crespo Toral y la 27 de febrero de la ciudad de Cuenca, sitio donde se procedió a realizar pruebas específicas en el suelo para determinar su capacidad de infiltración, tipo de suelo y pH, requisitos importantes que están en relación al diseño de los jardines de lluvia.

De acuerdo a Naranjo (2017), las propiedades químicas del suelo es la ciencia que analiza su composición y propiedades con lo que se puede intervenir en la dinámica de la fertilidad del suelo y nutrientes que dispone el mismo. Por otra parte, en las propiedades físicas del suelo se analiza puntualmente las partículas del suelo, estudiando su disposición, composición, tamaño, forma y cantidad. Estos aspectos nos permiten conocer la condición del suelo que influye en el crecimiento de la vegetación y el funcionamiento del jardín de lluvia.

De acuerdo al Sistema Nacional de Información (SNI), la superficie donde se encuentra la Av. Fray Vicente Solano, está formada por depósitos aluviales, mismos que se caracterizan por estar ubicados anexos a los ríos y están formados por arenas, gravas y barro lo que influye a que el suelo tenga grandes contenidos de materia orgánica, aspecto muy importante a conocer ya que con ello podemos comprender y analizar la granulometría del suelo del área de estudio y esta propiedad está relacionada a la capacidad de infiltración (Figura 3.12).

Figura 3.12 Litología de Cuenca.



3.2.7. Textura.

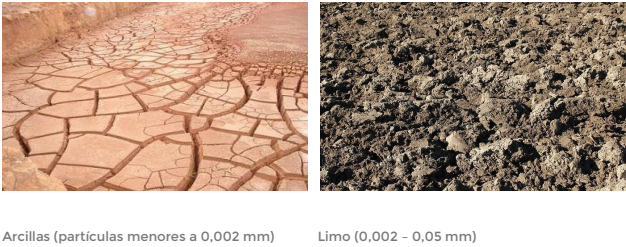
Como expresa Naranjo (2017), la textura del suelo está relacionado con la parte inorgánica del mismo, en la cual se determina la dimensión de las partículas que constituyen el suelo y la que está estrechamente relacionado a la porosidad del suelo, las partículas pequeñas inciden a tener un suelo menos poroso y por el contrario las partículas grandes permiten tener al suelo una mayor porosidad, este factor condiciona la capacidad de infiltración del suelo. El suelo como textura de manera general está compuesto por arcilla, limo y arenas (Figura 3.13).

3.2.8. Prueba de puño.

Esta prueba se lleva a cabo para definir el tipo de suelo en el área de estudio, la cual consiste en observar la plasticidad de la materia y determinar la composición del suelo como indicador base para observar si el suelo tiene excesos o carencias de componentes los cuales se ven reflejados en la plasticidad y textura respectiva, un factor importante que se determina para la instalación de un jardín

de lluvia, primero se toma una cantidad de tierra y se la humedece para posteriormente con la mano comprimirla formando una pelota y mediante criterios definir sus características.

Figura 3.13 Textura del suelo.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.5 Componentes del suelo - textura y plasticidad.

MATERIAL	EN CANTIDAD NORMAL	EN EXCESO
Limo	Textura suave al tacto, no es pegajoso. Presenta drenaje moderado.	Exceso de humedad y materia orgánica, restando inestabilidad al suelo.
Arena	Textura arenosa al tacto, se separa con facilidad. Presenta un buen drenaje.	Impedirá el desarrollo correcto del sistema radicular de la vegetación.
Arcilla	Textura pegajosa al tacto, es suave y se puede moldear con facilidad. Presenta drenaje deficiente.	Actuará como cementante reduciendo la permeabilidad del suelo.

Fuente: Michael Dietz (2007)

Figura 3.14 Prueba del puño.



Fuente: Elaboración propia

3.2.9. Capacidad de infiltración.

Es de gran importancia analizar la capacidad de infiltración del suelo determinando su permeabilidad, aspecto importante a tener en cuenta al momento de realizar una propuesta de diseño de un jardín de lluvia. La infiltración es el paso del agua al suelo a través de su superficie esto antes de alcanzar la saturación del suelo, para este proceso actúan dos tipos de fuerzas, la primera es la succión del suelo la cual está condicionada por la cantidad de humedad del mismo, es por ello que los suelos secos tienen mayor infiltración que un suelo húmedo, la segunda fuerza es la de gravedad la cual actúa con el pasar del tiempo (Villavicencio, n.d.).

3.2.10. Prueba de infiltración básica.

Se acudió al área de estudio donde se realizó la prueba de infiltración básica misma con la cual podemos determinar la capacidad del suelo para infiltrar agua. La prueba consistió principalmente en determinar un lugar específico donde se excavó una sección cuadrada de 25 x 25 cm del suelo con una profundidad de 16 cm, posteriormente como

siguiente paso es depositar en la excavación agua hasta llenarlo, el resultado de la prueba es el tiempo en que el suelo tarda en drenar el volumen de agua depositada (Figura 3.15), (Figura 3.16), (Figura 3.17).

El resultado de la prueba elaborada es de un periodo de 3 horas y 15 minutos, tiempo total que tomó la infiltración total de volumen de agua, donde se determina que el suelo tiene una excelente infiltración lo cual nos favorece a cumplir en los objetivos para la propuesta de diseño de los jardines (Tabla 3.6), (Tabla 3.7).

Figura 3.15 Excavación para prueba de infiltración básica.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.16 Prueba de infiltración básica.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.17 Finalización de prueba de infiltración básica.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.6 Prueba de infiltración básica – Fin (14:15 pm).

HORA		TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	MEDIDA DE DRENAJE
Inicio	11:00	0	0
Fin	14:15	205	16
Total 195 min – 03 h y 15 min			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.7 Parámetros para prueba de infiltración básica.

TIEMPO	PARÁMETRO
<6 horas	Sitio excelente para instalar un jardín de lluvia.
6- 18 horas	Permeabilidad regular, necesitara agregados como composta y grava fina.
> 18 horas	Elegir un sitio diferente para instalar un jardín de lluvia.

Fuente: (Michael Dietz, 2007)

3.2.11. Prueba de infiltración detallada.

Para esta prueba se utiliza la misma excavación de la prueba básica después de culminada con la finalidad de obtener condiciones semejantes de saturación del suelo ante un evento de lluvia, donde se procede a verter agua hasta llenar la excavación para posteriormente tomar nota de los datos de la infiltración nuevamente (Figura 3.18).

Para esta prueba los resultados fueron de 4,57 cm/ h, con un tiempo total de infiltración de 4 horas, dato que representa una buena capacidad de infiltración del suelo (Tabla 3.8), (Tabla 3.9).

Tabla 3.8 Prueba de infiltración detallada – Inicio (15:00 pm).

HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	MEDIDA DE DRENAJE (cm)	TASA DE INFILTRACIÓN (cm)
15:00	0	0	0
15:30	30	7.5	7.5
16:00	60	9.8	2.3
16:30	90	11.7	1.9
17:00	120	13.2	1.5
17:30	150	14.5	1.3
18:00	180	15.4	0.9
18:30	210	15.8	0.4
18:00	240	16	0.2
PROMEDIO			4 cm/h

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.9 Parámetros para prueba de infiltración detallada.

PROMEDIO DE LA TASA DE INFILTRACIÓN DETALLADA (cm/h)	PARÁMETRO
< 1.25 cm/h	Suelo regular, debe ser mejorado con sustratos que aumenten su porosidad, previo a la instalación de un jardín de lluvia.
1.25 - 5.00 cm/h	Suelo ideal para la instalación de un jardín de lluvia.
>5.00 cm/h	Suelo bueno. Se deberá elegir vegetación que absorba con rapidez el torrente pluvial.

Fuente: (Michael Dietz, 2007)

Figura 3.18 Prueba de infiltración detallada – Datos.



Fuente: Elaboración propia

3.2.12. Riqueza en humus.

Está relacionado con la cantidad de materia orgánica en el suelo, misma que está compuesta de carbono que pueden provenir de materiales como restos animales o vegetales. La cantidad de la materia orgánica está en relación al tipo de suelo en cuanto a su textura ya que si el suelo tiene partículas gruesas tiende a tener niveles de drenaje altos los cuales disminuyen la materia orgánica y por lo contrario si el suelo tiene partículas pequeñas el nivel de materia será mayor, una cantidad óptima ayuda a que el suelo tenga una buena capacidad de almacenamiento y retención de agua (Naranjo, 2017).

Para determinar el porcentaje de contenido orgánico del suelo de la Av. Solano se procedió a recolectar una muestra de suelo de 500gr, de un punto donde se realiza la propuesta, la cual se llevó a su respectivo análisis en laboratorio con ensayos específicos, con la finalidad de conocer a detalle el suelo del área de estudio.

Tabla 3.10 Contenido de materia orgánica - Av. Solano.

DATOS DE MUESTRA (500 gr)				
Tipo de muestra: Suelo		Procedencia: Av. Solano	Tipo de envase: Plástico	
Presentación: NA		Forma de conservación: Ambiente		
Ensayo en: Laboratorio		Fecha de análisis: 2022-08-02 - 2022-08-16		
ENSAYOS ANÁLISIS FISICOQUIMICO				
PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA		UNIDAD	RESULTADO
Materia orgánica	TMECC 05.07-A - GRAVIMETRIA		%	13.106

Fuente: (Laboratorio MSV, 2022)

Tabla 3.11 PH, de suelo de la Av. Solano.

DATOS DE MUESTRA (500 gr)			
Tipo de muestra: Suelo	Procedencia: Av. Solano	Tipo de envase: Plástico	
Presentación: NA	Forma de conservación: Ambiente		
Ensayo en: Laboratorio	Fecha de análisis: 2022-08-02 - 2022-08-16		
ENSAYOS ANÁLISIS FISICOQUIMICO			
PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO
PH	EPA 9045 D - POTENCIOMETRO	uph	6.38

Fuente: (Laboratorio MSV, 2022)

Tabla 3.12 Intensidades máximas de lluvia - Cuenca.

Tr (años)	INTENSIDAD (mm/h)											
	5	10	15	20	30	45	60	120	240	360	720	1440
5	124,59	91,08	75,83	66,58	55,43	46,15	37,69	20,31	10,95	7,62	4,11	2,21
10	141,28	103,28	85,99	75,50	62,86	52,33	42,74	23,03	12,41	8,64	4,66	2,51
25	162,15	118,54	98,69	86,65	72,14	60,06	49,05	26,43	14,24	9,92	5,35	2,88
50	177,65	129,87	108,12	94,94	79,04	65,80	53,74	28,96	15,61	10,87	5,86	3,16
100	192,55	140,76	117,19	102,90	85,67	71,32	58,25	31,39	16,92	11,78	6,35	3,42

Fuente: (Inamhi, 2010)

Con los resultados obtenidos mediante el análisis podemos determinar que el suelo del área de estudio contiene un 13% de materia orgánica, con lo cual podemos determinar que el suelo tiene un porcentaje alto de materia orgánica, el suelo utilizado para medio filtrante de los jardines de lluvia tiene un porcentaje de materia orgánica de entre 3 al 5% (Tabla 3.10).

3.2.13. pH.

De acuerdo a Naranjo (2017), el pH en el suelo nos permite determinar si el suelo es de tipo ácido, neutro o alcalino, factor importante ya que afecta de forma directa en el desarrollo de la vegetación, este factor influye en el control de nutrientes y procesos microbianos.

De la misma manera para determinar el ph del suelo de la Av. Solano se procedió a recolectar una muestra de suelo de 500gr, de un punto específico donde se realiza la propuesta, la cual se llevó a su respectivo análisis en laboratorio en donde se utilizó el potenciómetro para la determinación del resultado.

Con los resultados obtenidos mediante el análisis tenemos que el suelo del área de estudio tiene un 6.38 upH, valor que se encuentra entre el rango de 5.5 a 8.5, mismo que posee características y propiedades aptas para el correcto desarrollo de la vegetación, además el valor se encuentra muy cercano a un suelo neutro el cual está determinado con un valor de 7 en su respectiva escala (Tabla 3.11).

3.2.14. Intensidades máximas de lluvia en el área de estudio.

El aeropuerto Mariscal La Mar ubicado al noreste de la ciudad de Cuenca, dispone de una estación meteorológica como parte de sus instalaciones. La cual nos brinda información sobre las intensidades máximas de lluvia y estos datos son los más próximos a nuestra área de estudio lo que nos permite tener una mayor exactitud en cuanto a la realidad de la superficie analizada que se encuentra ubicada exactamente en la Av. Solano. Para el cálculo de los caudales se los realizará tomando en cuenta un periodo de retorno de 5 años y una

duración de intensidad de 30 minutos la cual es relativamente media y con la cual se demostrará el procedimiento para su respectivo cálculo (Tabla 3.12).

Tabla 3.13 Coeficientes de escorrentía - método racional.

Tipo de superficie	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
Zonas Urbanas							
Asfalto	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	1
Cemento, Tejados	0,75	0,8	0,83	0,88	0,92	0,97	1
Zonas Verdes (césped, parques, etc.)							
Condición pobre (Cobertura vegetal inferior al 50% de la superficie)							
Pendiente baja (0 - 2 %)	0,32	0,34	0,37	0,4	0,44	0,47	0,58
Pendiente media (2 - 7 %)	0,37	0,4	0,43	0,46	0,49	0,53	0,61
Pendiente baja (> 7 %)	0,40	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55	0,62
Condición media (Cobertura vegetal entre el 50% y el 75% del área)							
Pendiente baja (0 - 2 %)	0,25	0,28	0,3	0,34	0,37	0,41	0,53
Pendiente media (2 - 7 %)	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente baja (> 7 %)	0,37	0,4	0,42	0,46	0,49	0,53	0,6

Fuente: (Chow et al., 1987)

3.2.15. Coeficiente de escorrentía en el área de estudio.

De acuerdo con Daza & Pérez (2013), la cantidad de agua lluvia que no se infiltra en el suelo y circula por la superficie del suelo se la denomina escorrentía, las zonas urbanas son las que producen mayor escorrentía ya que en las ciudades existe mayor superficie construida como carreteras y edificaciones producto del crecimiento urbano, lo cual aumenta la impermeabilidad y por consecuencia mayor escorrentía.

Es por ello que para la gestión de la escorrentía existen alternativas como las alcantarillas que conducen el agua lo cual evita inundaciones, hoy en día existen nuevas formas de disminuir la escorrentía, alternativas como son los canales de drenaje y sistemas de biorretención. Aun así, debemos de entender que la cantidad total de las precipitaciones no se transforma en escorrentía ya que un porcentaje se infiltra dependiendo de la materialidad del suelo, es decir el grado de impermeabilidad del suelo.

La relación entre la cantidad de agua escurrida superficialmente y la cantidad de agua precipitada se le denomina coeficiente de escorrentía superficial, entendiendo que el volumen de agua escurrido en la superficie es menor que la total, esto producto de la infiltración y evaporación de la misma en la superficie (Daza & Pérez, 2013).

Para determinar el coeficiente de escorrentía de nuestra área de estudio se procede a utilizar la tabla de valores determinada para utilizarla mediante el método racional en el cálculo del caudal. Los valores de esta tabla fueron utilizados para el cálculo de caudales en la ciudad de Austin Texas (USA), (Tabla 3.13), (Chow et al., 1987).

Enfocándonos en los jardines de lluvia propuestos en nuestra área de estudio, se tiene como superficie de captación de agua lluvia la vía en sus dos direcciones de la Av. Solano, misma que tiene como materialidad el hormigón, el cual tiene un determinado coeficiente de escorrentía, mismo que varía de acuerdo con el periodo de retorno.

Condición buena (Cobertura vegetal superior al 75% del área)							
Pendiente baja (0 - 2 %)	0,21	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36	0,49
Pendiente media (2 - 7 %)	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46	0,56
Pendiente baja (> 7 %)	0,34	0,37	0,4	0,44	0,47	0,51	0,58
Zonas Rurales							
Campos de cultivo							
Pendiente baja (0 - 2 %)	0,31	0,34	0,36	0,4	0,43	0,47	0,57
Pendiente media (2 - 7 %)	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,6
Pendiente baja (> 7 %)	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54	0,61
Pastizales, prados, dehesas							
Pendiente baja (0 - 2 %)	0,25	0,28	0,3	0,34	0,37	0,41	0,53
Pendiente media (2 - 7 %)	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente baja (> 7 %)	0,37	0,4	0,42	0,46	0,49	0,53	0,6
Bosques, montes arbolados							
Pendiente baja (0 - 2 %)	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,48
Pendiente media (2 - 7 %)	0,31	0,34	0,36	0,4	0,43	0,47	0,56
Pendiente baja (> 7 %)	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52	0,58

Fuente: (Chow et al., 1987)

3.2.16. Cálculo del caudal máximo de escorrentía.

Para este cálculo se utilizará el método racional el cual fue introducido en EE. UU, donde determinamos el caudal mediante datos como la intensidad de lluvia del área de estudio, así como el coeficiente de escorrentía del suelo el cual está determinado por el factor de uso de suelo.

La ecuación para el cálculo de caudales según el método racional es la siguiente:

Q=(A.I.C)/360

Donde:

- Q= Caudal en metros cúbicos por segundo (m3/s)
- A= Superficie de la cuenca en hectáreas (ha)
- I= Intensidad de lluvia en milímetros por hora (mm/h)
- C= Coeficiente de escorrentía - adimensional

El área de estudio se dividió en dos zonas de acuerdo a su pendiente para las cuales se calcula su caudal, la misma división nos sirve para posteriormente determinada el área de los jardines proceder a su respectivo pre dimensionamiento. Para ello se determinó el área de las superficies de vías y de aceras por tramos para con ayuda de la fórmula del método racional determinar el caudal medio de la superficie estudiada y el cual representa 0,64 m3/s.c (Tabla 3.14).

3.2.17. Cálculo de Volumen de escorrentía del área de estudio.

Para determinar el volumen de escorrentía en nuestra área de estudio con una intensidad de lluvia de 55,43 mm/h y entendiendo que el área de captación tiene como materialidad el concreto, condición con la que la superficie es casi impermeable, con lo que se deduce que un 90% de las precipitaciones se convierten en escorrentía. Además, no todo el volumen de escorrentía se aprovechará por los jardines de lluvia (Tabla 3.14).

La medianera central del tramo de estudio tiene una superficie total de 1,2 ha, calculando con énfasis en el segundo evento de lluvia recepta un volumen total de 288 m³, volumen que se deja de lado ya que esta se infiltra en una superficie permeable y es utilizado por la barrera verde anexa a los jardines propuestos.

Tramo 1:

V_T=23385,35 m²* (55,43 mm/h)*0.9*30/60

V_T=583,3 m³

Tramo 2:

V_T=13338,16 m²* (55,43 mm/h)*0.9*30/60

V_T=332,7 m³

3.2.18. Cálculo de área del sistema de biorreten-
ción.

Para determinara la superficie de los siste-
mas de bioretención se aplica la fórmula en base a
los principios de Darcy (Ballard et al., 2015)

$$Af=(V_T.).L)/(K(h+L)t)$$

Donde:

- Af= Área del lecho filtrante (m²)
- V_T= Volumen de agua total a tratar (m³)
- L= Profundidad del medio filtrante (m)
- K= Coeficiente de permeabilidad del medio
filtrante (mm/h)
- h= Altura de la capa de agua sobre el lecho
filtrante. Mitad de la altura máxima.
- t= Tiempo en que tarda en filtrarse el volu-
men de agua a través del lecho filtrante.

Tabla 3.14 Cálculo de caudal de escorrentía.

CÁLCULO DE ESCORRENTÍA			
Área / Superficie	Tramo 1	Tramo 2	Total
Área total (m2)	23385,35	13338,16	36723,51
Área total (ha)	2,338535	1,333816	3,67
Área total vías(m2)	15554,58	7515,51	23070,09
Área total vías(ha)	1,56	0,75	2,3
Área total aceras(m2)	7830,77	5822,65	13653,42
Área total aceras(ha)	0,78	0,58	1,37
Coeficiente de escorrentía de vías y aceras (concreto)	0,83		
Intensidad de lluvia (mm/h)	75,5		
Caudal Máximo de escorrentía - vías y aceras m³/s	0,44	0,25	0,69

Fuente: Elaboración propia

Para ello se utiliza los datos anteriormente
calculados y datos recomendados como la profun-
didad del lecho filtrante de 0.80 m, el coeficiente
de infiltración de 100 mm/h el cual cumple con las
pruebas de infiltración realizadas en sitio, la capa
de agua en la superficie del lecho filtrante es la
mitad de la máxima y además de que los jardines
tiene un periodo de tiempo de hasta 48 horas para
la infiltración total, estos parámetros son recomen-
dados (Ballard et al., 2015).

Tramo 1

- $Af=(583,3 \text{ m}^3 \cdot 0,8 \text{ m})/((0,1/3.600)(0,1+0,8) \text{ m} \cdot (12 \cdot 3.600))$
- Af= 432,08 m²
- Tramo 2
- $Af=(332,7 \text{ m}^3 \cdot 0,8 \text{ m})/((0,1/3.600)(0,1+0,8) \text{ m} \cdot (12 \cdot 3.600))$
- Af= 246,44 m²

Con lo que se determina que en la superfi-
cie calculada con la intensidad y periodo de dura-
ción elegida necesitamos un área de lecho filtrante
de 678,53 m².

3.3. Cálculo de superficie requerida para jardines
de lluvia para tres eventos de lluvia dentro de la
ciudad de Cuenca.

Siguiendo el procedimiento para el cálculo
de las superficies requeridas en la implantación de
los jardines de lluvia, misma que se la determina
mediante las condiciones propias del suelo que
fueron analizadas, con ello se realiza el cálculo de
tres diferentes eventos de lluvia en la ciudad de
Cuenca y poder observar las superficies requeridas
según la variación de intensidad de lluvia, dato el
cual se modificara.

Los datos se tomarán de la tabla de inten-
sidades de lluvia de la estación del aeropuerto Ma-
riscal La Mar, ya que nos ofrece datos próximos a
nuestra área de estudio. Las intensidades se toma-
rán para un periodo de retorno de 5 años con una
duración de lluvia de 10, 30 y 60 minutos (Tabla
3.15).

Tabla 3.15 Intensidades máximas de lluvia determinadas.

