

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“TECHOS VERDES EN LIMA: IMPLEMENTACIÓN Y
MANTENIMIENTO PARA SU SOSTENIBILIDAD Y SUS
BENEFICIOS EN LA CIUDAD”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

JOSÉ JESÚS MARTÍN TOLEDO CHOQUEHUANCA

LIMA – PERÚ

2022

Document Information

Analyzed document	TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL_JOSE TOLEDO CHOQUEHUANCA_21_10_22.docx (D147718705)
Submitted	10/26/2022 6:55:00 PM
Submitted by	JUAN CARLOS JAULIS
Submitter email	jjaulis@lamolina.edu.pe
Similarity	0%
Analysis address	jjaulis.unalm@analysis.arkund.com

Sources included in the report

Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

"TECHOS VERDES EN LIMA: IMPLEMENTACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA SU SOSTENIBILIDAD Y SUS BENEFICIOS EN LA CIUDAD"

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

JOSÉ JESÚS MARTÍN TOLEDO CHOQUEHUANCA

LIMA – PERÚ

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE AGRONOMÍA

"TECHOS VERDES EN LIMA: IMPLEMENTACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA SU SOSTENIBILIDAD Y SUS BENEFICIOS EN LA CIUDAD".

JOSÉ JESÚS MARTÍN TOLEDO CHOQUEHUANCA

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

..... Ing. Mg. Sc. Susana Patricia Rodríguez Quispe
PRESIDENTE

Mg. Sc. Juan Carlos Jaulis Cancho ASESOR

..... Ing. Mg. Sc. Giovanna Patricia Rivera Oballe MIEMBRO

Ing. Mg. Sc. Sofía Jesús Flores Vivar MIEMBRO

LIMA - PERÚ 2022

A mis padres Margarita y Elmer, por su incansable apoyo a lo largo de todo este camino, a mis hermanas Diana y Nadia por sus consejos y ayuda constante.

AGRADECIMIENTO:

A mi consejero y amigo José Palacios, jefe del Programa de Investigación en Plantas Ornamentales (PIPO-UNALM), por el invaluable tiempo, la paciencia y por saberme guiar a lo largo de mi formación profesional en la Universidad y fuera de ella.

A Grecia Salvador por el apoyo constante y todo el amor para poder finalizar con este trabajo.

A mi asesor, Juan Carlos Jaulis, profesor principal del departamento de Horticultura, por su tiempo y su ayuda constante para el desarrollo de la Horticultura en mi formación como profesional.

Al profesor Rubén Tapia, Profesor principal del departamento de suelos, por sus recomendaciones y por brindarme las facilidades del laboratorio de Investigación de análisis de Suelo, Agua y Plantas.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**"TECHOS VERDES EN LIMA: IMPLEMENTACIÓN Y
MANTENIMIENTO PARA SU SOSTENIBILIDAD Y SUS
BENEFICIOS EN LA CIUDAD"**

JOSÉ JESÚS MARTÍN TOLEDO CHOQUEHUANCA

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

.....
Ing. Mg. Sc. Susana Patricia Rodríguez Quispe
PRESIDENTE

.....
Mg. Sc. Juan Carlos Jaulis Cancho
ASESOR

.....
Ing. Mg. Sc. Giovanna Patricia Rivera Oballe
MIEMBRO

.....
Ing. Mg. Sc. Sofía Jesús Flores Vivar
MIEMBRO

LIMA - PERÚ

2022

A mis padres Margarita y Elmer, por su incansable apoyo a lo largo de todo este camino, a mis hermanas Diana y Nadia por sus consejos y ayuda constante.

AGRADECIMIENTO

A mi consejero y amigo José Palacios, jefe del Programa de Investigación en Plantas Ornamentales (PIPO-UNALM), por el invaluable tiempo, la paciencia y por saberme guiar a lo largo de mi formación profesional en la Universidad y fuera de ella.

A Grecia Salvador por el apoyo constante y todo el amor para poder finalizar con este trabajo.

A mi asesor, Juan Carlos Jaulis, profesor principal del departamento de Horticultura, por su tiempo y su ayuda constante para el desarrollo de la Horticultura en mi formación como profesional.