Tr (años)	INTENSIDAD (mm/h)											
	5	10	15	20	30	45	60	120	240	360	720	1440
5	124,59	91,08	75,83	66,58	55,43	46,15	37,69	20,31	10,95	7,62	4,11	2,21
10	141,28	103,28	85,99	75,50	62,86	52,33	42,74	23,03	12,41	8,64	4,66	2,51
25	162,15	118,54	98,69	86,65	72,14	60,06	49,05	26,43	14,24	9,92	5,35	2,88
50	177,65	129,87	108,12	94,94	79,04	65,80	53,74	28,96	15,61	10,87	5,86	3,16
100	192,55	140,76	117,19	102,90	85,67	71,32	58,25	31,39	16,92	11,78	6,35	3,42

Fuente: (Inamhi, 2010)

Tabla 3.16 Cálculo de superficie – evento de lluvia 1.

1º EVENTO DE LLUVIA			
Caudal de Escorrentía m³/s			
	Tramo1	Tramo2	Total
Área total (m²)	23385,35	13338,16	36723,51
Área total (ha)	2,338535	1,333816	3,67
Área total vías(m²)	15554,58	7515,51	23070,09
Área total vías(ha)	1,56	0,75	2,3
Área total aceras(m²)	7830,77	5822,65	13653,42
Área total aceras(ha)	0,78	0,58	1,37
Coefficiente de escorrentía de vías y aceras (concreto)	0,9		
Intensidad de lluvia (mm/h)	91,08		
Caudal Máximo de escorrentía - vías y aceras (m³/s)	0,53	0,30	0,84
Volumen Total de Escorrentía m³			
Duración de lluvia (min)	10		
Periodo de retorno (años)	5		
Volumen total (m3)	319,5	182,2	501,7
Área Total de los jardines de agua lluvia			
Altura del lecho filtrante (m)	0,8		
Mitad de la altura de la capa de agua(m)	0,1		
Periodo de tiempo que se tarda en filtrar el sistema (h)	12		
Coefficiente de permeabilidad (m/h)	0,1		
Superficie requerida para el sistema (m2)	236,66	134,98	371,64

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo se procede al uso de una hoja en Excel, siguiendo el procedimiento anteriormente explicado, resultados en los cuales podemos observar las variaciones de superficies requeridas según las tres diferentes intensidades planteadas:

- Intensidad alta en un periodo corto de tiempo. (91,08 mm/h en 10 min)
- Para estos factores se determina un área necesaria de jardín de agua lluvia de 371,64 m² (Tabla 3.16).

- Intensidad media en un periodo medio de tiempo. (55,43 mm/h en 30 min)
- Para estos factores se determina un área necesaria de jardín de agua lluvia de 678,53 m² (Tabla 3.17).

Tabla 3.17 Cálculo de superficie – evento de lluvia 2.

2° EVENTO DE LLUVIA			
Caudal de Escorrentía m³/s			
	Tramo1	Tramo2	Total
Área total (m²)	23385,35	13338,16	36723,51
Área total (ha)	2,338535	1,333816	3,67
Área total vías(m²)	15554,58	7515,51	23070,09
Área total vías(ha)	1,56	0,75	2,3
Área total aceras(m²)	7830,77	5822,65	13653,42
Área total aceras(ha)	0,78	0,58	1,37
Coeficiente de escorrentía de vías y aceras (concreto)	0,9		
Intensidad de lluvia (mm/h)	55,43		
Caudal Máximo de escorrentía - vías y aceras (m³/s)	0,32	0,18	0,51
Volumen Total de Escorrentía m³			
Duración de lluvia (min)	30		
Periodo de retorno (años)	5		
Volumen total (m3)	583,3	332,7	916,0
Área Total de los jardines de agua lluvia			
Altura del lecho filtrante (m)	0,8		
Mitad de la altura de la capa de agua(m)	0,1		
Periodo de tiempo que se tarda en filtrar el sistema (h)	12		
Coeficiente de permeabilidad (m/h)	0,1		
Superficie requerida para el sistema (m2)	432,08	246,44	678,53

Fuente: Elaboración propia

- Intensidad baja en un periodo largo de tiempo. (37,59 mm/h en 60 min)
- Para estos factores se determina un área necesaria de jardín de agua lluvia de 922,74 m²

Con los resultados obtenidos mediante los cálculos se procede a tomar los valores del segundo evento de lluvia para la propuesta de los jardines en la superficie del área de estudio. evento que requiere de una superficie de 678,53 m² necesaria para los sistemas de biorretención (Tabla 3.18).

Tabla 3.18 Cálculo de superficie – evento de lluvia 3.

3° EVENTO DE LLUVIA			
Caudal de Escorrentía m³/s			
	Tramo1	Tramo2	Total
Área total (m²)	23385,35	13338,16	36723,51
Área total (ha)	2,338535	1,333816	3,67
Área total vías(m²)	15554,58	7515,51	23070,09
Área total vías(ha)	1,56	0,75	2,3
Área total aceras(m²)	7830,77	5822,65	13653,42
Área total aceras(ha)	0,78	0,58	1,37
Coeficiente de escorrentía de vías y aceras (concreto)	0,9		
Intensidad de lluvia (mm/h)	37,69		
Caudal Máximo de escorrentía - vías y aceras (m³/s)	0,22	0,13	0,35
Volumen Total de Escorrentía m³			
Duración de lluvia (min)	60		
Periodo de retorno (años)	5		
Volumen total (m3)	793,3	452,4	1245,7
Área Total de los jardines de agua lluvia			
Altura del lecho filtrante (m)	0,8		
Mitad de la altura de la capa de agua(m)	0,1		
Periodo de tiempo que se tarda en filtrar el sistema (h)	12		
Coeficiente de permeabilidad (m/h)	0,1		
Superficie requerida para el sistema (m2)	587,60	335,14	922,74

Fuente: Elaboración propia

PALETA VEGETAL



3.4. Paleta vegetal.

3.4.1. La vegetación.

La vegetación posee beneficios ambientales y de salud, como la purificación del aire y la reducción de la temperatura (Badillo Ornelas, 2017). En la arquitectura, se utiliza en diversas formas, como en jardines, parques, tejados verdes, paredes verdes, etc. La incorporación de vegetación en la arquitectura también puede ayudar a mejorar la biodiversidad y proporcionar hábitats para la fauna local.

Según la Real Academia Española (2021), define que la vegetación es el conjunto de vegetales propios de un sitio o región, existentes en un terreno determinado. De manera que, las especies vegetales se ven influenciadas y condicionadas por el aspecto climático, condiciones del terreno y características de un sitio definido. Por consiguiente, la ciudad de Cuenca posee una diversa vegetación debido a, que se ubica en la cordillera de los Andes, región sierra, por lo que favorece las condiciones climáticas posibilitando el desarrollo de una amplia diversidad (Carrión & Mosquera, 2018).

3.4.2. Importancia de la vegetación nativa.

Las plantas evolucionan sus estructuras y funciones internas a consecuencia del clima y su entorno, por consiguiente, cada rama, tallo y raíz cumple una función específica para su supervivencia tanto con los factores de la naturaleza como con otros seres vivos. Al mismo tiempo, cada especie desarrollada en un sitio, produce una serie de servicios ambientales que devuelve a su entorno, desde la producción de oxígeno, la retención y filtración del agua con sus raíces. De manera que, toda la vegetación en zonas urbanas origina beneficios a la calidad de vida humana (Figura 3.19), debido a que, ayuda a promover la salud y bienestar de los habitantes, por consiguiente es importante que las plantas se encuentren saludables y no estén forzadas a un medio ambiente diferente, debido a que las plantas nativas trabajan de una manera natural y mejor que las plantas ajenas al medio (Carrión & Mosquera, 2018).

Debido a la importancia que se le ha asignado a la vegetación, a los espacios verdes y recreativos en el desarrollo de las urbes, los arquitectos encuentran la manera de implementar las diferentes especies de vegetación de manera estratégica en los múltiples espacios que componen el área urbana, procurando crear espacios verdes, cubiertas verdes y jardines horizontales o verticales (Carrión & Mosquera, 2018).

3.4.3. Paleta vegetal seleccionada.

Para la elección de la paleta vegetal se cumplió con ciertas características, ser especies nativas de la región de la provincia del Azuay, así mismo de poseer un requerimiento hídrico conforme a la ubicación, de tal modo que, brinde un carácter único al diseño del jardín de lluvia. Es primordial destacar la importancia de contar con una paleta vegetal, constituida por especies nativas que radica no sólo por el uso de la vegetación local, sino por la riqueza y diversidad, de manera que fortalezca el área verde urbana (Badillo Ornelas, 2017).

Para la colocación de las especies vegetales se consideró la mejor distribución de acuerdo con su longitud y ancho del jardín, de manera que, las especies generen un área vegetal consistente del número de plantas locales, en base a los siguientes criterios.

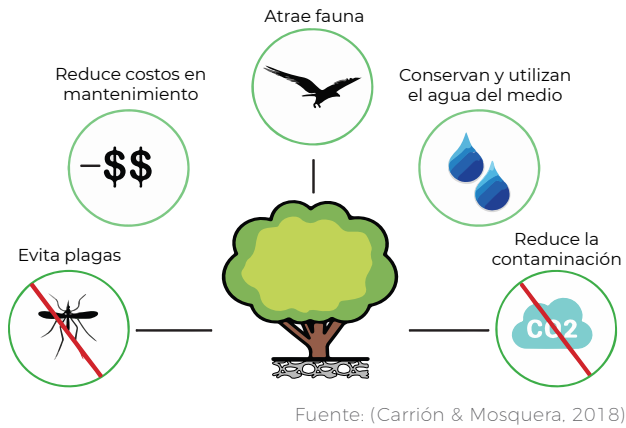
- Requerimiento hídrico
- Requerimiento solar

3.4.3.1. Requerimiento hídrico.

Según Badillo Ornelas (2017), menciona que, es necesario ubicar a cada una de las especies según su hidrozona, agrupando de este modo las especies con mayor necesidad de agua (Implica riego y un mantenimiento constante) en la depresión central (hidrozona A), y las especies de mediana y bajo consumo de agua (Implica un bajo mantenimiento en el riego) en los taludes laterales (hidrozonas B) (Figura 3.20).

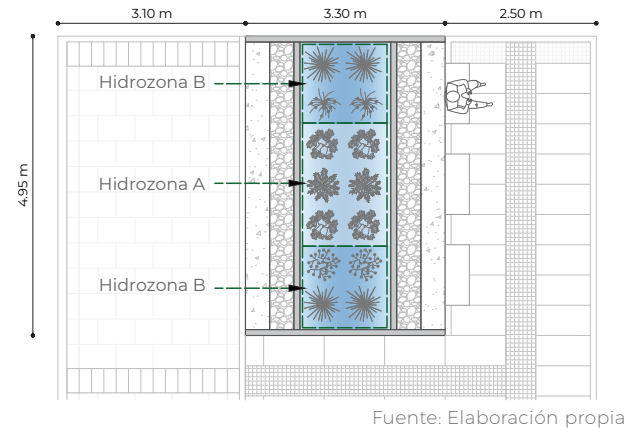
Es importante mencionar que, independientemente del requerimiento de agua de cada especie, el aporte hídrico será proporcionado durante las temporadas de lluvias de la zona, de manera que, toda la vegetación deberá sobrevivir con la reserva de agua acumulada en su estructura, durante los meses de mínima precipitación pluvial o meses de sequía.

Figura 3.19 Importancia de la vegetación nativa.



Fuente: (Carrión & Mosquera, 2018)

Figura 3.20 Zonas hídricas de un jardín.



Fuente: Elaboración propia

3.4.3.2. Requerimiento solar.

Se eligió una paleta vegetal que integrará especies de mediano y alto requerimiento solar, para distribuir las según su incidencia solar admitida, de manera que, el tramo de estudio contempla un área verde totalmente amplia y con espacio mínimos de sombra que es proyectada por los árboles existentes.

3.4.4. Mantenimiento.

Los jardines y las zonas verdes son espacios delicados y su correcto mantenimiento, contribuyen a ofrecer un mejor funcionamiento de los jardines de lluvia. Según la Servicio nacional de contratación (2018), hoy en día el costo de servicio de mantenimiento de áreas verdes y jardines (parques, plazas, redondeles, parterres), bordea en 0.07\$ por metro cuadrado según los siguientes servicios: corte, la poda y la formación de las áreas verdes no incluye el diseño ornamental ni el suministro de plantas.

Como regla general el riego de los jardines, es muy importante y se debe realizarlo de manera inmediata después de plantar las especies, en un principio se debe regar una vez por semana (a menos de que la lluvia haga su trabajo) hasta que se establezcan en el suelo durante un periodo de 6 meses, en los próximos meses restantes hasta completar el año se recomienda el riego una vez cada dos semanas en temporadas secas, el costo promedio del riego aborda los 0.05\$ por metro cuadrado (Carrión & Mosquera, 2018).

3.4.5. Ficha de vegetación para aplicación en jardines de agua lluvia.

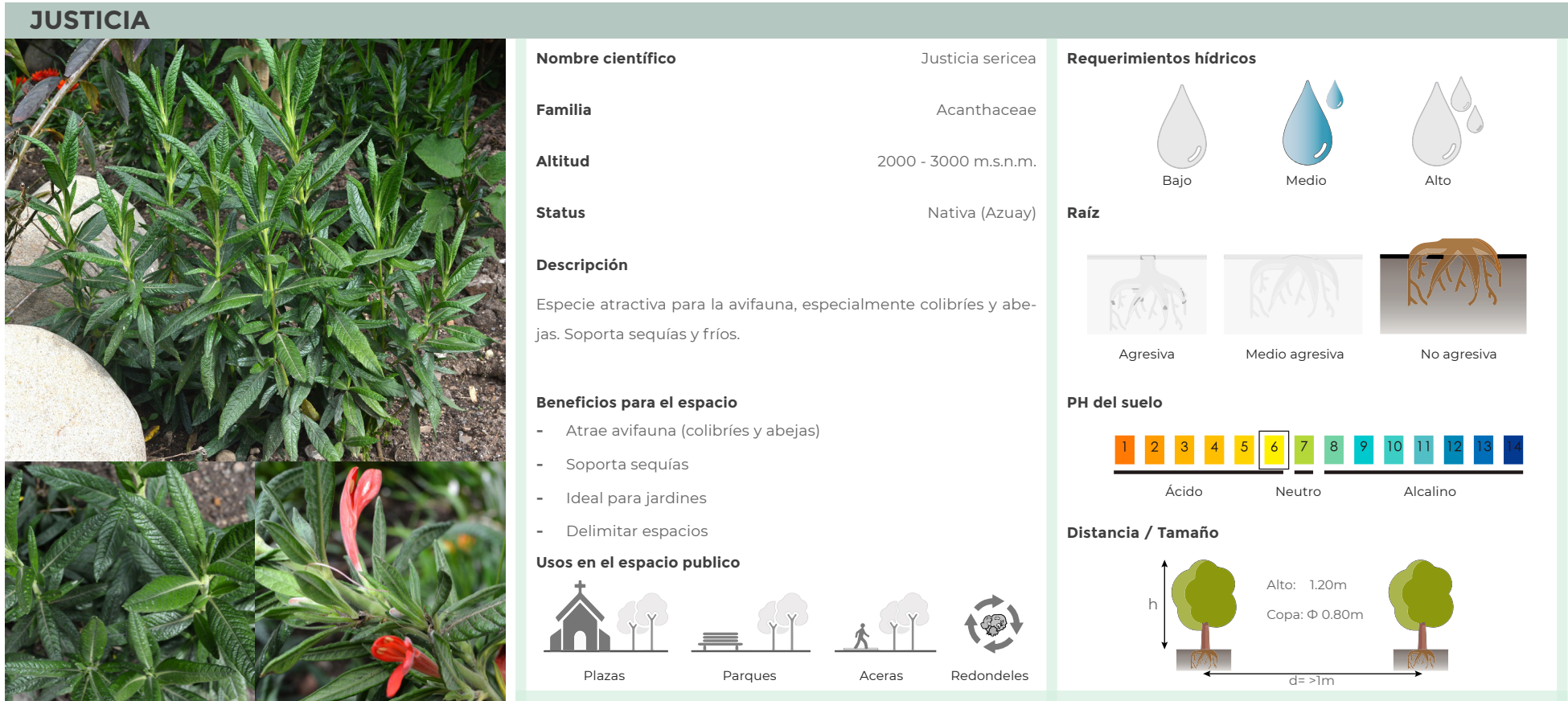
Para un correcto desempeño de las áreas verdes de las ciudades es necesario que las especies vegetales sean las adecuadas de manera que, a más de brindar óptimos servicios ambientales deben satisfacer las necesidades particulares de los espacios públicos. Por lo cual, el paisajismo urbano es un tema que implica varias ramas tales como la botánica, diseño, confort y en particular el urbanismo que se encarga de proporcionar una mejor calidad de vida partiendo desde el entorno inmediato

de los individuos como afirma (Carrión & Mosquera, 2018).

Se elaboraron las fichas de 10 especies para la paleta vegetal del jardín de lluvia, empleando un formato de diseño que cumple con las características de cada especie: generales, tolerancia a la exposición solar, pH en suelo, requerimiento hídrico, crecimiento de raíz, dimensiones de siembra (Badillo Ornelas, 2017).

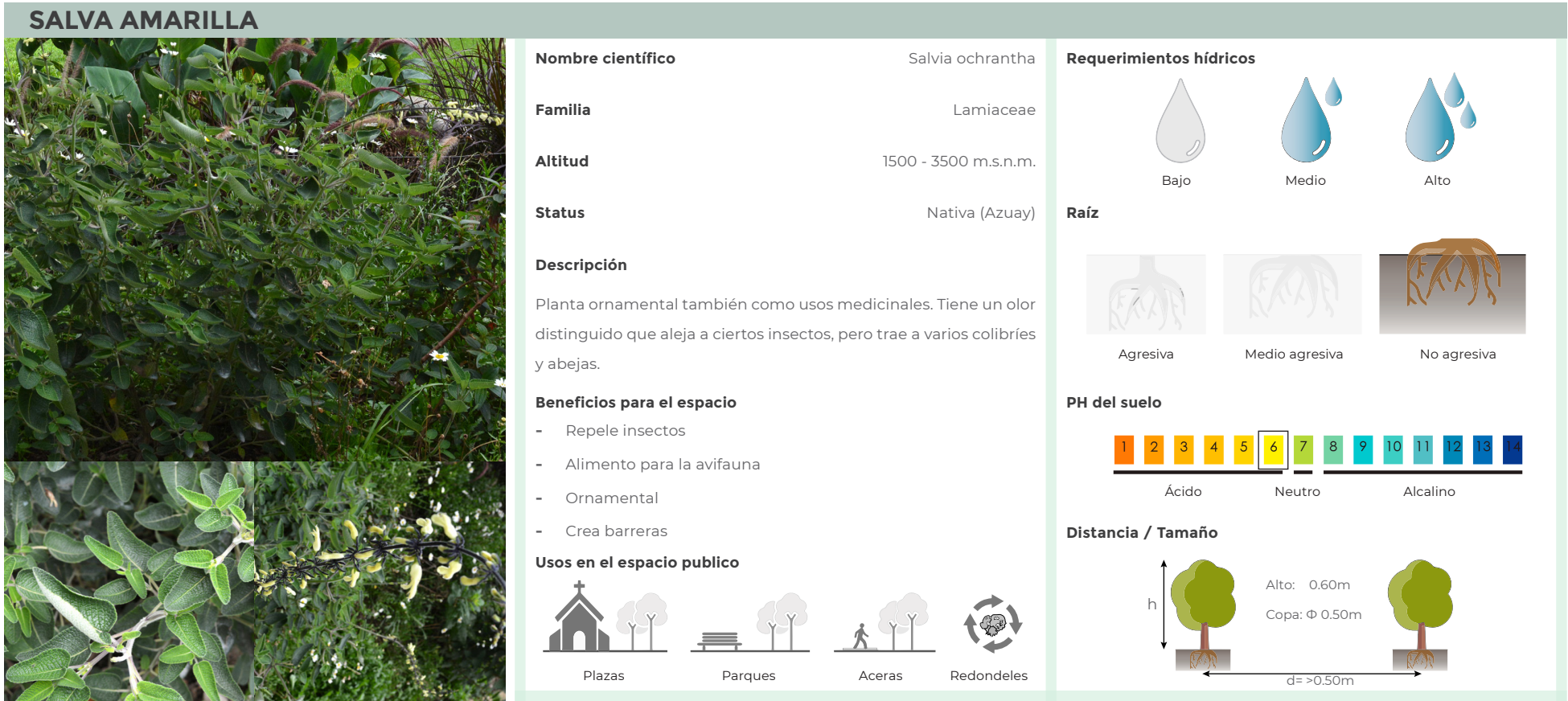
Para elaborar la ficha de las especies vegetales, se tomó como base los datos establecidos en la página web: tropicos.org. de manera que otorgó información sobre la característica científica de cada especie. Además, se utilizó fichas de aplicación de vegetación en espacios urbanos de modo que, se puede conocer sus usos en los espacios públicos, imágenes de las especies, requerimientos hídricos, Ph del suelo, dimensiones de siembra, exposición solar, altura de la planta, etc. (Carrión & Mosquera, 2018), como se muestra en las siguientes fichas etnobotánicas.

Figura 3.21 Fichas etnobotánicas / Justicia sericea.



Fuente: (Carrión & Mosquera, 2018)

Figura 3.22 Fichas etnobotánicas / Salvia ochrantha.



Fuente: (Carrión & Mosquera, 2018)

Figura 3.23 Fichas etnobotánicas / *Phaenadrassa* sp.



Figura 3.24 Fichas etnobotánicas / *Agave cordillerensis*.