Al profesor Rubén Tapia, Profesor principal del departamento de suelos, por sus recomendaciones y por brindarme las facilidades del laboratorio de Investigación de análisis de Suelo, Agua y Plantas.

Al grupo de Investigación en Ornamentales (GIO-UNALM) por ser siempre solidario y ávido de generar conocimiento, por el apoyo en la instalación, evaluación y ejecución de los trabajos en campo.

A César Padilla Castro por su amistad y apoyo desinteresado en tantos años dentro y fuera de la universidad.

A Sofía Flores, miembro de mi jurado de TSP por ayudarme a pulir a detalle el presente trabajo.

INDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	PROBLEMÁTICA.....	1
1.2.	OBJETIVOS	2
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1.	ÁREAS VERDES URBANAS	3
2.2.	PROBLEMÁTICA DE LAS ÁREAS VERDES EN LIMA METROPOLITANA.....	3
2.2.1.	Reducida área verde pública por habitante	3
2.2.2.	Escasez de agua en Lima Metropolitana.....	5
2.2.3.	Contaminación del aire en Lima Metropolitana.....	6
2.3.	LOS TECHOS VERDES	8
2.3.1.	Techos verdes intensivos.....	9
2.3.2.	Techos verdes intensivos simples	10
2.3.3.	Techos verdes extensivos	11
2.4.	BENEFICIOS DE LOS TECHOS VERDES.....	12
2.5.	LA VEGETACIÓN DE LOS TECHOS VERDES EXTENSIVOS	14
2.6.	SUSTRATOS DE TECHOS VERDES EXTENSIVOS.....	15
2.6.1.	Tiempo de degradación	15
2.6.2.	Contenido orgánico	15
2.6.3.	Peso del sustrato	16
2.6.4.	Permeabilidad del sustrato	16
2.7.	SOSTENIBILIDAD	18
III.	DESARROLLO DEL TRABAJO	19
3.1.	LUGAR.....	19
3.2.	CONDICIONES CLIMÁTICAS	19
3.3.	FUNCIONES PROFESIONALES.....	20
3.4.	SITUACIÓN DE LA EMPRESA	20
3.5.	PUNTOS CRITICOS	21
3.5.1.	Deficiencias en la construcción de techos verdes	21
3.5.2.	Inadecuada selección de sustratos de los techos verdes.....	21
3.5.3.	Inadecuada selección de especies vegetales en los techos verdes.....	22
3.5.4.	Uso del monocultivo en los diseños de techos verdes	26

3.5.5. Deficiencias del uso de sistema de riego en techos verdes	26
3.5.6. Elevado precio de los techos verdes.....	27
3.6. SOLUCIÓN A LOS PUNTOS CRÍTICOS	28
3.6.1. Implementación de un procedimiento de selección y ejecución de impermeabilización y drenaje	28
3.6.2. Formulación de sustratos adecuados para techos verdes	30
3.6.3. Identificación de especies adecuadas para su uso en techos verdes.....	32
3.6.4. Uso de cultivos asociados en lugar de monocultivos.....	35
3.6.5. Implementación de un plan de mantenimiento preventivo en el sistema de riego tecnificado	37
3.6.6. Elaboración de plan integral de comercialización y evaluación de sostenibilidad de los techos verdes	38
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
V. CONCLUSIONES	47
VI. RECOMENDACIONES	48
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
ANEXOS.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cinco distritos con mayor m ² /hab de área verde pública de Lima Metropolitana.....	5
Tabla 2: Cinco distritos con mayor población de Lima Metropolitana.	5
Tabla 3: Principales contaminantes del aire en Lima Metropolitana.....	7
Tabla 4: Parámetros físicos y químicos de los sustratos para techo verde extensivo....	17
Tabla 5: Peso aproximado de sustratos de techos verdes extensivos.	18
Tabla 6: Condiciones climáticas de San Isidro, Miraflores y Barranco.	19
Tabla 7: Principales especies de cubre suelos y herbáceas empleadas en techos verdes de Lima Metropolitana.....	23
Tabla 8: Principales especies de arbustos empleadas en techos verdes de Lima metropolitana.	23
Tabla 9: Principales especies de árboles, palmeras y palmeroides empleadas en techos verdes de Lima Metropolitana.	23
Tabla 10: Comparativo de Costos de aplicación de fungicidas en techos verdes con drenaje versus sin drenaje.	28
Tabla 11: Consumo hídrico y horas hombre de riego manual para el cultivo de césped por metro cuadrado.	32
Tabla 12: Consumo hídrico y horas hombre de riego manual para el cultivo de cubre suelos con suculentas por metro cuadrado.....	32
Tabla 13: Comparativo del cultivo de especies con requerimientos hídricos similares versus requerimientos hídricos contrapuestos.	33
Tabla 14: Costos de productos referenciales empleados en jardinería.	34
Tabla 15: Comparativo del cultivo de jardín con monocultivo versus un jardín con cultivos asociados.	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Población de los distritos con mayor m ² /hab de área verde pública de Lima Metropolitana.....	4
Figura 2: Pamplona Alta en el distrito de San Juan de Miraflores, distrito de Lima Sur, no cuenta con servicio de agua potable ni alcantarillado.....	6
Figura 3: Material particulado en el aire con diámetro menor a 2.5 micras en Lima Metropolitana.....	7
Figura 4: Tendencia al alza de material particulado en el aire con diámetro menor a 10 micras en Lima Metropolitana.	8
Figura 5. Techos verdes intensivos en los distritos de Barranco y San Isidro de Lima Metropolitana.....	10
Figura 6: Techo verde intensivo simple en Miraflores, Lima.....	11
Figura 7: Techo verde extensivo de 1200m ² con la presencia de plantas suculentas en San Isidro, Lima.....	12
Figura 8: Los techos verdes mitigan el efecto de isla de calor de las edificaciones.	13
Figura 9: Aniego en techo verde por deterioro del sistema de riego.	27
Figura 10: Módulos de techos verdes en el vivero ornamentales UNALM.	31
Figura 11: Palmera Raphis, con crecimiento radicular de 30 a 40 cm, es apropiada para techos verdes de profundidad de 40cm.....	34
Figura 12: Cobertura de monocultivo de <i>P. grandiflora</i> (1) con 75%, <i>Portulaca sp.</i> (2) con 79%, <i>P. umbraticola</i> (3) con 77%, <i>A. cordifolia</i> (4) con 74%, <i>S. kinnachii</i> (6) con 84% y <i>G. paraguayense</i> (7) con 80%.....	35
Figura 13: Techo verde con monocultivo de geranio y con asociación de salvia y marygold.	36
Figura 14: Exposición de las mangueras de riego en los techos verdes reduce la probabilidad de picado de mangueras.....	37
Figura 15: Ruta del plan de comercialización ejecutada para techos verdes.	39
Figura 16: Ventana inicial de selección de tipo de edificación en EDGE.	40

Figura 17: Ventana correspondiente a la sección de superficies y cargas, se ingresan datos para precisar los que aparecen por defecto.....	41
Figura 18: Sección para ingresar datos generales, de energía y uso de materiales de construcción de la edificación a evaluar.	42
Figura 19: Análisis del ahorro del consumo hídrico (25.8%) por el uso de sistema de riego tecnificado en un jardín diseñado de 100 m ² y profundidad de sustrato de 20cm.....	43
Figura 20: Análisis del ahorro del consumo energético de aire acondicionado (2.94%) en un jardín diseñado de 100 m ² y profundidad de sustrato de 20cm.....	43
Figura 21: Ahorro en los costos de servicios públicos equivalentes a 107.00 USD/año en un techo verde diseñado de 100 m ² y profundidad de sustrato de 20cm.....	44

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Valorización de un techo verde extensivo de 100m ² y 20 cm de profundidad ubicado en un octavo piso en Lima.	54
Anexo 2: Ensayo de módulos de techos verdes con plantas suculentas en monocultivo y policultivo, en la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).	55
Anexo 3: Procedimiento de selección y ejecución de impermeabilización y drenaje en techos verdes.	68
Anexo 4: Formulario de selección de empresas de impermeabilización y drenaje.	72
Anexo 5: Procedimiento de mantenimiento preventivo y correctivo de sistema de riego de áreas verdes.	73
Anexo 6: Formato de check-list de sistema de riego.	77
Anexo 7: Plan anual de mantenimiento de sistema de riego.	78