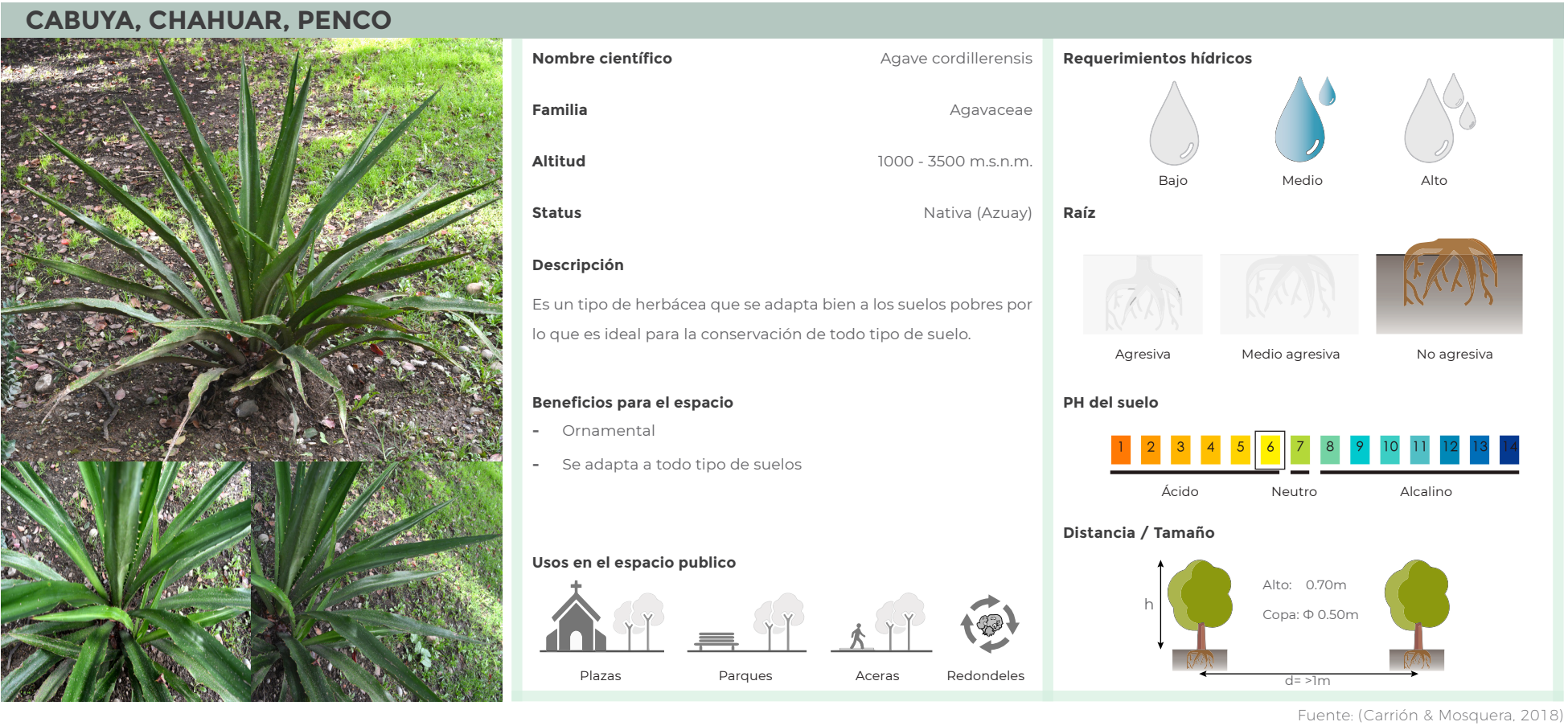


Figura 3.25 Fichas etnobotánicas / Pennisetum sp.

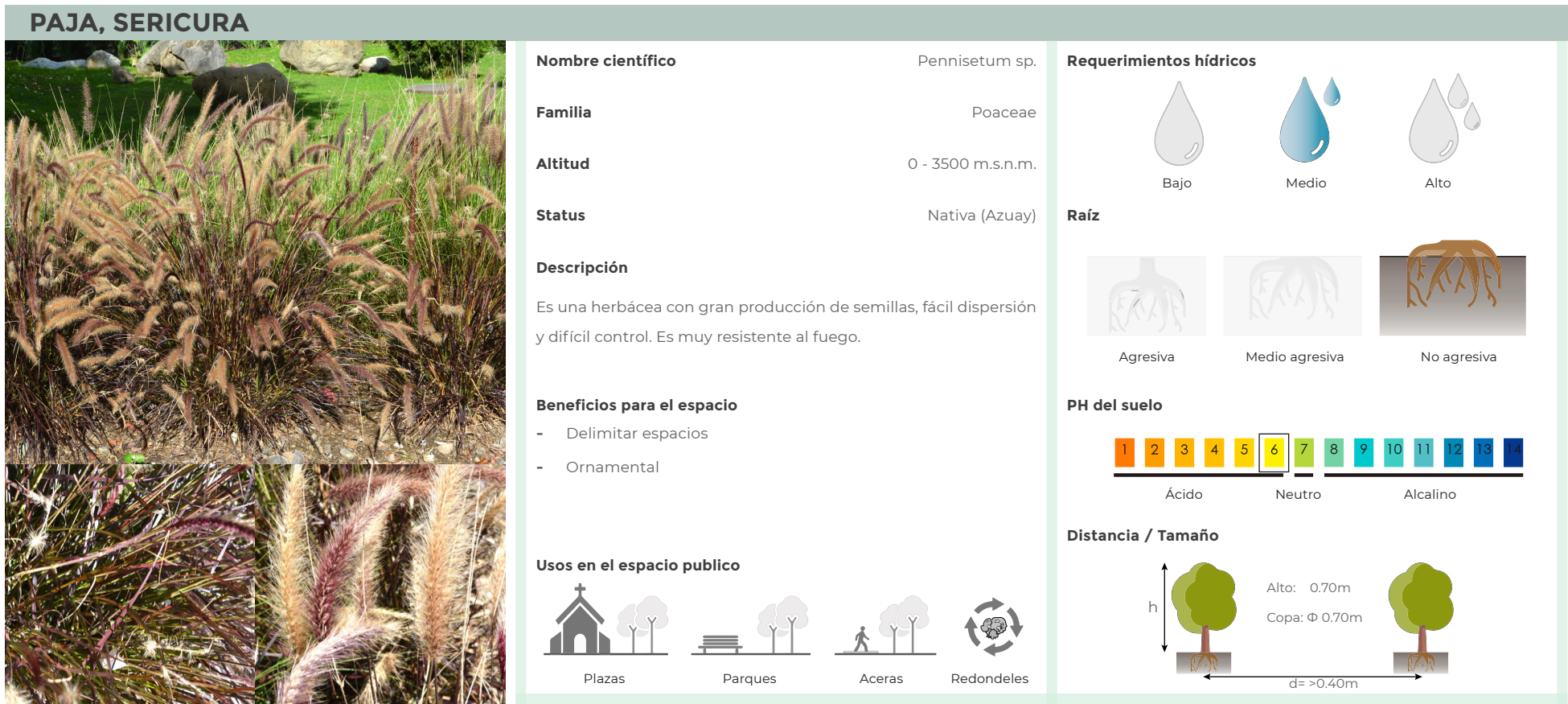


Figura 3.26 Fichas etnobotánicas / Hephrolepis sp.

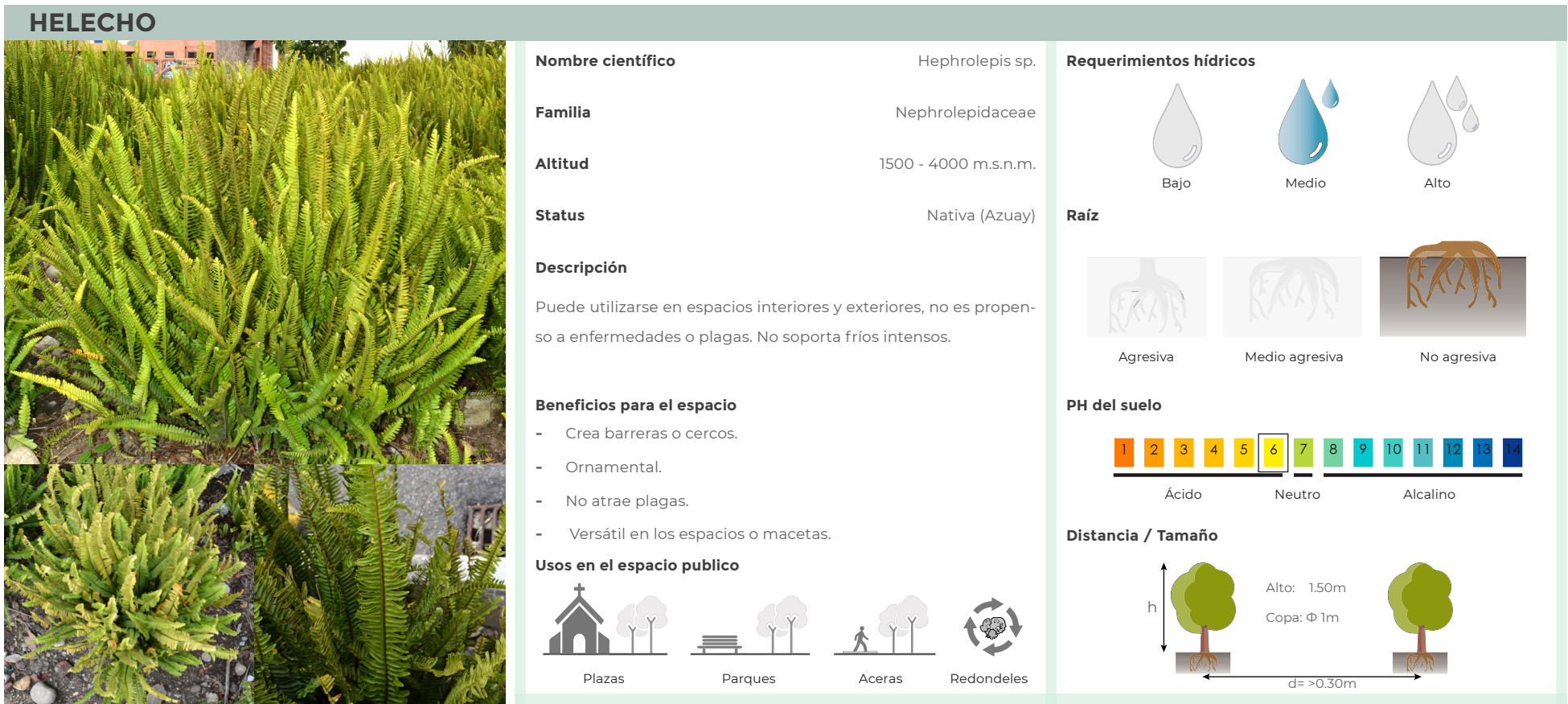
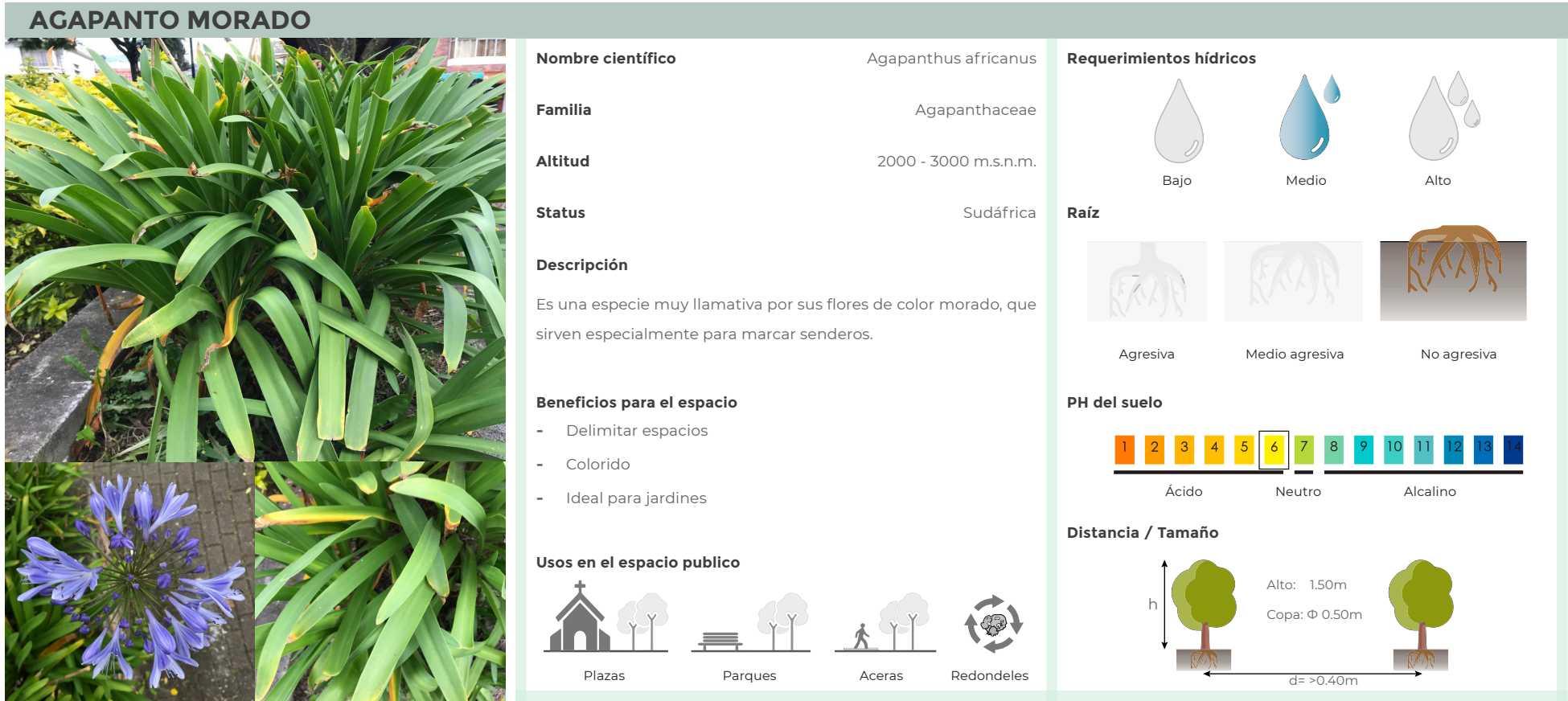
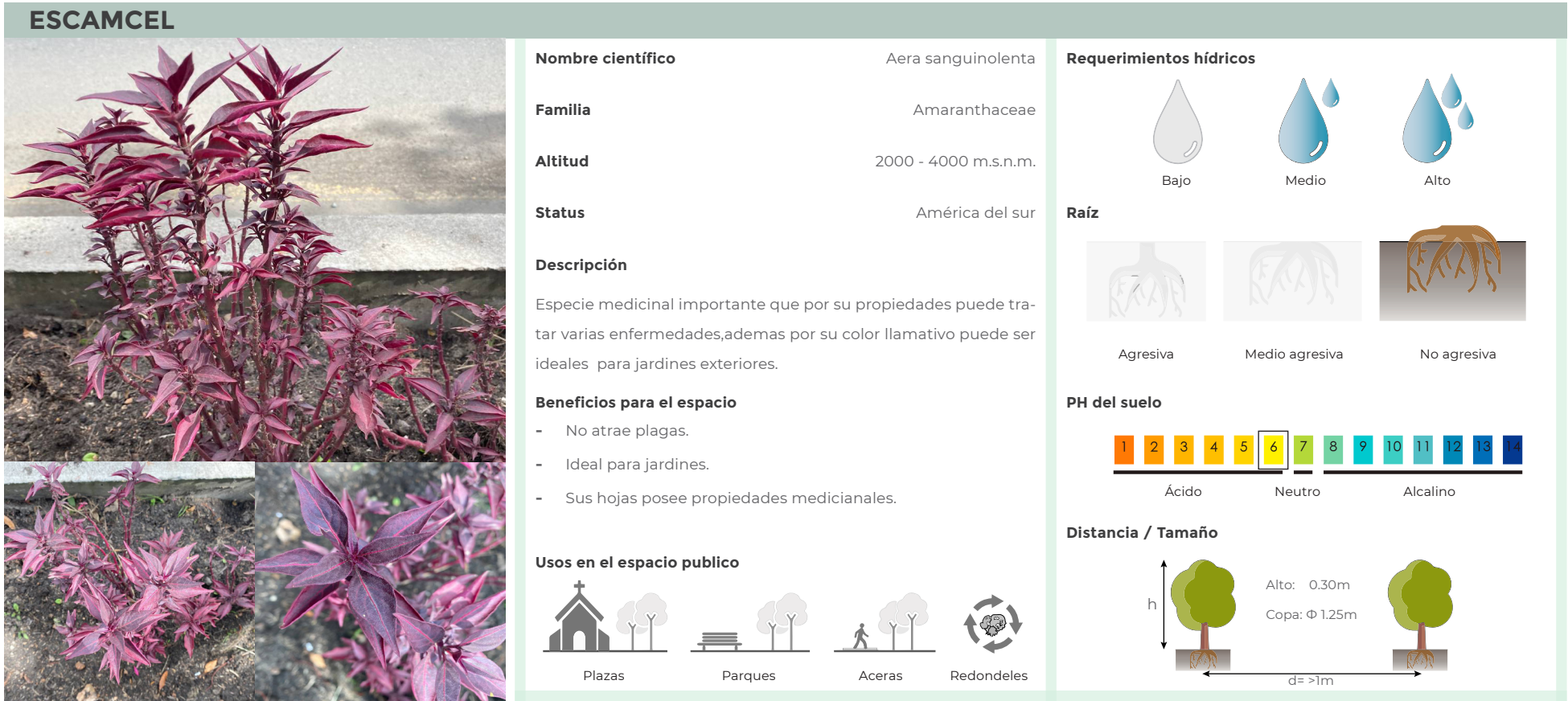


Figura 3.27 Fichas etnobotánicas / Agapanthus africanus.



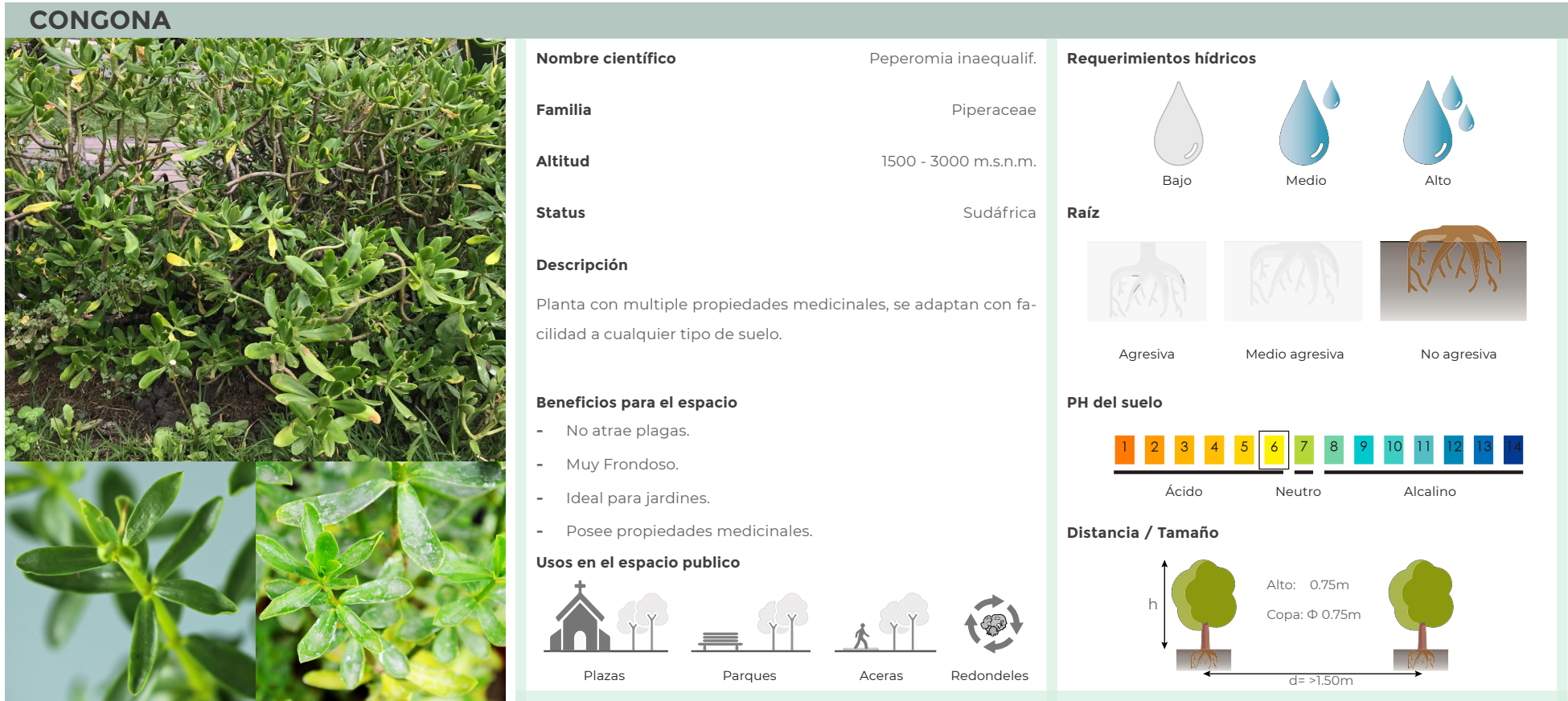
Fuente: (Carrión & Mosquera, 2018).

Figura 3.28 Fichas etnobotánicas / Aera sanguinolenta.



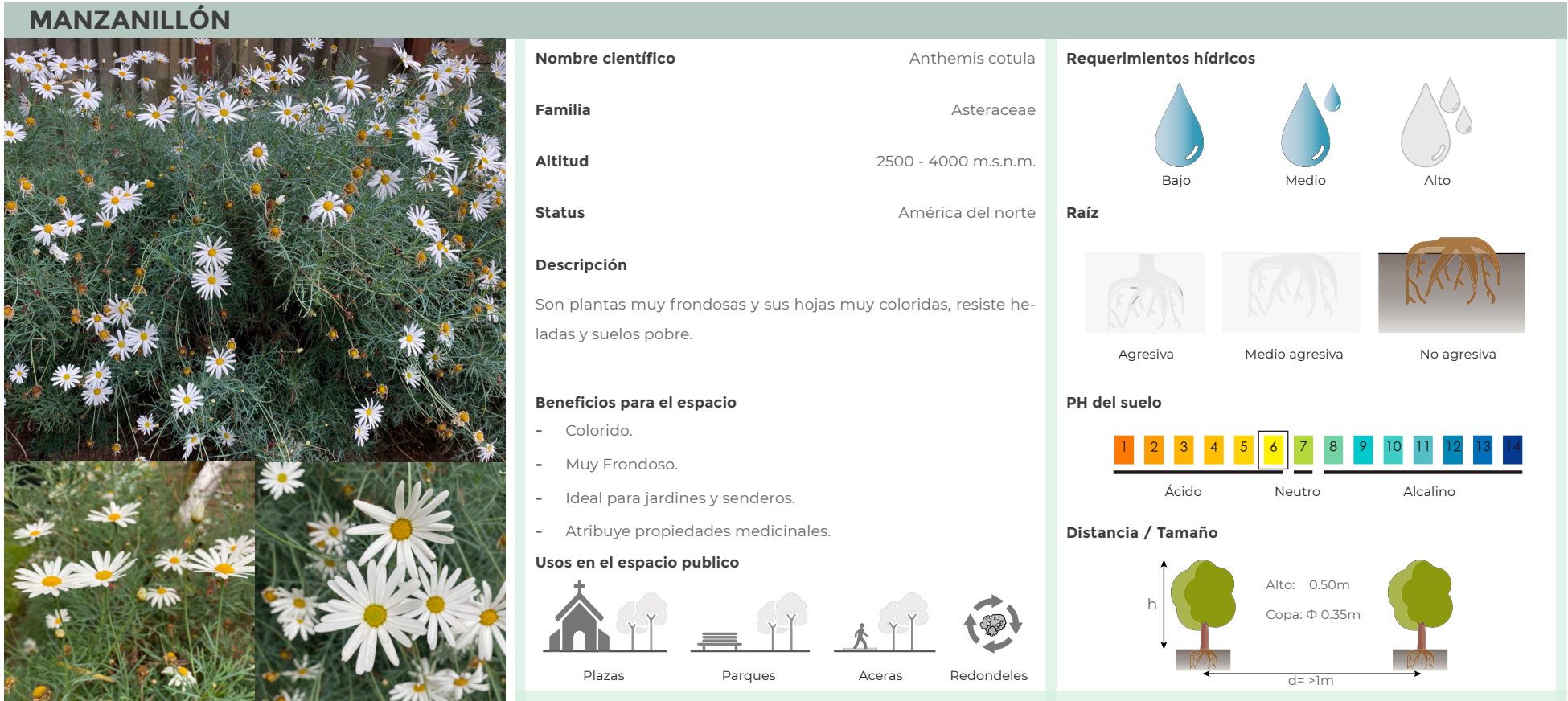
Fuente: (Carrión & Mosquera, 2018)

Figura 3.29 Fichas etnobotánicas / *Peperomia inaequalif.*



Fuente: (Jardín Botánico ISTMAS, 2021)

Figura 3.30 Fichas etnobotánicas / *Anthemis cotula.*



Fuente: (Carrión & Mosquera, 2018)

3.5. Conclusiones específicas

1.

Los estudios preliminares que se realizaron en sitio son de gran importancia para la propuesta de diseño de los jardines de lluvia en parte de la Av. Fray Vicente Solano, se analizó principalmente características del suelo, así como también las del clima de la ciudad de Cuenca los cuales fueron fundamentales para el diseño de la propuesta.
2.

Los 3 eventos de lluvia escogidos fueron tomados de los datos de intensidades máximas de la estación Mariscal Lamar, puesto que es la más cercana a nuestra área de estudio, los cuales nos permiten junto con otros datos calcular el volumen de escorrentía y posteriormente determinar la superficie requerida para los sistemas de biorretención propuestos en la medianera de la Av. Fray Vicente Solano, además nos permitió evaluar la variación de superficies necesarias en cada evento.
3.

La elección del segundo evento de lluvia para el diseño de los jardines se escogió como una media de las precipitaciones que se dan en la ciudad de Cuenca, que nos ayudaron a evaluar con un determinado periodo de tiempo para dicho evento la superficie requerida para el respectivo predimensionamiento.
4.

El análisis del suelo, mediante las pruebas de infiltración realizadas en un punto específico permitió determinar la capacidad de permeabilidad que tiene la superficie, obteniendo resultados positivos en dichos ensayos que facilitaron el diseño de la propuesta de los sistemas, además se estableció que no es necesario ningún tipo de mejoramiento en el suelo.
5.

Para seleccionar las especies aptas para los jardines de lluvia se necesitó conocer las diferentes características que se adapten mejor al tramo de estudio, entre las principales tenemos requerimiento hídrico, status, tamaño, distancia entre especies, etc. De manera que, fue necesario realizar fichas etnobotánicas con el fin de clasificarlas de mejor manera, cumpliendo con los lineamientos de uso de la vegetación en cada espacio público urbano.

“La arquitectura debe hablar de su tiempo y lugar, pero anhelar la atemporalidad”

Frank Owen Gehry

CAPITULO 04

DISEÑO DE JARDINES



4.1. Modelo conceptual.

Analizados los diferentes aspectos en el área de estudio como: topografía, clima y suelo para mediante ello realizar la propuesta de jardines de lluvia en la medianera de la avenida y con los datos obtenidos en los cálculos para determinar el área necesaria de los jardines con énfasis en el segundo evento de lluvia con lo cual se procedió a dimensionar y emplazar los jardines en los diferentes tramos de la avenida, que ayudan a disminuir la carga de escorrentía procedente de la calzada.

Se plantea dos franjas a los costados de las medianeras para el acceso directo de la escorrentía, estas están subdivididas de acuerdo a la modulación de los árboles existentes, por otra parte, se propone jardines anexos a los monumentos, los cuales están diseñados con un área para la estancia de las personas que circulan por las aceras de la Avenida Solano, estas superficies de estancia están diseñadas con placas de hormigón con separaciones una de otra y sobrepuesta sobre una capa de arena, con el objetivo único de tener una superficie permeable

para el aprovechamiento del área verde anexa, una franja de pencos en la mitad de la medianera que aproveche la humedad excedente del suelo y que también aporta un valor paisajístico al igual que los jardines de lluvia ubicados a los extremos de esta franja.

Para proponer un espacio de estancia anexo a los jardines con el objetivo también de que las personas puedan disfrutar del paisaje que brindan los jardines, los mismo también se proponen junto a los monumentos de la avenida aumentado su valor agregado mediante los jardines propuestos y las plazas permeables y es por ello que se profundiza el estudio analizando la vialidad puesto que interviene desde cierto punto de vista en la circulación de los peatones a ciertos espacios propuestos para el descanso de los mismos. En cuanto a la vialidad se determinar las zonas conflictivas de los cruces viales que influyen en la circulación.

Los pasos peatonales dispuestos en cada cruce vehicular ayudan a la circulación del peatón hacia los espacios de estancia que forman parte de los jardines de lluvia (Figura 4.1) (Figura 4.2).

Figura 4.1 Emplazamiento de Suds.

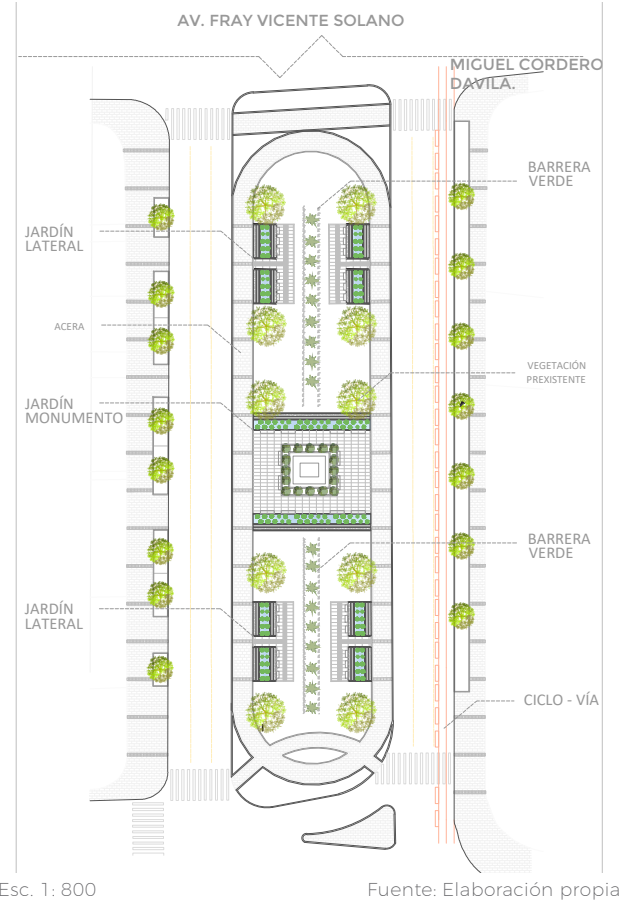


Figura 4.2 Análisis vial del tramo de estudio.

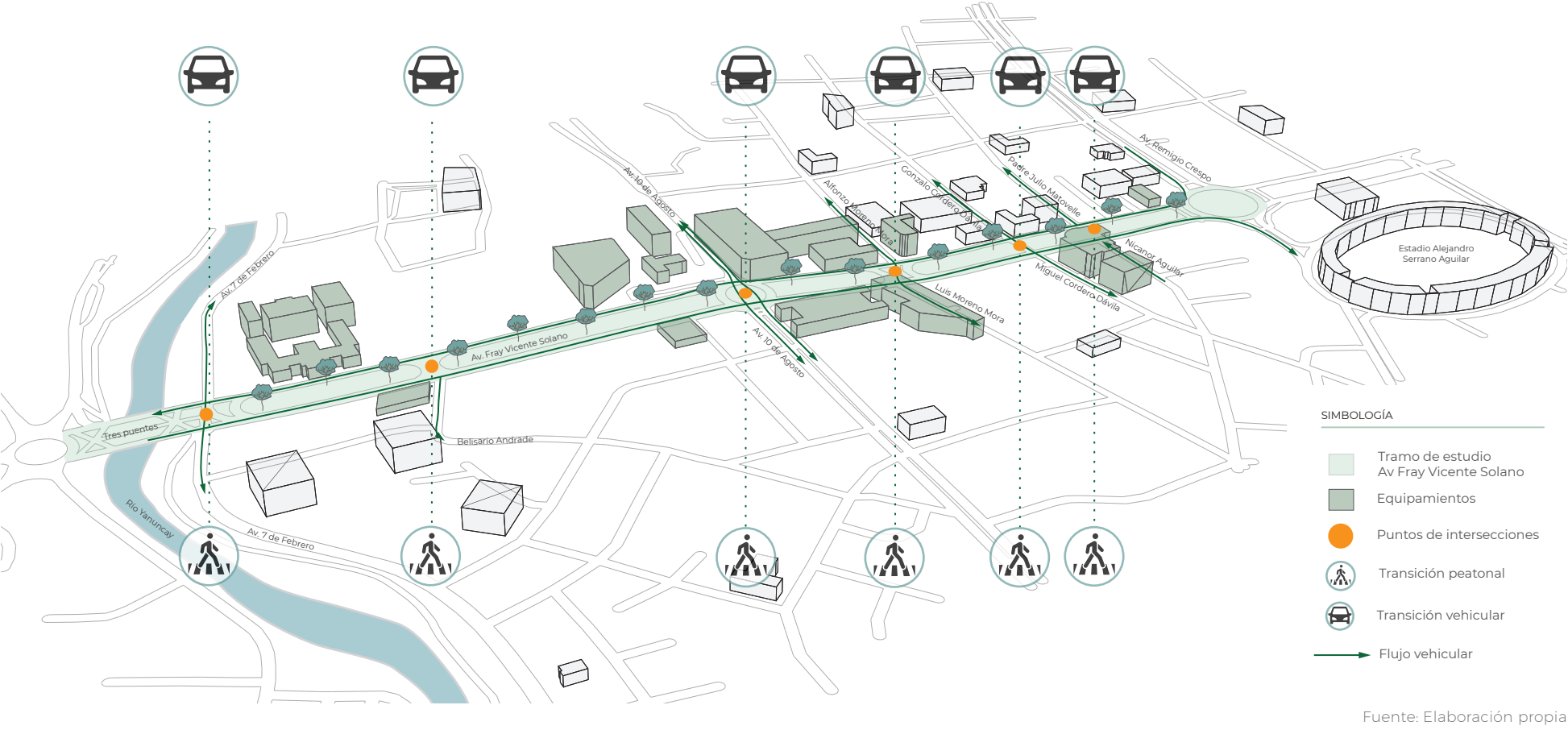
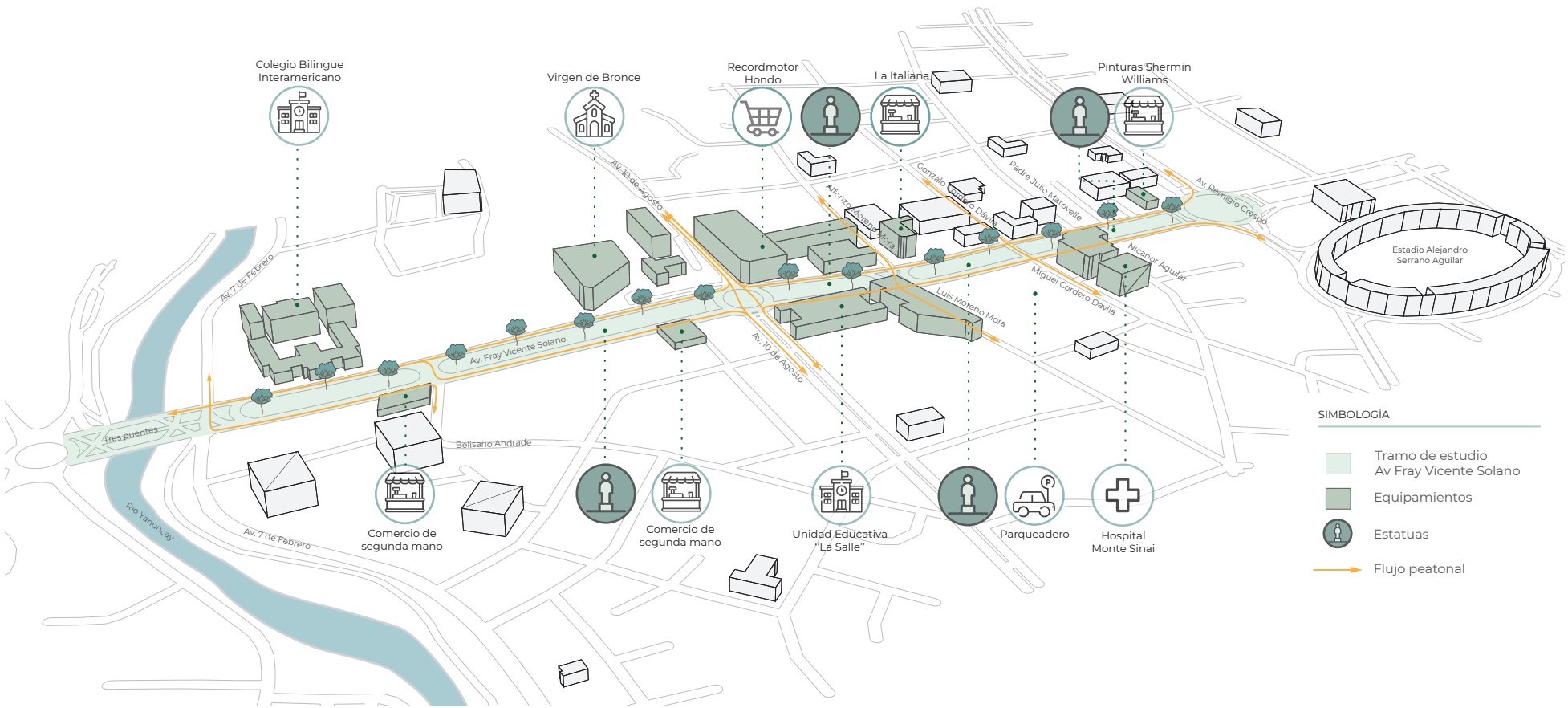


Figura 4.3 Análisis peatonal del tramo de estudio.



Fuente: Elaboración propia

4.1.1. Criterios de diseño para los sistemas de bio-retención.

Es muy importante dentro del diseño y dimensionamiento enfocarse en la cantidad de escorrentía en el suelo para tener un control sobre el agua y con ello mantener y proteger el ciclo natural. Las tasas máximas de escorrentía que tienen que ver con las máximas escorrentías de aguas superficiales descargadas en una superficie impermeable aumenta si el agua no puede penetrar el suelo y con ello aumenta las probabilidades de inundaciones.

Entre las consideraciones generales para el diseño del jardín de lluvia enfocadas desde la estructura del jardín de lluvia y el funcionamiento de cada una de sus partes. La vegetación del sistema de bioretención que crece en el medio filtrante atrapa y absorbe los contaminantes, previene la erosión del medio filtrante y mediante sus raíces evita la obstrucción del sistema. El requerimiento de la misma para su implantación dentro del sistema tendrá variaciones según los factores de clima y requisitos de paisaje (Ballard et al., 2015).

El diseño de la entrada es fundamental ya que debe evitar la erosión y socavación con el objetivo de la distribución del agua en la superficie de manera uniforme, esto teniendo en cuenta la velocidad de flujo (Ballard et al., 2015).

La profundidad del jardín destinado a la recolección de la escorrentía está entre 150 a 300 mm, el ancho del sistema debe ser mayor a 600 mm y menor a 20 m, con una longitud máxima de 40 m para evitar desniveles, el área total del jardín no debe ser mayor a 800 m², esto para que el sistema se integre al paisaje y los elementos locales (Ballard et al., 2015).

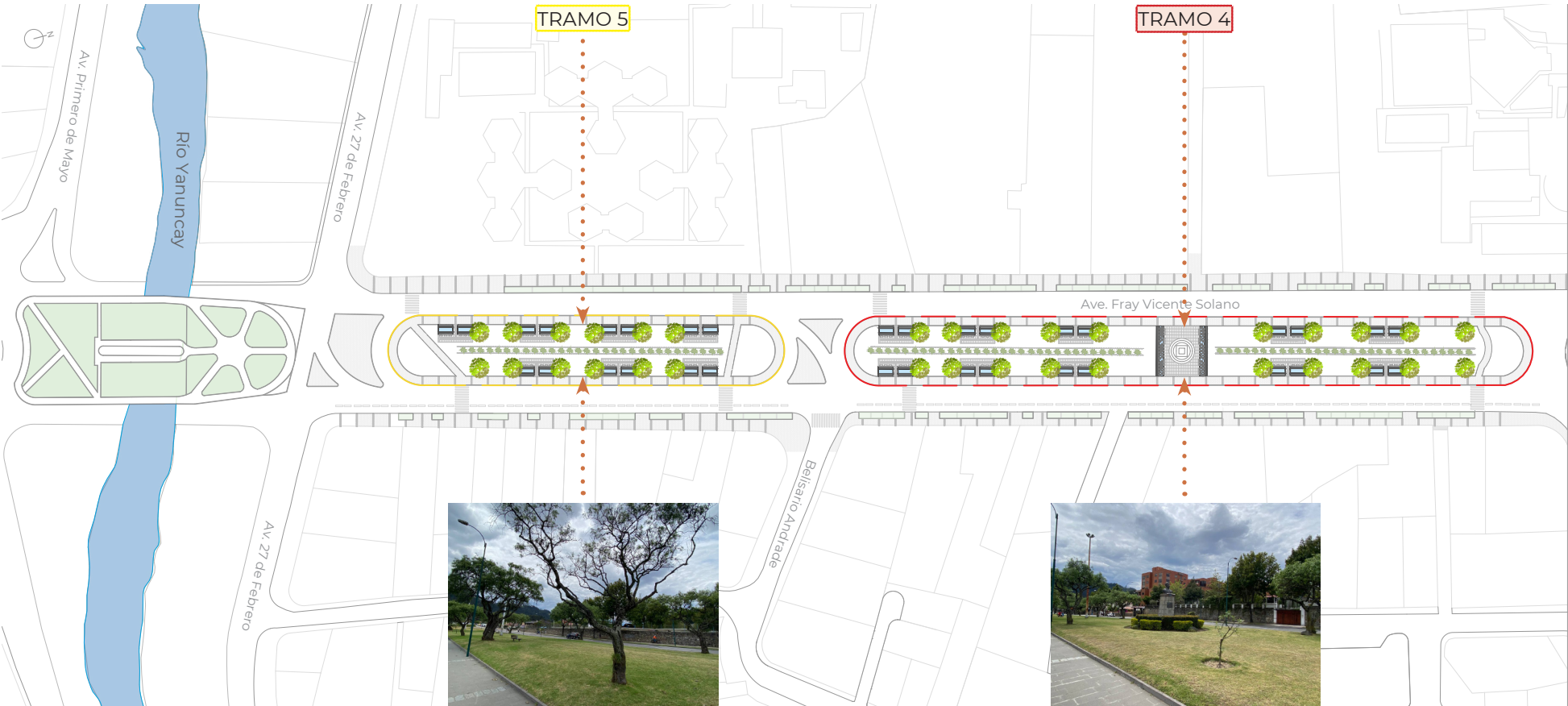
La profundidad del medio filtrante que es la capa resultante de la mezcla de arena, materia orgánica y nutrientes, encargado de filtrar los contaminantes de la escorrentía y controlar la filtración de la misma, este debe de tener una profundidad estimada de 750 a 1000 mm y un mínimo de 400 mm. La permeabilidad del medio filtrante debe estar en un rango de 100 y 300 mm/h, el sistema de biorretención debe de filtrar el agua en un periodo comprendido hasta las 48h después del evento de

lluvia, por ello el medio filtrante debe de tener un límite de tamaño de partículas para que permita una eficiente escorrentía. Este medio debe de contener el suficiente material orgánico que debe estar entre el 3 al 5 % y su ph entre 5.5 a 8.5 características del suelo aptas para la vegetación (Ballard et al., 2015).

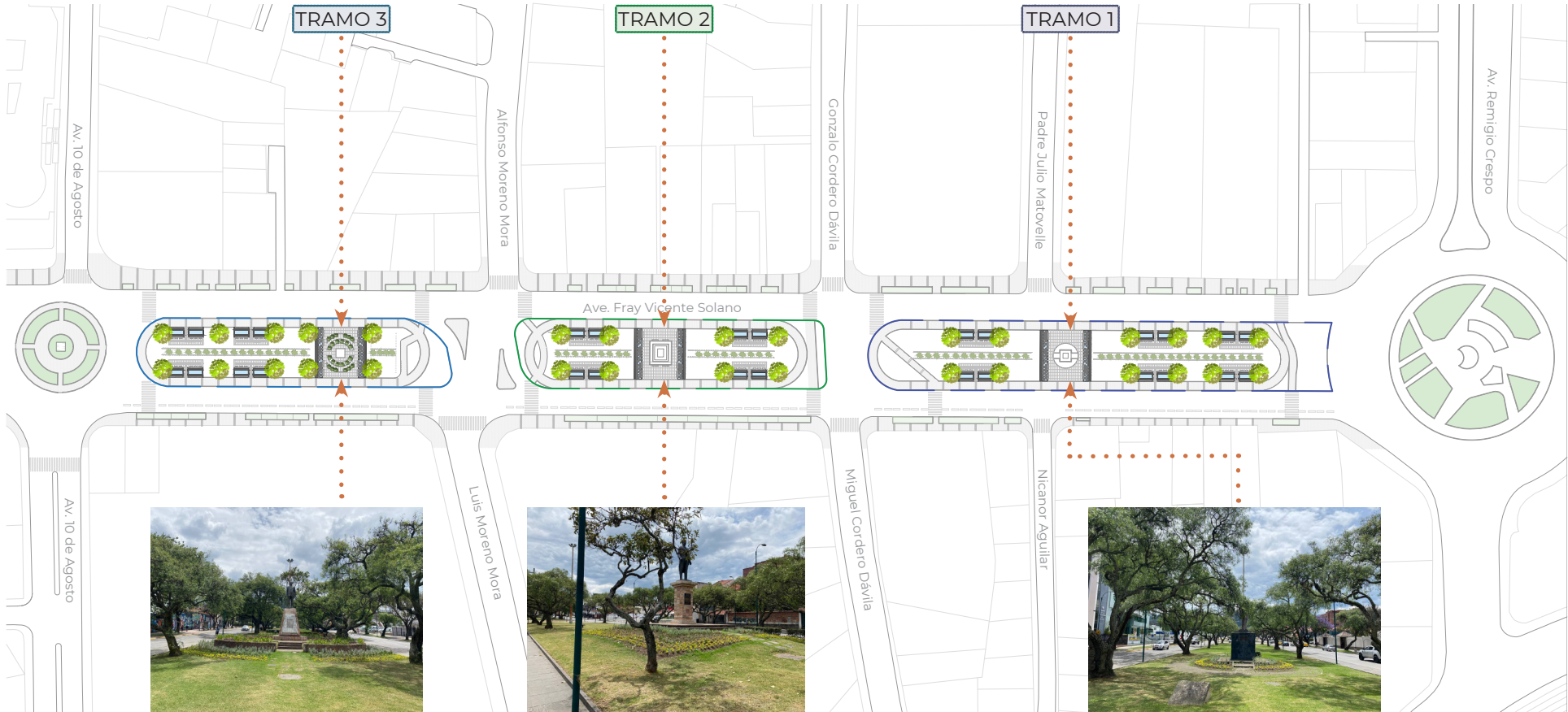
El rebosadero es la tubería vertical que se une con la longitudinal que se encuentra por sobre el nivel del espejo de agua, está encargado de conducir el exceso de agua hacia el otro jardín anexo cuando el volumen del sistema se llena hasta el límite (Ballard et al., 2015).

Los jardines de lluvia de áreas extensas que drenan superficies grandes como vías pueden estar dispuestos de forma lineal con diferentes puntos de entrada hacia el sistema, los cortes de las aceras es la opción de entrada más apropiada desde la vía con una abertura de hasta 50 mm para evitar bloqueos (Ballard et al., 2015).

Figura 4.4 Ubicación de tramos en la Av. Fray Vicente Solano.



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Tramo 01.

El tramo 1 está comprendido entre la Avenida Remigio Crespo y Gonzalo Cordero, en esta superficie de 3540 m2, se propone emplazar 6 jardines laterales y 2 jardines que se integran con el monumento existente en la medianera. Los sistemas de bioretención se integran con una estancia para uso exclusivo del peatón (Figura 4.3) y (Figura 4.4).

Figura 4.5 Ubicación tramo 01 - Av. Fray Vicente Solano.

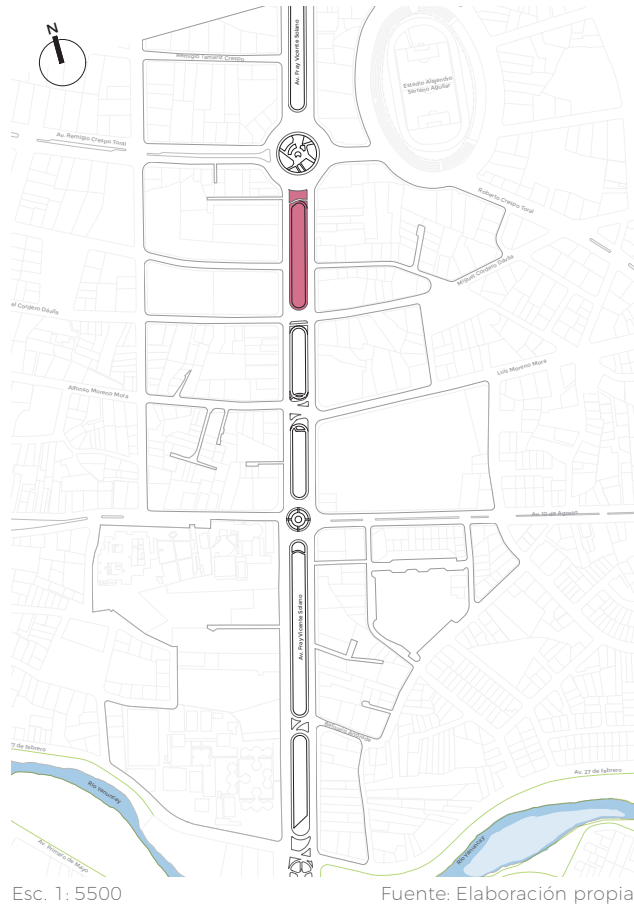


Figura 4.6 Emplazamiento SUDS tramo 01.

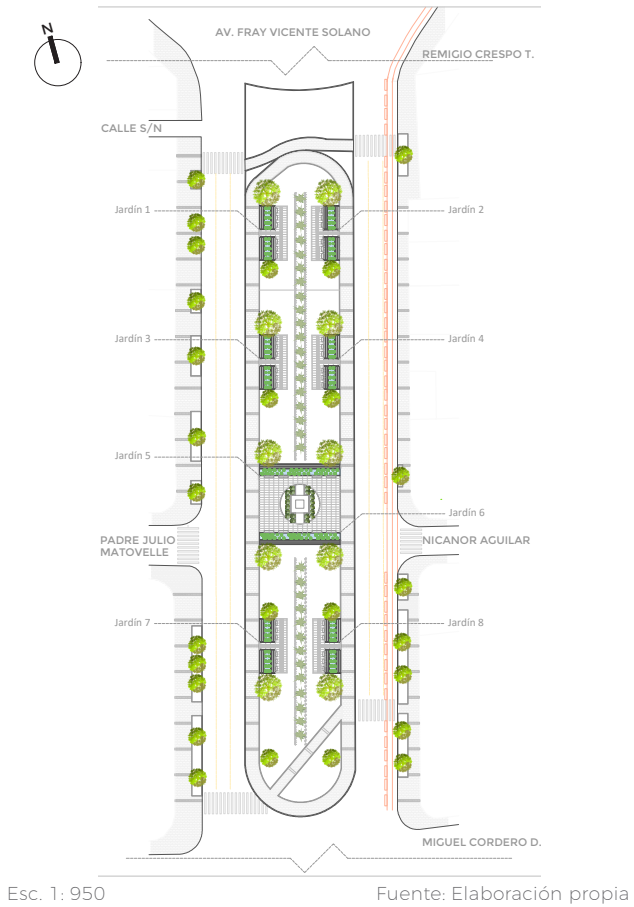


Figura 4.7 Ubicación tramo 02 Av. Fray Vicente Solano.

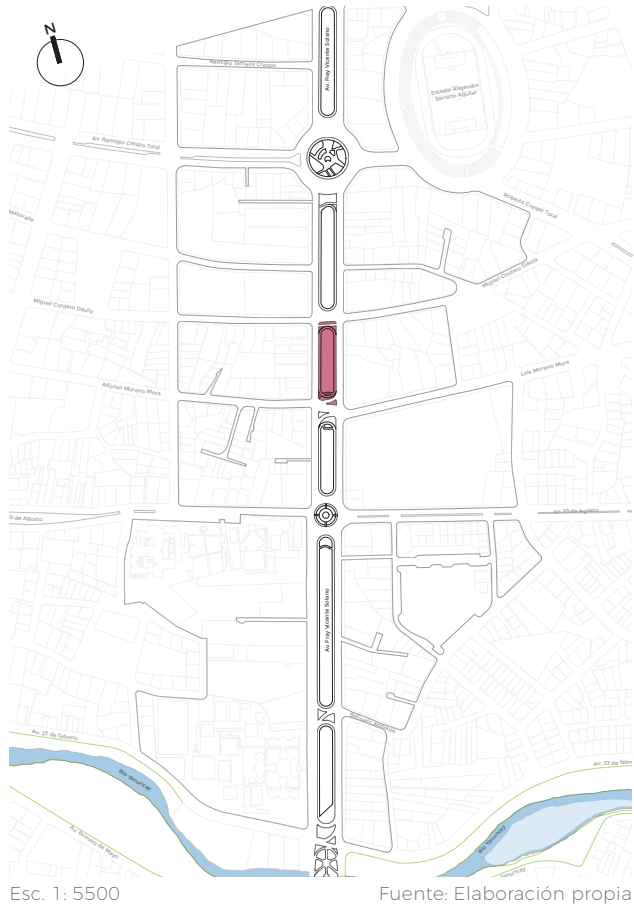
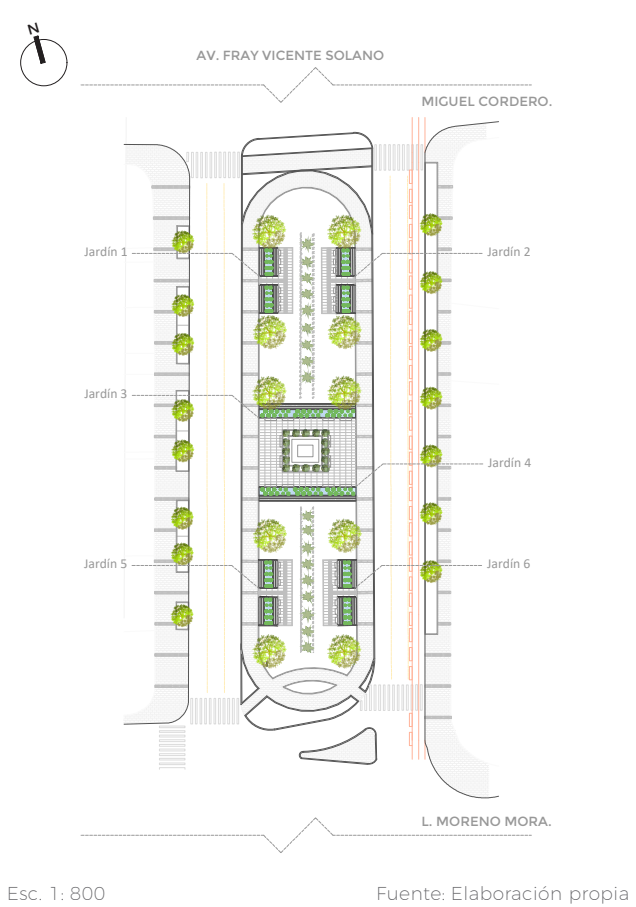


Figura 4.8 Emplazamiento SUDS tramo 02.



4.1.3. Tramo 02.

El tramo 2 está comprendido entre la Avenida Gonzalo Cordero y Alfonso Moreno Dávila, en esta superficie de 2375 m2, se propone emplazar 4 jardines laterales y 2 jardines que se integran con el monumento existente en la medianera (Figura 4.5) y (Figura 4.6).

4.1.4. Tramo 03.

El tramo 3 está comprendido entre la Avenida Alfonso Moreno Mora y Diez de Agosto, en esta superficie de 2225 m2, se propone emplazar 4 jardines laterales y 2 jardines que se integran con el monumento existente en la medianera (Figura 4.7) y (Figura 4.8).

Figura 4.9 Ubicación tramo 03 Av. Fray Vicente Solano.

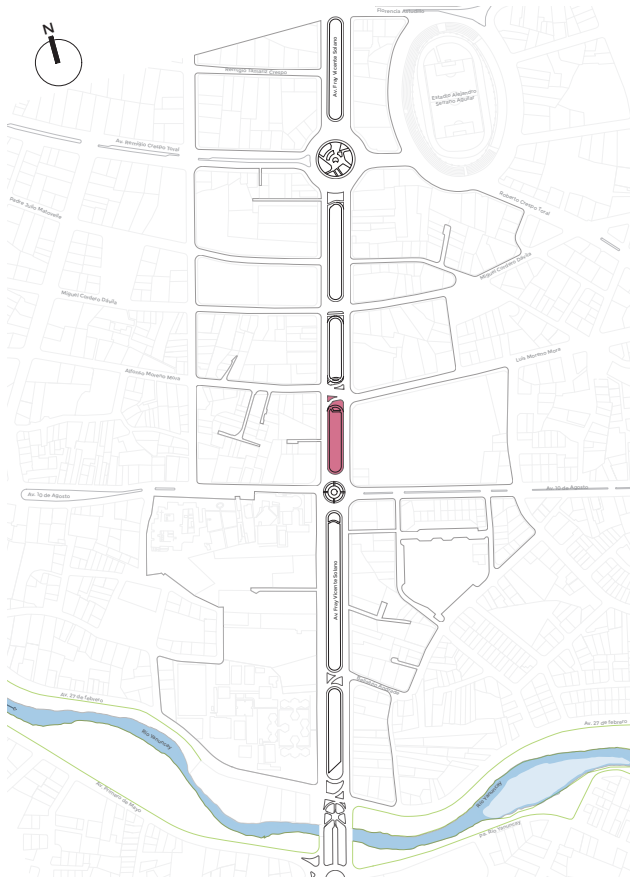


Figura 4.10 Emplazamiento SUDS tramo 03.

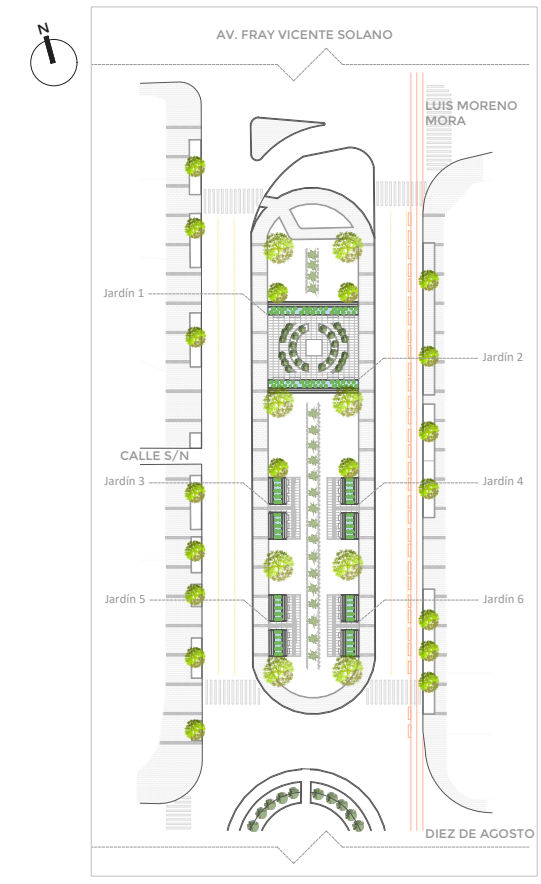


Figura 4.11 Ubicación tramo 04 Av. Fray Vicente Solano.

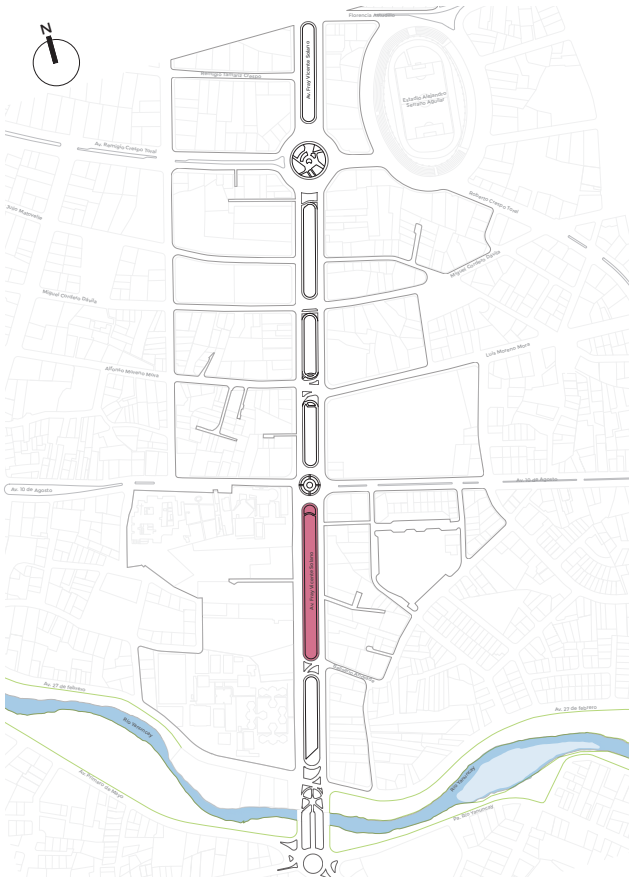
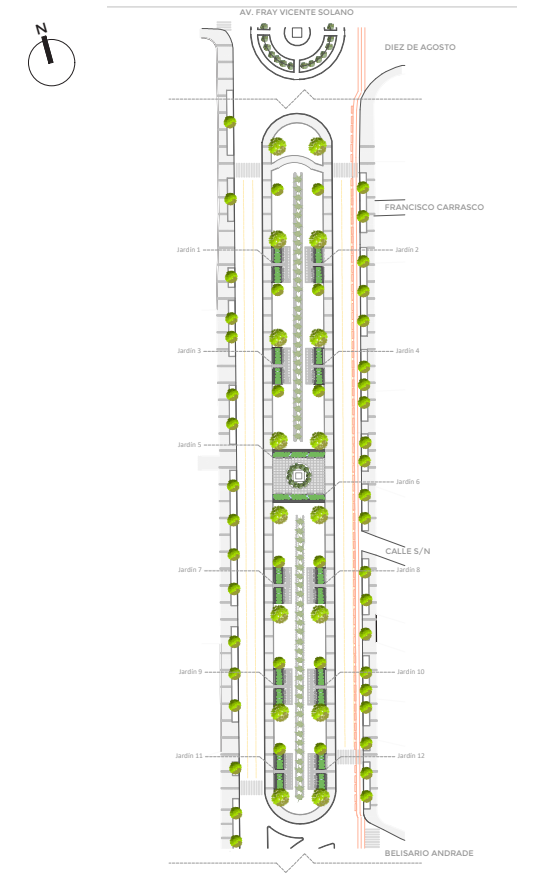


Figura 4.12 Emplazamiento SUDS tramo 04.



4.1.5. Tramo 04

El tramo 4 está comprendido entre la Avenida Diez de Agosto y Belisario Andrade, en esta superficie de 5410 m2, que es la más representativa de todas en la cual se propone emplazar 10 jardines laterales y 2 jardines que se integran con el monumento existente en la medianera (Figura 4.9) y (Figura 4.10).

4.1.6. Tramo 05

El tramo 5 está comprendido entre la Avenida Belisario Andrade y 27 de febrero, en esta superficie final de 3115 m2, se propone emplazar 7 jardines laterales únicamente puesto que en este tramo no existe un monumento (Figura 4.11) y (Figura 4.12).

Figura 4.13 Ubicación tramo 05 Av. Fray Vicente Solano.

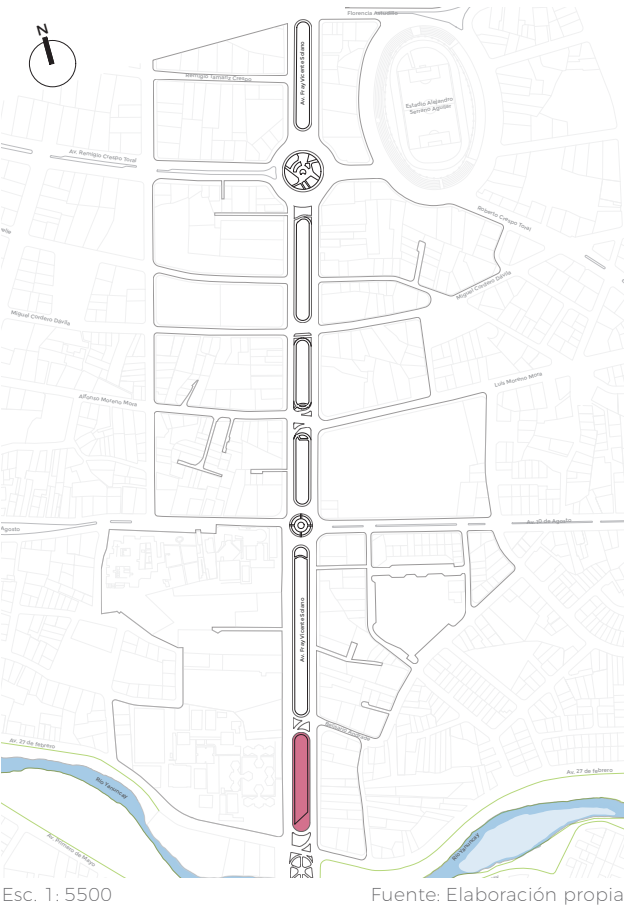
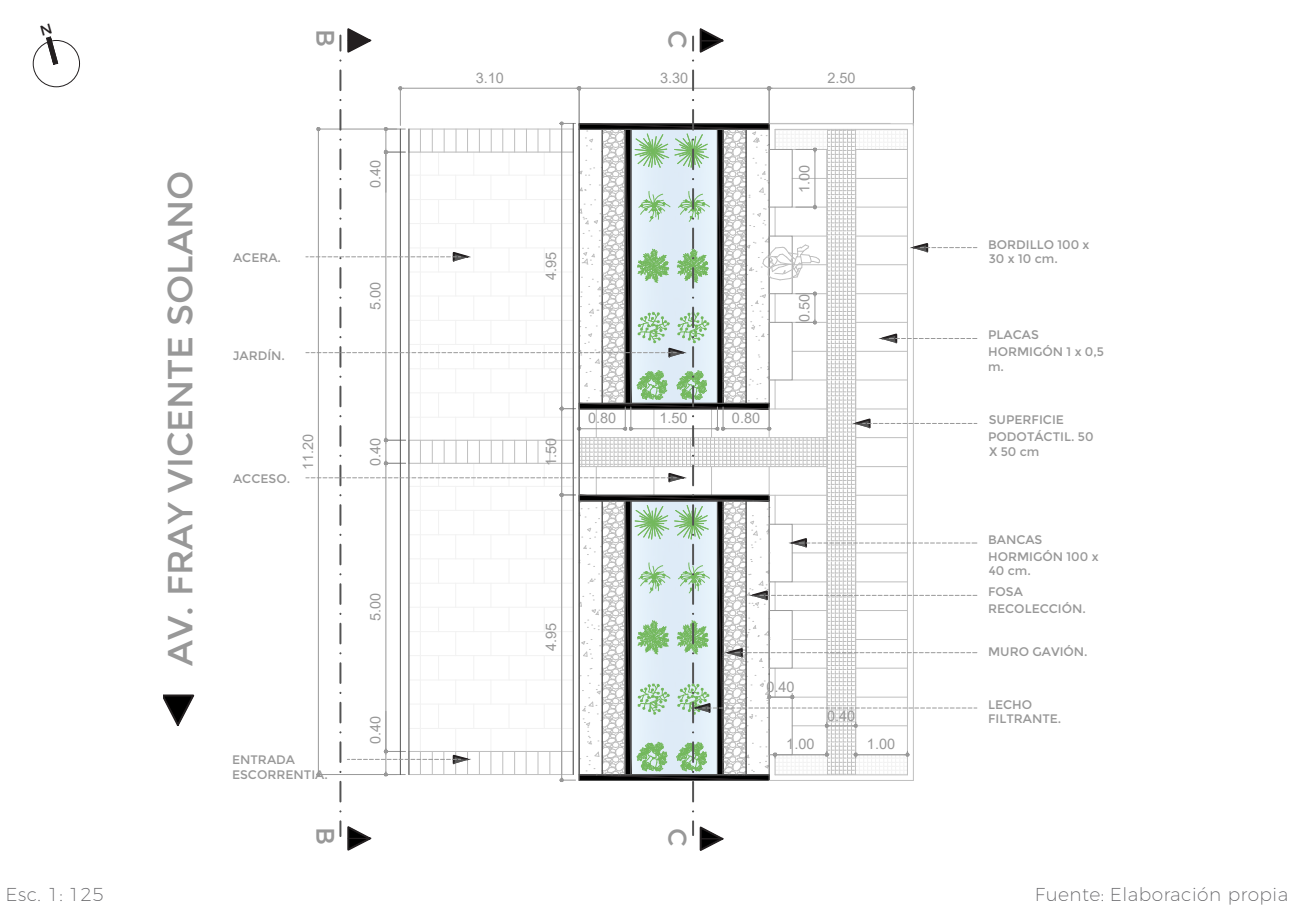


Figura 4.14 Emplazamiento SUDS tramo 05.



Figura 4.15 Dimensionamiento de jardines de lluvia.

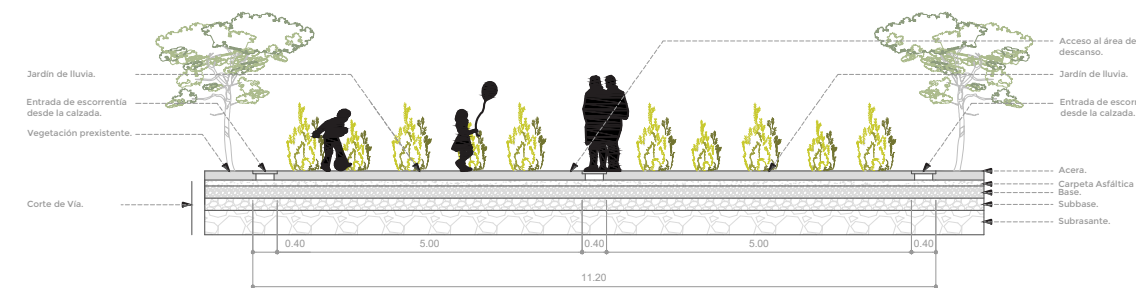


4.2. Dimensionamiento

Teniendo en cuenta el cálculo de la superficie requerida para los jardines de lluvia, así como también la superficie de cada tramo en donde se va a emplazar la propuesta se procedió con el dimensionamiento de cada jardín, los laterales tienen una superficie de 65 m2 incluyendo el área para estancia, las dimensiones son 5.80 m de ancho y de largo 11.20 m y están divididos en dos segmentos (Figura 4.13).

El ingreso escorrentía procedente de las vías que están anexas a las superficies verdes está dada por los accesos en las aceras, estos cuentan con una dimensión de 40 cm para evitar estancamientos y están dispuestos cada 5 m de acuerdo a la modulación de la materialidad existente en las aceras. Los jardines están emplazados en la superficie dispuesta entre cada árbol existente en la medianera (Figura 4.14) y (Figura 4.15).

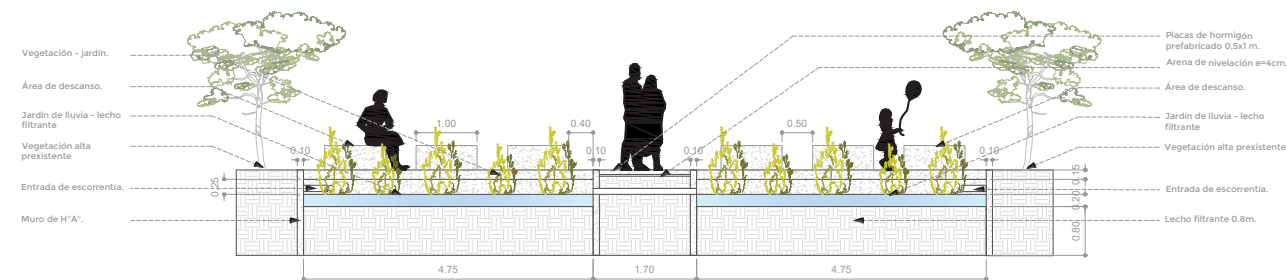
Figura 4.16 Entradas de esorrentía.



Esc. 1: 125

Fuente: Elaboración propia

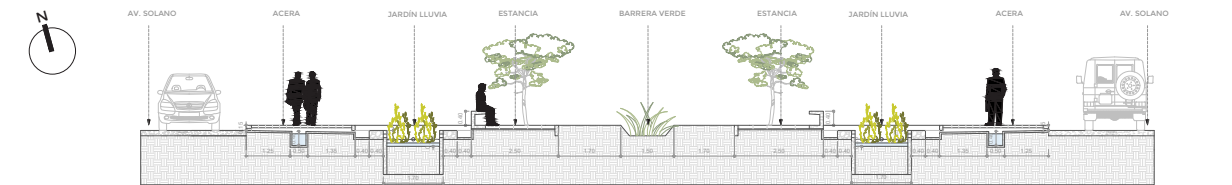
Figura 4.17 Corte longitudinal de jardín de lluvia.



Esc. 1: 125

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.18 Emplazamiento de jardines de lluvia en medianera.



Esc. 1:125

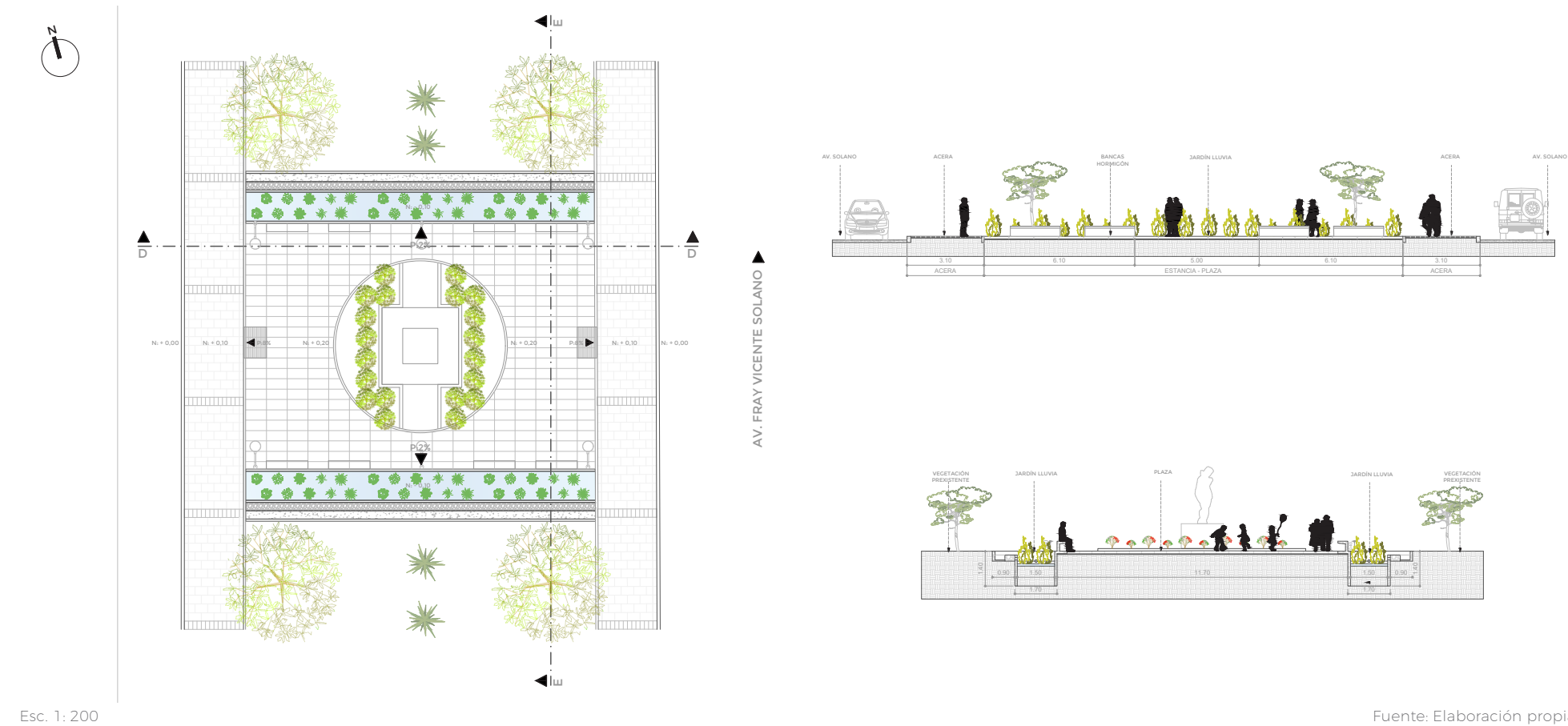
Fuente: Elaboración propia

4.3. Emplazamiento.

Los jardines están emplazados en los dos sentidos de la medianera de la Avenida Solano, dejando en la mitad una superficie en la que se propone una barrera verde de pencos que aprovechen de la humedad del suelo, así como también el excedente de escorrentía de los jardines de lluvia (Figura 4.16).

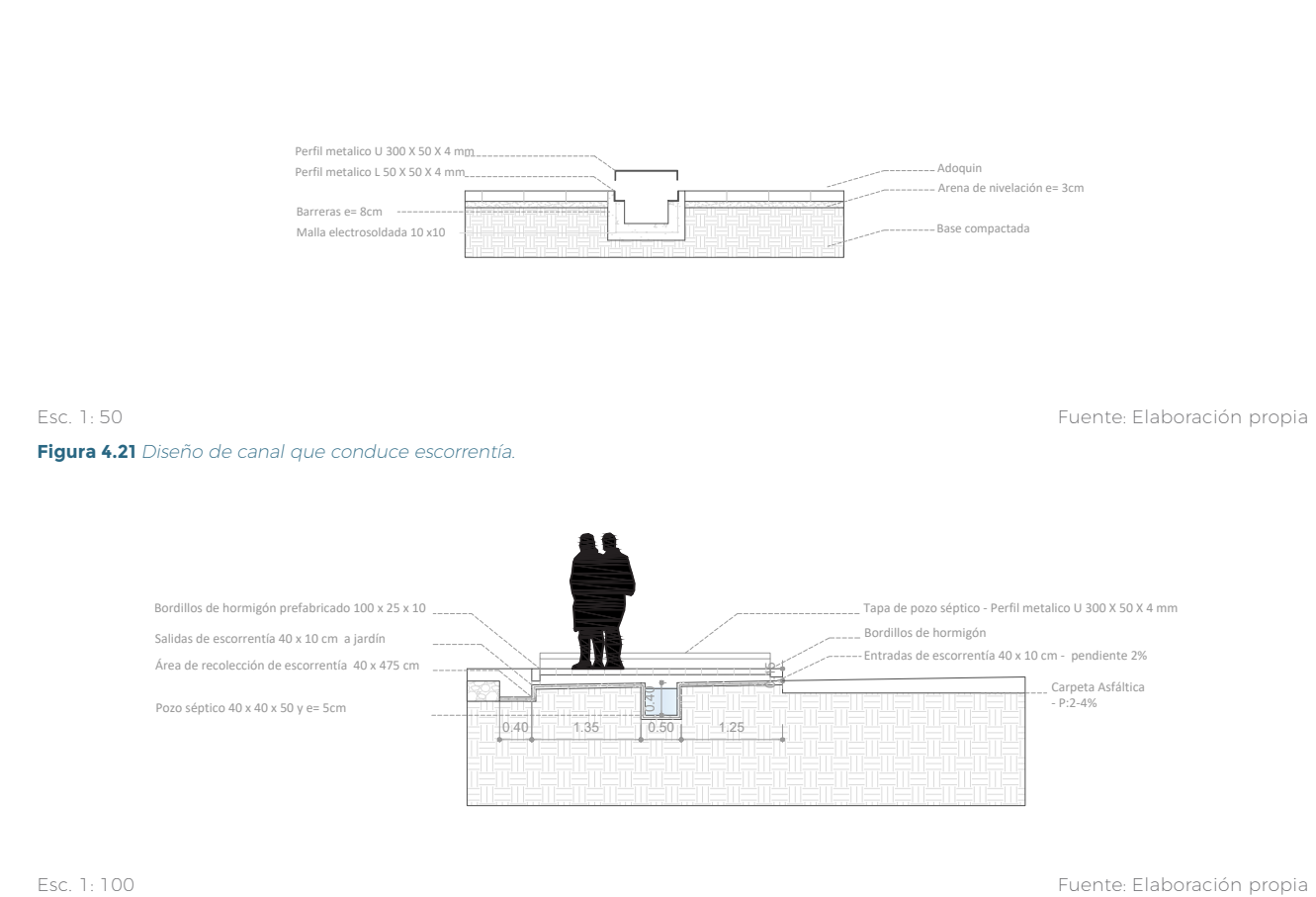
De la misma manera se propone integrar los monumentos existentes en cada tramo de la medianera de la Av. Solano con los sistemas de infiltración mediante una superficie de estancia que sirve para el descanso de los peatones que transitan por la avenida, así como también la vista del paisaje que brinda los jardines de lluvia integrada al área verde (Figura 4.17).

Figura 4.19 Integración de monumentos con los sistemas Suds.



UCUENCA

Figura 4.20 Diseño de entrada de esorrentía.



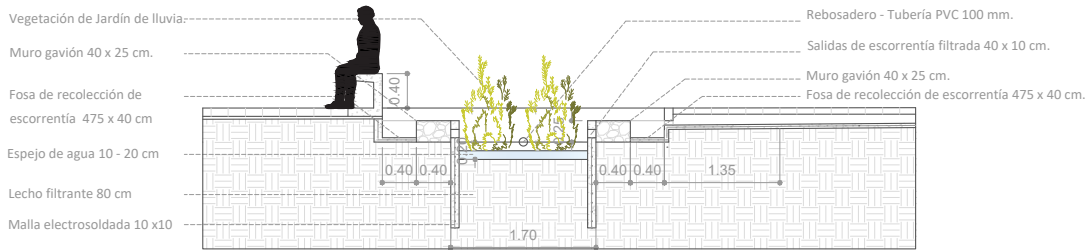
4.4. Modulación.

La entrada y el canal ubicada en la acera, mismos que conducen la escorrentía está diseñada en perfiles metálicos, perfil metálico en "L" que sirve como base del perfil en "U", que tiene la función de tapa del canal en hormigón, este sistema tiene el objetivo de revisión y de un fácil acceso a limpieza del mismo canal, así como también del pozo de sedimentos que tiene la función de recolección de partículas pesadas. El canal tiene una pendiente del 2% que lleva la escorrentía hacia el área de recolección que forma parte del jardín de lluvia (Figura 4.18) y (Figura 4.19).

El jardín de lluvia en sí está diseñado con un canal para la escorrentía que tiene como propósito su recolección hasta que esta se pueda filtrar por el muro gavión con un espesor de 40cm, dejando en esa superficie desechos como hojas y plásticos que son de fácil recolección. Posteriormente al pasar la escorrentía por medio del muro gavión esta llega hacia los jardines libre de basura para ser aprovechada por la vegetación implantada en los mismos (Figura 4.20)

La superficie destinada a estancia está diseñada con placas de hormigón hechas en obra, las dimensiones de la misma son de 50 cm de ancho y 1 m de largo con un espesor de 5 cm, esta superficie es permeable puesto que entre placa y placa se deja una junta para que el agua se pueda filtrar y la humedad del suelo sea aprovechado por la barrera verde de pencos ubicada en la mitad de la medianera (Figura 4.21).

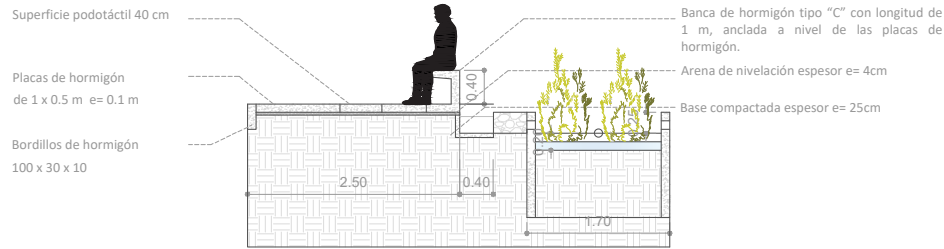
Figura 4.22 Estructura de jardín de lluvia.



Esc. 1: 100

Fuente: Elaboración propia

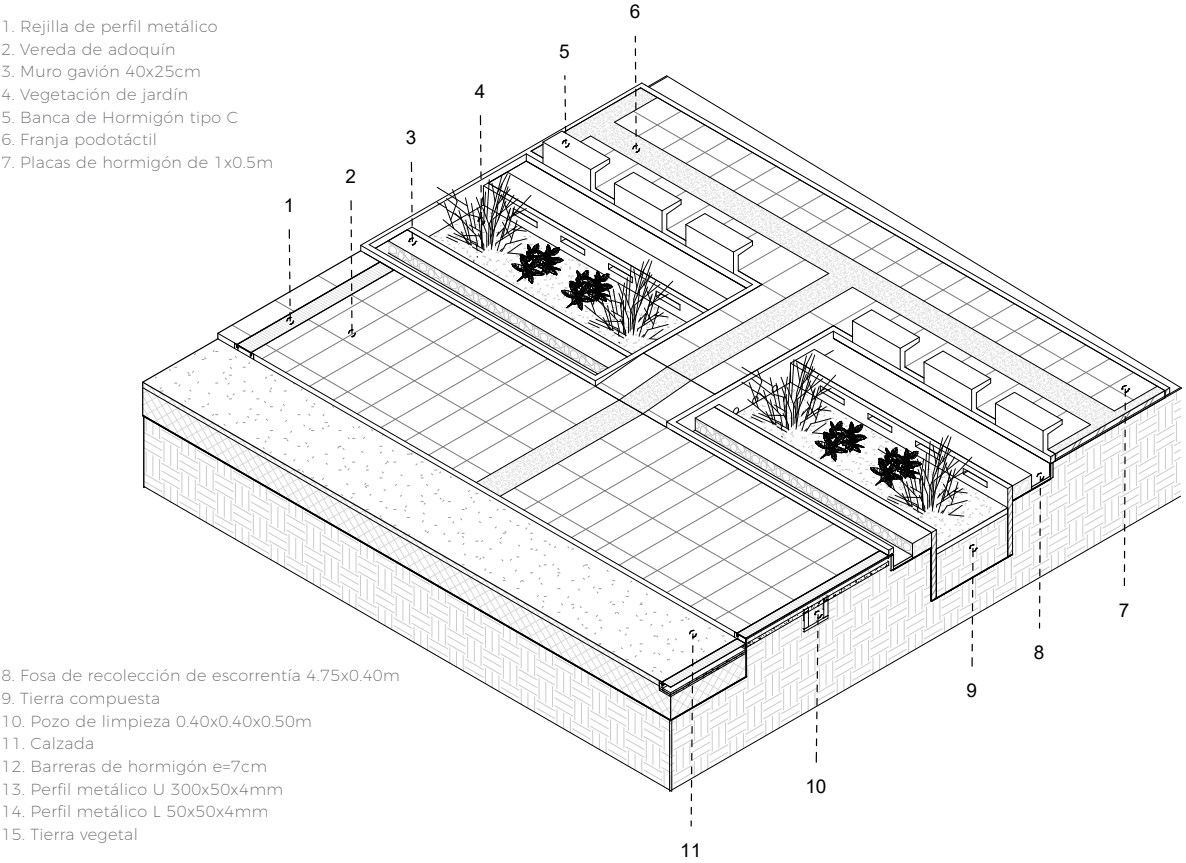
Figura 4.23 Diseño de estancia de descanso.



Esc. 1: 100

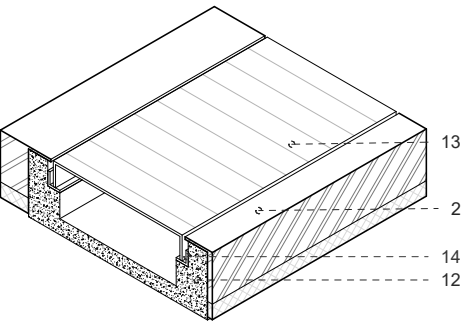
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.24 Axonométrica general del modelo jardín de lluvia



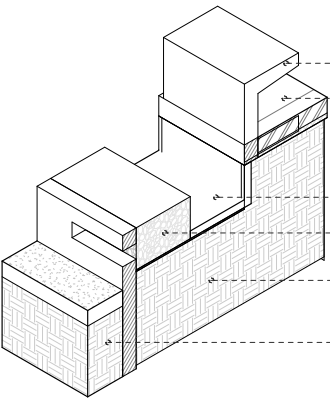
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.25 Axonométrica_detalle constructivo_entrada de agua.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.26 Axonométrica_detalle constructivo_jardín de lluvia.



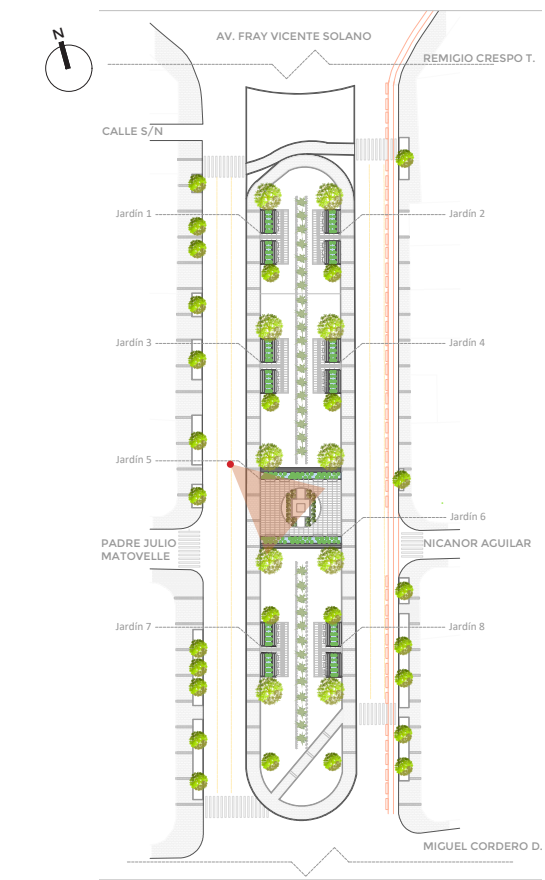
Fuente: Elaboración propia



RENDERS
RENDERS

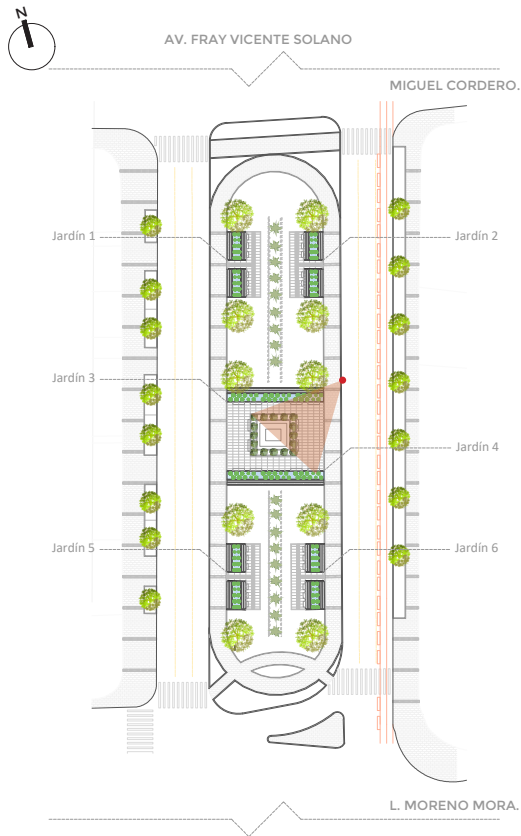
4.5. Renders

Figura 4.27 Render de los jardines de lluvia - Tramo 01



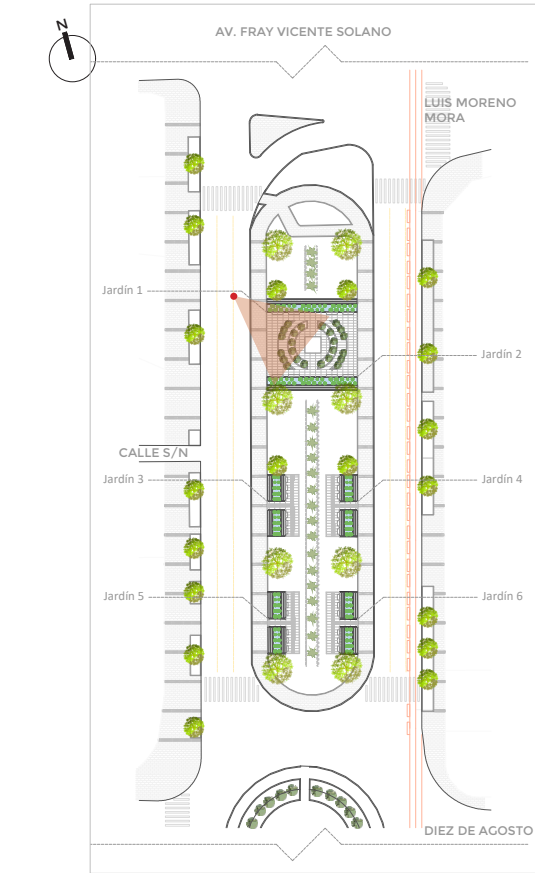
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.28 Render de los jardines de lluvia - Tramo 02



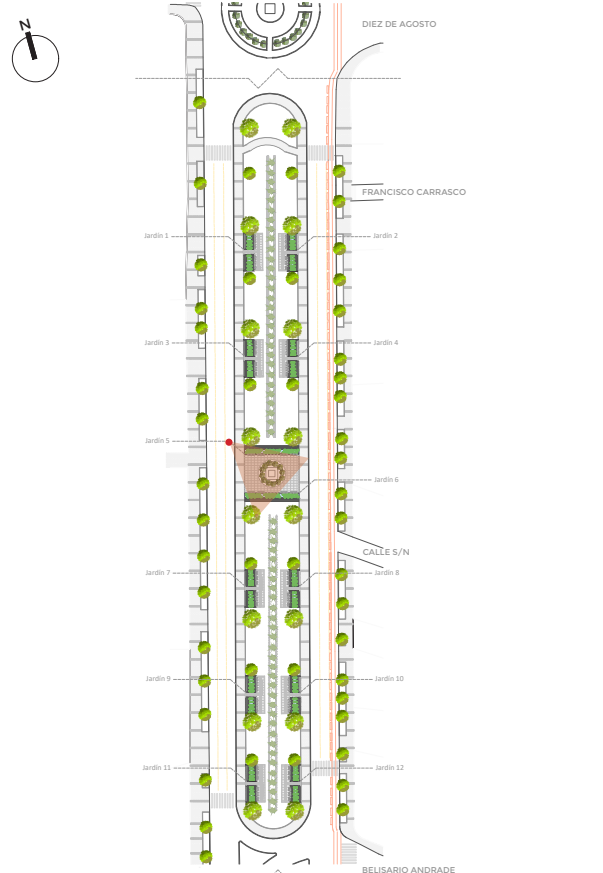
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.29 Render de los jardines de lluvia - Tramo 03



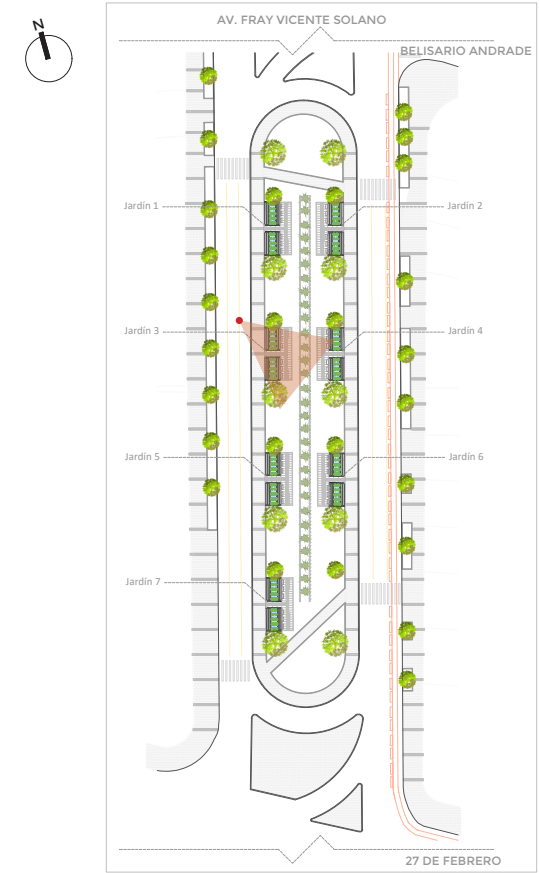
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.30 Render de los jardines de lluvia - Tramo 04



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.31 Render de los jardines de lluvia - Tramo 05



Fuente: Elaboración propia

4.6. Conclusiones Específicas

- 1. El diseño de los jardines de lluvia que cuenta con 678 m² de área de biorretención, se lo realizó mediante las metodologías analizadas en base a recomendaciones de manuales de construcción de Suds, con las cuales se realizó una propuesta de modelo apropiado a las características de suelo y clima que tiene la ciudad de Cuenca.
- 2. El estudio de la vegetación preexistente, nos permitió realizar una propuesta que se acople al contexto actual, lo que genera un efecto de bajo impacto visual en nuestro diseño.
- 3. Para el diseño de los jardines de lluvia es importante un análisis de preexistencias, vial y de flujo peatonal para determinar puntos estratégicos de implantación del proyecto, con la finalidad de potencializar esas áreas de menor impacto como son las estatuas que se ubican en los distintos tramos en la avenida, creando cruces a través de la me-

dianera con el fin de brindar prioridad al peatón y crear un vínculo entre naturaleza y transeúnte.

“La naturaleza se hace paisaje cuando el hombre la enmarca”

Le Corbusier

An aerial photograph of a city street, likely in Bogotá, Colombia. The street is wide and features a prominent green median strip with trees and a small monument. On either side of the street are various buildings, including residential houses with red-tiled roofs and larger commercial or institutional structures. A double-decker bus is visible on the left side of the street. The image is overlaid with a semi-transparent green rectangle containing the chapter title.

CAPITULO 05

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones generales

1.

Los jardines de lluvia son sistemas de biorretención que están contemplados dentro de los Suds y que tienen como objetivo el aprovechamiento al máximo de la escorrentía para utilizarla en su superficie verde, estos se pueden implementar en las aceras, medianeras y áreas verdes dentro de las ciudades.
2.

Los jardines se conectan y se integran con la naturaleza lo que promueve a las urbes a convertirse en una ciudad verde y sostenible que trae beneficios a los pobladores, así como al medio. Reduciendo la contaminación del aire, disminución de la temperatura, mayor superficie permeable que permite la infiltración de agua y mejoría en la calidad de vida de las personas al estar en contacto con la naturaleza.
3.

Los jardines de lluvia ayudan en gran parte a disminuir las inundaciones en ciertas zonas vulnerables puesto que gestionan considerablemente la escorrentía procedente de las vías y aceras.
4.

Los sistemas urbanos de drenajes sostenibles son un complemento de los sistemas de drenaje actuales, que ayudan a gestionar de mejor manera la escorrentía, además se da uso en una superficie verde, aportando beneficios paisajísticos y ambientales.
5.

La vegetación cumple un papel muy importante dentro de los jardines de lluvia, brindando una buena calidad espacial, confort y un buen manejo ambiental en el espacio público urbano, por tal razón se incorporaron especies nativas de la región que proporcionan un consumo hídrico más eficiente en épocas de estiaje.
6.

El mantenimiento de las especies vegetales, contribuyen a un mejor funcionamiento de los jardines de lluvia, puesto que al utilizar especies autóctonas o nativas requieren un consumo hídrico más eficiente épocas de sequía en comparación a las especies introducidas, de manera que se adapten a un contexto natural, aprovechando de mejor manera las precipitaciones y con ello reduciendo el costo de su mantenimiento en

cuanto a su poda, corte, riego y formación de las áreas verdes.

7.

En resumen, se ha demostrado que los jardines de lluvia son un sistema de construcción versátil y económico que se puede adaptar a cualquier espacio urbano. Además, utilizan materiales convencionales lo que facilita la construcción.

5.2. Recomendaciones

1.

Se sugiere realizar un profundo análisis de sitio, profundizando en ciertos puntos como el tipo de suelo, clima, topografía para poder realizar una propuesta de diseño y emplazamiento de jardines de lluvia en una superficie determinada.
2.

Analizar el suelo en cuanto a su composición granulométrica, es muy importante determinar sus características ya que de estas depende la capacidad de filtración que la superficie dispone y con ello se puede realizar un tratamiento de mejoramiento para una eficiente filtración para los jardines de lluvia.
3.

Se recomienda analizar la paleta vegetal a implementar ya que cumple la función más importante de recibir la escorrentía y devolverla al medio, esta debe ser escogida según las necesidades paisajísticas y de características climáticas ya que dependiendo de la ubicación las precipitaciones varían y por ende el volumen de escorrentía, anali-

zar estos puntos ayudan a que los sistemas de biorretención trabajen eficientemente.

4.

Impulsar la inclusión de los sistemas de biorretención en aceras, medianeras o áreas verdes de la ciudad de Cuenca puesto que reduce en gran parte el volumen de escorrentía acumulada especialmente en las superficies impermeables como las vías, lo que ayuda a los sistemas de drenaje convencionales a no saturarse y provocar consecuencias como inundaciones.
5.

El mantenimiento es fundamental, por ende, se recomienda que después de la plantación de las especies se realice la respectiva limpieza de basura en un cierto periodo de tiempo, de la misma manera se realice un riego en épocas de estiaje hasta que las especies están totalmente establecidas, el podado y deshierbe de los jardines se deberán realizar en periodos de 6 meses, seguidamente de la extracción de sedimentos provenientes de la calzada y de la propia lluvia.

6.

Se recomienda realizar monitoreos visuales y estadísticos después de su construcción con el fin de evaluar su capacidad filtrante y la biorretención según las diferentes precipitaciones o condiciones climáticas que se presenten anualmente, además mediante simuladores climatológicos sería indispensable evaluar los caudales de escorrentía y compararlos con los de los sistemas convencionales con la finalidad de demostrar que los jardines de lluvia son factibles en el área urbana.

5.3. Futuras líneas de investigación.

- 1. Se recomienda a los GADS de la ciudad de Cuenca, actualizar El Plan de Ordenamiento Territorial considerando la inclusión de los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) en espacios públicos como formas de gestión de aguas pluviales, con el fin de aportar la disminución de riesgos naturales.
- 2. La presente investigación realizada en este trabajo de titulación, es solo un acercamiento al desarrollo de los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) propuestos en un contexto local, abriendo el tema a futuras investigaciones acerca del aprovechamiento del agua de lluvia en las ciudades, involucrando a profesionales acordes al tema que potencialicen estos recursos e impulsen cada vez más tener a una ciudad sostenible.
- 3. Impulsar a la investigación de nuevas estrategias relacionados con los SUDS, que aprovechen del recurso hídrico en forma de esorrentía y sea utilizado para determinados empleos, sería de gran impacto si estas es-

trategias se desarrollaran a escala urbana ya que crean entornos naturales mejorando la calidad paisajística y que nos brindan ventajas ambientales, así como sociales.

5.4. Referencias.

Abellán, A. (2014). Pozos y zanjas de infiltración – SuD Sostenible. <http://sud-sostenible.com/tipologia-de-las-tecnicas/medidas-estructurales/pozos-y-zanjas-de-infiltracion/>

Agua.org.mx. (2017). ¿Qué es el agua? . <https://agua.org.mx/que-es/>

Ajuntament de Barcelona. (2019). El flamante espacio urbano de Dolors Piera-Isabel Vila reivindica su verde entre rascacielos y las nuevas tecnologías. https://ajuntament.barcelona.cat/instituturbanisme/ca/noticia/el-flamant-espai-urba-de-dolors-piera-isabel-vila-reivindica-el-seu-verd-entre-gratacels-i-les-noves-tecnologies-del-22_974751

Alvarez Jaime, C. G. (2013). Estudio De Parámetros Hidráulicos E Hidrológicos Para El Dimensionamiento De Obras Para Drenaje Vial En La Vía De Acceso Al Sector “La Unión” En Santa Isabel – Azuay. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/4472>

AQUAVAL. (2013, June). Gestión eficiente del agua de lluvia en el ámbito urbano | Plataforma sobre Adaptación al Cambio Climático en España. <https://www.adaptecca.es/casos-practicos/proyecto-aquaval-gestion-eficiente-del-agua-de-lluvia-en-el-ambito-urbano>

Aritonag, C. N. (2020). MODELO DE APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE RECOLEC-

CIÓN Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIA; MASRALL. 21(1), 1–9.

Atlatis, S. (2019). TIPOLOGÍA DE SUDS. file:///C:/Users/ASUS/Downloads/Tipología de SUDS.pdf

Azuay, G. P. del. (2015). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del Azuay actualizado 2015 - 2030. Dk, 53(9), 308. http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0160000190001_PDyOT_AZUAY_2015_17-08-2015_10-02-34.pdf

Badillo Ornelas, C. P. (2017). Jardines de Lluvia , una estrategia paisajista para aprovechar el agua pluvial de las ciudades : caso de estudio , Azcapotzalco. In Reposito Insitucional Zaloamati.

Ballard, B. W., S. W., H, U.-C., S. LII., T. S., R. A., & R. K. (2015). The SUDS manual.

bBibLus. (2020, January 13). Diseño de un jardín de lluvia: la guía técnica - BibLus. <https://biblus.accasoftware.com/es/disenio-de-un-jardin-de-lluvia/>

Bonells, J. E. (2020, December 27). USO DE LOS ARBOLES PARA EL MANEJO DE LAS AGUAS PLUVIALES – Jardines sin fronteras. <https://jardinessinfronteras.com/2020/12/27/uso-de-los-arboles-para-el-manejo-de-las-aguas-pluviales/>

Bray, R. (2015). Bridget Joyce Square - Parque de lluvia comunitario :: Robert Bray Associates. <https://www.robertbrayassociates.co.uk/index.php/portfolio/bridget-joyce-square-community-rainpark>

Cano Salazar, H. Y. (2021). DISEÑO DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) PARA MANEJO DE ESCORRENTÍA EN LA CARRETERA 9 ENTRE CALLES 108 Y 112, SECTOR USAQUÉN, BOGOTÁ, COLOMBIA.Carrión, A., & Mosquera, D. (2018). Guía de utilización de vegetación en espacios públicos urbanos. UNIVERSIDAD DE CUENCA.

Chequea, E. (2019, March 15). Cabrera: “Actualmente tenemos entre 9 a 11 metros cuadrados de área verde por habitante, cuando llegamos había 5” - Ecuador Chequea. <http://www.ecuadorchequea.com/cabrera-actualmente-tenemos-entre-9-a-11-metros-cuadrados-de-area-verde-por-habitante-cuando-llegamos-habia-5/>

Chipperfield, D. (2015). Humedal Xixi, Plataforma Arquitectura. <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/777365/humedal-xixi-david-chipperfield-architects>

Chow, V., Madment, D., & Mays, L. (1987). APLLIED HYDROLOGY. In Practice Periodical of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste Management (Vol. 3, Issue 3). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1090-025X\(1999\)3:3\(132\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-025X(1999)3:3(132))

Ciencia Uanl. (2021, May 1). Captación de lluvia como alternativa para el ahorro de agua potable – Ciencia UANL. <https://cienciauanl.uanl.mx/?p=11005>

Comana. (2018). AGUA Y CIUDAD. SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE.

Cordero, X., & Guillen, V. (2013). Diseño y validación de vivienda bioclimática para la ciudad de Cuenca Introducción : Desing and Validation of Bioclimatic Housing for the City of Cuenca, 2, 61–75.

CPE INEN 5. (2012). Norma para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposicion de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. Instituto Ecuatoriano de Normalización, 21.

Daza, M., & Pérez, P. (2013). Estudio para determinar la variación del coeficiente de escorrentía y su impacto en la capacidad de la red de alcantarillado en los colectores de las calles Arirumba e Imbabura [Universidad de Cuenca]. In Universidad de Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/4540>

de la Fuente, L., Perales, S., Rico, M., Andrés, I., & Marco, J. B. (2021). Guía Básica para el Diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en la Ciudad de València. https://ciclointegraldelagua.com/files/normativa/Guia_Basica_para_el_Disenio_de_Sistemas_Urbanos_de_Drenaje_Sostenible_en_la_Ciudad_de_Valencia_V01.pdf

eeTestudio. (2016). Jardín Infiltrante Legaria . <https://www.eetestudio.com/jardin-infiltrante-legaria>

El Mercurio. (2022, April 1). En un solo día llovió ocho veces más de lo normal en Cuenca - Diario El Mercurio. <https://elmercurio.com.ec/2022/04/01/en-un-solo-dia-llovio-ocho-veces-mas-de-lo-normal-en-cuenca/>

Environmental Services Division, D. of E. R. (2007). Bioretention Manual. Environmental Services Division Department of Environmental Resources, 206.

Fernández, A. (2012). El agua: un recurso esencial. Químicaviva, 3, 147–170. <https://doi.org/10.48213/travessia.vi81.866>

FunAGUA. (2020). Agua en el planeta – Funcagua. <https://funcagua.org.gt/agua-en-el-planeta/>

García, Enriqueta. (2018). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. <https://doi.org/10.2307/j.ctv1xxv3n.2>

García, Erick. (2012). Necesidades de agua en humedales costeros. 26. <http://www.minam.gob.pe/diadiversidad/wp-content/uploads/sites/63/2015/01/presentacion4.pdf>

Gijón, R. (2018, December 20). Espacios verdes: Cubiertas verdes, II. <http://espaciosverdes2017.blogspot.com/2018/12/cubiertas-verdes-ii.html>

Ginther, A. (2020). Ciénagas con vegetación. <https://www.columbus.gov/Templates/Detail.aspx?id=53960>

Gómez Callejas, S. (2018). AGUA LLUVIA DE ESCORRENTÍA, UNA ALTERNATIVA PARA REDUCIR EL USO DE AGUA POTABLE EN EL LAVADO DEL ESPACIO PÚBLICO [UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA]. <https://www.jstor-org.libproxy.boisestate.edu/stable/25176555?Search=yes&resultItemClick=true&searchText=%28Choosing&searchText=the&searchText=best&searchText=research&searchText=design&searchText=for&searchText=each&searchText=question.%29&searchText=AND>

Hinman, C. (2013). Rain Garden Handbook for Western Washington.

Implan, H. (2017). Manual de lineamientos de diseño de infraestructura verde. https://www.implanhermosillo.gob.mx/wp-content/uploads/2019/06/Manual_IV3.pdf

Instituto de Desarrollo Urbano, B. (2020, December). Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en Bogotá | Bogota.gov.co. <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/movilidad/sistemas-urbanos-de-drenaje-sostenible-en-bogota>

Inec. (2017, November 1). Conozcamos Cuenca a través de sus cifras |. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/conozcamos-cuenca-a-traves-de-sus-cifras/>

Jardín Botánico ISTMAS. (2021). Plantas herbáceas. <https://herbario.istmas.edu.ec/piperaceae/congona/>

LaCroix, R., Reilly, B., Monjure, J., & Spens, K. (2004). REINING IN THE RAIN. #PSAT04-03. <http://www.cob.org/wp-content/uploads/rain-garden-cob.pdf>

Martinez, A. L. (2012). Manual de criterios de diseño en jardines urbanos. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_3324.pdf

Medina Piza, D. L., Aguilar Rojas, L. Y., & Calderón Gómez, A. (2018). Análisis Comparativo De Los Sistemas Urbanos De Drenaje Sostenible (Suds) Caso De Estudio Carrera 4 Y Carrera 5 Entre Calles 68 Y 71, Sector Chapinero Alto, Bogotá, Colombia.

Mejia, G., & Salamea, P. (2011). Diseño de un sistema para reciclado, control y utilización de agua lluvia en la ciudad de Cuenca. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALECIANA.

Motta, R. (2020, April 15). Jardines de Lluvia o Jardines de Filtro. <https://auepaisajismo.com/?id=jardines-de-lluvia-o-jardines-de-filtro&in=556>

Nacevich, E. (2020, February 10). Lluvia: ese extraño fenómeno. <https://www.serargentino.com/gente/asi-somos/lluvia-ese-extrano-fenomeno>.

Naranjo, S. K. (2017). EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS , QUÍMICOS E HIDROFÍSICOS DEL SUELO EN EL PROYECTO “ ACUERDOS TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL AUTOR : SILVIA KATALINA NARANJO CALLE DIRECTOR : Universidad de Cuenca.

Neira, A. P. (2015). Acondicionamiento térmico en espacios interiores de viviendas, usando la energía solar. In Journal of Chemical Information and Modeling. Universidad del Azuay.

ONU. (2015). Agua y saneamiento - Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>

Ordenanza de áreas verdes parques y jardines del cantón Cuenca, P. (1992). Municipio de Cuenca.

Ordoñez Gálvez, J. J. (2011). Balance Hídrico Superficial (Z. Novoa Goicochea (ed.); Primera, Vol. 1).

Ornelas, C. (2017). Jardines de Lluvia , una estrategia paisajista para aprovechar el agua pluvial de las ciudades : caso de estudio , Azcapotzalco. In Repositorio Institucional Zaloamati. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA.

Ortega, A. (2019). RAIN GARDEN – el drenaje sostenible – AODpaisajes. <https://aodpaisajes.com/2019/12/14/-rain-garden-el-drenaje-sostenible-que-es-un-jardin-de-lluvia/>

Plan Nacional del Buen Vivir. (2021). Modelo de gestión del verde urbano. In Educational Research (Vol. 1). <https://www.gobiernoelectronico.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/09/Plan-Nacional-para-el-Buen-Vivir-2017-2021.pdf>

PDOT del cantón Cuenca. (2015). PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN CUENCA. 722. http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1060022310001_Diagnóstico_DOCUMENTO_LA_CAROLINA_final_OK_30-10-2015_22-25-51.pdf

Perales, S. (2019). Tipología de las técnicas SUDS.

Pesántes, M. P. (2012). CONFOR TÉRMICO EN EL ÁREA SOCIAL DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN CUENCA-ECUADOR. Universidad de Cuenca.

Pittner, C., & Allerton, G. (2009). SUDS For Roads. Engineering, 174.

Porras López, B. (2011). Áreas verdes en la ciudad de Cuenca: parques, plazas, plazoletas y parques lineales. Tesis, 194. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/1951>

Puigcaldes, J. (2020). deagua.

Real Academia Española. (2021). vegetación | Definición | Diccionario de la lengua española | RAE - ASALE. <https://dle.rae.es/vegetación>

Restrepo, I., Sánchez, L. D., Galvis, A., Rojas, J., & Sanabria, I. J. (2007). Avances en investigación y desarrollo en agua y saneamiento (Primera). <https://books.google.com.co/books?id=vpFqgpfHBmYC&pg=PA70&dq=sistema+drenaje+urbano+sostenible&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwi3gMCvt7T-tAhVLheAKHWQwCfEQ6AEwBHoECACQAg#v=onepage&q&f=false>

Rodríguez, A. (2017). SUDS. Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible. Hacia una gestión integral de drenaje sostenible.

Rodríguez Vázquez, H. G. (2012). Inundaciones en zonas urbanas. Medidas preventivas y correctivas, acciones estructurales y no estructurales.

Sañudo, L., Rodríguez, J., & Castro, D. (2013). Diseño y Construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS). 149. https://www.researchgate.net/publication/257231993_Diseño_y_Construcción_de_Sistemas_Urbanos_de_Drenaje_Sostenible_SUDS

Soto, R. (2016). Proyecto Bon Pastor (Barcelona) . <https://greenbluemanagement.com/en/projects/barrio-del-bon-pastor/>

Suds. (2019). PAVIMENTOS PERMEABLES/SUDS. <https://drenajesostenible.com/pavimentos-permeables/>

Susdrain. (2013, May). Reverdecer las calles, modernizar los jardines de lluvia, Nottingham. https://www.susdrain.org/case-studies/case_studies/greening_streets_retrofit_rain_gardens_nottingham.html

Trapote, A., & Fernández, H. (2016). Técnicas de Drenaje Urbano Sostenible. In Universidad De Alicante. <http://www.agroambient.gva.es/documentos/163005665/163975683/AGRICULTURA8-16I+memoria/1d8cb413-3eb3-4f5e-a247-e4466a59b21c>

UMM, U. (1998). Evaluación de los Recursos Hídricos. Manual para la estimación de las capacidades nacionales. 142.

Universidad de los Andes. (2017). Investigación de las tipologías y/o tecnologías de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) que más se adaptan a las condiciones de la ciudad de Bogotá D.C. (Issue 3).

Valera L., & Ron S. (2020, November 23). Geografía y clima del Ecuador. <https://bioweb.bio/fungiweb/GeografiaClima/>

Vasho. (2014, February 10). Plataforma Arquitectura. https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-334420/casa-rd-vasho?ad_source=search&ad_medium=projects_tab

Velasco, M., Cortés, M., & Perdomo, A. (2016). LA FITORREMEDIACIÓN COMO ESTRATEGIA PARA REDUCIR IMPACTOS DEL MERCURIO EN AGUA: UN MICROPROYECTO DE EDUCACIÓN EN QUÍMICA VERDE. https://www.researchgate.net/publication/332246340_LA_FITORREMEDIACION_COMO ESTRATEGIA PARA REDUCIR IMPACTOS DEL MERCURIO EN AGUA_UN MICROPROYECTO DE EDUCACION EN QUIMICA VERDE

Villa, F. (2018). Estudio de factibilidad de la implementación de un sistema de drenaje basado en SUDS para un colegio en Colombia: Caso de estudio del Colegio Espíritu Santo de Villavicencio.

Villavicencio, A. (n.d.). Capítulo 4. 53–70.

Villón, M. (2002). Hidrológia.pdf.

5.5. Anexos.

5.5.1. Anexos A

REGISTRO HISTORICO DE PLUVIOSIDAD EN mm																
AEROPUERTO " MARISCAL LA MAR "																
CU EN CA																
LATITUD 02°53.2 S' LONGITUD 79°53.0 W ELEVACION 2.525 m																
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABRI	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	S.T	Prom	Mx.Ab	Mn.Ab
1977	36.0	80.3	74.2	53.0	84.3	50.3	53.0	30.4	50.9	137.8	68.0	26.1	744.3	62.0	137.8	26.1
1978	22.7	85.9	153.6	177.4	89.0	49.4	29.6	17.2	98.9	39.2	62.8	66.6	892.3	74.4	177.4	17.2
1979	24.9	49.0	168.7	126.6	86.7	19.5	19.4	47.6	36.9	30.8	58.1	15.2	683.4	57.0	168.7	15.2
1980	51.3	132.5	47.5	125.6	41.1	28.8	34.9	37.0	66.0	166.0	137.4	128.6	996.7	83.1	166.0	28.8
1981	45.0	56.6	119.2	111.2	32.0	45.5	50.8	19.9	37.0	105.4	31.3	143.3	796.2	66.4	143.3	19.9
1982	71.9	18.2	88.9	230.2	176.0	10.2	34.8	13.0	45.3	244.1	127.9	77.9	1138.4	94.9	244.1	10.2
1983	107.7	41.0	87.8	129.3	119.3	18.1	17.6	29.5	10.9	92.9	20.6	149.2	823.9	68.7	149.2	10.9
1984	17.8	176.1	138.9	159.6	68.9	46.1	28.2	32.6	48.1	83.6	41.2	48.5	889.6	74.1	176.1	17.8
1985	44.6	10.4	20.4	31.3	61.3	30.7	29.4	27.0	37.4	104.8	139.4	91.0	627.7	52.3	139.4	10.4
1986	80.2	60.1	104.7	77.8	91.0	7.4	17.2	32.1	36.5	70.2	91.5	61.6	730.3	60.9	104.7	7.4
1987	25.7	61.7	80.7	87.9	112.7	15.9	17.5	28.1	55.8	67.2	80.1	32.9	666.2	55.5	112.7	15.9
1988	86.2	95.3	59.0	153.9	109.2	65.4	25.0	28.9	65.4	125.6	80.9	110.2	1005.0	83.8	153.9	25.0
1989	135.4	90.6	165.9	74.1	48.0	77.1	48.0	7.1	43.2	167.4	40.1	52.3	949.2	79.1	167.4	7.1
1990	90.5	56.7	36.6	177.7	24.7	52.4	28.4	19.8	20.4	183.4	103.5	66.2	860.3	71.7	183.4	19.8
1991	50.5	133.0	97.3	52.0	63.9	40.4	35.9	12.0	56.6	54.1	109.2	70.1	775.0	64.6	133.0	12.0
1992	3.6	132.3	145.4	98.7	72.3	33.1	12.1	11.6	112.5	76.9	69.9	68.9	837.3	69.8	145.4	3.6
1993	72.9	125.4	255.7	119.2	61.3	20.5	34.7	22.6	66.9	83.9	100.4	136.1	1099.6	91.6	255.7	20.5
1994	100.9	107.7	159.9	133.4	94.7	31.1	31.4	31.3	53.4	75.5	162.2	51.3	1032.8	86.1	162.2	31.1
1995	8.7	62.1	79.5	66.3	78.3	48.2	37.8	6.7	6.3	85.5	113.6	130.0	723.0	60.3	130.0	6.3
1996	59.7	142.4	122.2	131.4	96.9	103.2	27.6	15.0	33.9	114.9	37.3	38.8	922.3	76.9	142.4	15.0
1997	56.6	47.5	83.5	115.3	60.2	69.9	15.2	6.4	50.6	62.0	126.0	58.9	752.1	62.7	126.0	6.4
1998	52.8	146.7	136.1	89.0	178.1	25.3	37.4	24.7	13.7	142.7	74.9	47.3	968.7	80.7	178.1	13.7
1999	96.3	138.3	173.1	183.7	143.8	62.0	19.8	29.4	106.1	98.0	92.4	140.9	1283.8	107.0	183.7	19.8
2000	29.4	124.7	80.3	127.7	161.1	56.5	21.5	18.8	179.9	15.4	13.2	61.3	889.8	74.2	179.9	13.2
2001	91.2	42.9	129.8	58.8	51.4	38.3	9.4	13.9	67.1	24.3	73.4	62.1	662.6	55.2	129.8	9.4
2002	37.1	15.6	85.4	122.7	78.8	24.8	36.0	17.9	9.1	144.0	124.6	145.6	841.6	70.1	145.6	9.1
2003	28.3	38.5	92.9	133.2	53.3	44.6	27.1	6.5	83.1	53.8	138.9	76.5	776.7	64.7	138.9	6.5
2004	40.1	105.2	37.9	111.1	66.2	19.2	36.8	4.8	83.2	43.5	137.3	78.1	763.4	63.6	137.3	4.8
2005	60.4	115.8	224.1	122.8	56.6	70.2	11.8	7.4	5.2	149.7	33.1	225.2	1082.3	90.2	225.2	5.2
2006	44.7	78.8	101.5	141.7	31.7	57.6	20.8	23.9	29.6	37.7	94.5	97.1	759.6	63.3	141.7	20.8
2007	55.8	28.5	154.6	199.4	59.2	94.7	12.5	34.2	23.4	62.1	101.4	94.0	919.8	76.7	199.4	12.5
2008	44.5	174.4	124.9	169.3	162.6	44.0	18.0	42.3	49.4	107.2	81.6	53.0	1071.2	89.3	174.4	18.0

2009	90.3	33.9	126.3	146.1	62.3	56.5	7.1	6.8	16.0	20.3	58.3	93.1	717.0	59.8	146.1	6.8
2010	13.5	102.4	71.4	144.4	89.5	96.9	88.6	18.4	44.4	27.6	88.6	133.4	919.1	76.6	144.4	13.5
2011	35.9	134.3	114.9	206.4	55.4	65.2	63.0	16.7	61.9	110.0	114.6	110.5	1088.8	90.7	206.4	16.7
2012	186.9	147.5	137.2	104.5	44.6	36.7	15.6	8.0	38.5	88.6	86.8	43.5	938.4	78.2	186.9	8.0
2013	116.8	68.4	54.9	21.1	136.5	35.2	30.0	73.0	14.7	135.0	20.0	24.3	729.9	60.8	136.5	14.7
2014	83.5	67.1	143.1	93.1	139.2	33.3	36.2	12.5	27.6	96.7	92.6	26.2	850.1	70.8	143.1	12.5
2015	133.4	24.2	158.1	73.2	94.3	26.3	41.2	33.2	5.1	70.3	57.3	1.8	718.4	59.9	158.1	1.8
2016	78.0	31.4	155.5	171.2	67.4	64.3	14.5	12.5	78.6	78.4	86.7	115.3	953.8	79.5	171.2	12.5
2017	63.2	104.9	286.5	146.1	127.3	124.6	9.8	45.6	22.9	73.6	43.1	140.6	1188.2	99.0	286.5	9.8
2018	79.8	50.7	59.2	82.9	107.7	22.1	8.2	17.6	39.2	63.2	256.6	38.7	825.9	68.8	256.6	8.2
2019	61.2	11.4	18.5	104.3	94.5	38.2	20.9	15.3	41.0	138.7	109.9	141.3	795.2	66.3	141.3	11.4
2020	52.7	99.0	104.5	219.5	54.0	18.8	44.4	41.8	70.0	46.9	69.1	94.1	914.8	76.2	219.5	18.8
2021	55.1	99.6	186.9	91.3	151.1	75.8	21.4	19.9	32.3	176.7	174.2	77.2	1161.5	96.8	186.9	19.9
2022	41.2	66.9	89.3	112.7	80.5	63.0										
Prom	62.3	82.9	116.0	121.9	87.3	46.9	28.5	22.7	48.3	92.8	89.4	83.2	883.7	73.6	167.5	13.6
Prom= Promedio																
Preparado por Lic. Jefferson Rosero V.-Climatología DGAC.																
Información solicitada por Jonnattán Ortiz Cl. 0302429386.-Prohibida su reproducción																

5.5.2. Anexo B

PRESUPUESTO REFERENCIAL JARDINES DE LLUVIA						
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total	
1	OBRAS PRELIMINARES				346.47	
1001	Limpieza y desbroce del terreno	m2	66.12	3.45	228.11	
1002	Replanteo de jardines	m2	66.12	1.79	118.35	
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS				288.42	
2001	Transporte de materiales de desalojo hasta 10km (Incluye el pago a la escombrera)	m3	17.48	10.00	174.80	
2002	Cargado manual de material para desalojo	m3	17.48	6.50	113.62	
3	CAMINERÍAS, JARDINES Y ESPACIO DE ESTANCIA				3,573.02	
3.1	CAMINERÍAS				1067.22	
3101	Excavación manual, en suelo sin clasificar	m3	4.43	9.75	43.19	
3102	Conformación y compactación con equipo liviano factor de esponjamiento=30%	m3	5.75	2.30	13.23	
3103	Bordillo de adoquín de hormigón prefabricado de 21x10x6 cm revisar	u	17.00	10.00	170.00	
3104	Suministro y colocación de adoquín prefabricado de 100x50x10cm (sobre cama de arena)	u	48.00	7.35	352.80	
3105	Suministro y colocación de baldoso podotactil de 23x23cm (sobre cama de arena)	u	40.00	5.70	228.00	
3106	Construcción de bancas de hormigón según diseño	u	4.00	65.00	260.00	
3.2	JARDINES				2173.60	
3201	Excavación manual, en suelo sin clasificar	m3	29.30	9.75	285.68	
3202	Conformación y compactación con equipo liviano factor de esponjamiento=30%	m3	38.09	2.30	87.61	
3203	Muro de bloque de hormigón e=10cm	m2	35.10	25.50	895.05	
3204	Acero de refuerzo fy=4,200 kg/cm², en varillas corrugadas, 12mm.	ml	95.00	2.20	209.00	
3205	Hormigón simple de f'c= 240 kg/cm2	m3	0.25	142.00	35.50	
3206	Enlucido liso con mortero 1:3 e=1.5 cm	m2	35.15	14.25	500.89	
3207	Canal de hormigón e=8 cm	ml	4.85	20.10	97.49	
3208	Capa filtrante de piedra de río	m3	2.05	18.00	36.90	
3209	Suministro e instalación de tubería pvc 110mm	ml	5.10	5.00	25.50	
3.3	RECOLECCIÓN DE AGUA				239.80	
3301	Suministro e Instalación de Rejilla metálica, entrada de agua	ml	6.00	20.00	120.00	
3302	Canal de hormigón e=5 cm, entrada de agua	ml	6.00	15.80	94.80	
3303	Trampilla para recolección de escombros	u	1.00	25.00	25.00	
3.4	AREAS VERDES				92.40	
3401	Suministro y siembra de plantas nativas	u	20.00	4.50	90.00	
3402	Mantenimiento de las especies incluye riego	m2	20.00	0.12	2.40	
	SUBTOTAL				4,207.91	
	IVA			12%	504.95	
	TOTAL				4,712.86	

5.5.3. Anexo C



INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-1539-22
Orden de ingreso: OI-703-22
Cuenca, 16 de Agosto del 2022

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: XAVIER ORTIZ
Dirección: AV. HUAYNACAPAC
Teléfono: 0998304266

DATOS DE LA MUESTRA

*NOMBRE DE LA MUESTRA: SUELO			
*MARCA COMERCIAL: NA		*FABRICANTE: XAVIER ORTIZ	
PROCEDENCIA: AV. SOLANO		TIPO DE MUESTRA: SUELO	*TIPO DE ENVASE: TARRINA PLASTICA
*PRESENTACIONES: NA		*FORMA DE CONSERVACION: AMBIENTE	
CODIGO MUESTRA: O170322	*LOTE: NA	*FECHA ELAB: 2022-08-02	*FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2022-08-02	FECHA ANALISIS: 2022-08-02 - 2022-08-15	FECHA ENTREGA: 2022-08-16	
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTRO: CLIENTE		NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)

ENSAYOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO
*MATERIA ORGÁNICA	TMECC 05.07-A - GRAVIMETRÍA	%	13.106
*PH	EPA 9045 D - POTENCIOMÉTRICO	upH	6.38

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado. U:INCERTIDUMBRE.


Dra. Sandra Guaraca
GERENTE DE LABORATORIO

Dra. Sandra Guaraca
GERENTE DE LABORATORIO

Cualquier información adicional correspondiente a los ensayos que requiera el cliente, están a disposición. Los datos e información de las muestras (tal como se reciben) y de los clientes, que puedan afectar la validez de los resultados han sido proporcionados por el cliente y son de su exclusiva responsabilidad. El Laboratorio no será responsable de los desvíos encontrados en los ítems de ensayo entregados por los clientes que puedan afectar a los resultados, que al ser detectados serán comunicados al cliente.

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. *Opciones e interpretaciones están fuera del alcance del SAE. *Información proporcionada por el cliente, MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: "Pasa: el valor medido está por debajo del límite de tolerancia, "Falla: el valor medido está por encima del límite de tolerancia; se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo < 50% de probabilidad de aceptación falsa, se aplicará solo en los ensayos dentro del alcance de la acreditación del SAE, MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

FMC2104-05

Avenida de las Américas y Turuhuaico, Edificio Miraflores, 3er piso. Cuenca-Ecuador
Teléfono: 074045127 Celular: 0995354172 msvlaboratorio@gmail.com

Página 1 de 1