RESUMEN

El presente trabajo de suficiencia profesional, hace una revisión general de experiencias profesionales desarrolladas en techos verdes en los distritos de Miraflores, San Isidro y Barranco de la Ciudad de Lima. En ella se describen los procedimientos de instalación, el mantenimiento y el proceso comercial que forman parte de la gestión de los techos verdes en la ciudad de Lima. Para ello, se analizaron los principales puntos críticos del desarrollo de techos verdes y las soluciones ejecutadas durante la experiencia. En este sentido se consiguió mejorar la elección especies vegetales para que puedan coexistir de forma eficiente en las condiciones de la ciudad de lima, reduciendo el consumo hídrico del techo verde en 84%. Asimismo, la implementación de cultivos asociados en reemplazo de los monocultivos generó la reducción del costo de aplicaciones químicas en 55%. La operatividad con la asistencia de personal calificado contribuyó a mejorar los procedimientos tanto de comercialización como de mantenimiento de los techos verdes. En cuanto a los beneficios que otorgan los techos verdes en la ciudad, se hizo énfasis en los ahorros económicos que estos generan en el mantenimiento de los edificios, con la finalidad de aumentar la valoración del techo verde a vender a través de la concientización y la capacitación a los clientes. Finalmente se llevó a cabo un análisis de sostenibilidad de las operaciones, con el apoyo de la aplicación de uso libre EDGE, con ello se brindó mayor confianza al cliente y logró aumentar en un 30% el cierre en torno a las ventas de servicios de mantenimiento e instalación de techos verdes.

Palabras clave: techos verdes, porcentaje de cobertura, materia seca, lima metropolitana, sostenibilidad.

ABSTRACT

This work reviews the professional experiences developed in green roofs in the districts of Miraflores, San Isidro and Barranco at Lima city. It describes the installation procedures, maintenance and business process that took part in the management of green roofs. The main critical points in their development and implemented solutions were analyzed. In that sense, plant selection species was improved in such a way that they could coexist efficiently under Lima's environmental conditions, while reducing their water consumption by 84%. Likewise, growing associated crops to replace monocultures reduced the cost of agrochemical applications by 55%. Regarding green roof operation, technical support from qualified staff contributed to improved procedures for both, marketing and maintenance. Special emphasis was placed on the economic savings that green roofs generate in the maintenance of buildings, in order to increase its selling value through raising customer's awareness. Finally, a sustainability analysis of operations was carried out, with the support of the free software EDGE, thereby providing greater confidence to the client and increasing the closing of sales of maintenance services and services by 30%. installation of green roofs.

Key words: green roofs, canopy cover, dry matter, Lima Metropolitana, sustainability.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. PROBLEMÁTICA

En el Perú se ha llevado a cabo un acelerado aumento de la población a partir de 1920, con una tasa anual de 2% de crecimiento, la misma que se acentúa luego de 1940. Asimismo, se ha llevado a cabo una masiva inmigración de la población de las zonas rurales a la ciudad y con mayor especificidad a las ciudades costeras, siendo Lima Metropolitana uno de los principales destinos de esta. Debido a este fenómeno, la capital del Perú se convirtió en la segunda capital más poblada del mundo ubicada en un desierto después de El Cairo (Contreras, 1994). Adicionalmente, entre el 2007 y el 2017 la población de la provincia de Lima ha continuado creciendo en promedio 1.2% anual (INEI, 2019).

Dado este crecimiento sostenido, la ciudad de Lima Metropolitana ha pasado de ser una metrópolis para convertirse en una megalópolis de más de 10 millones de habitantes (Castillo García, 2020). Por tal motivo, al dividir el área verde pública entre la población total de la ciudad nos topamos con una problemática de difícil solución, como lo son los 3.45 m²/habitante de áreas verdes públicas al 2017 con los que cuenta la ciudad (INEI, 2019). Si comparamos el ratio de áreas verdes por habitante de la ciudad de Lima con Madrid, la ciudad de España con mayores parques públicos del país con 15.8 m²/hab (Piqueras, 2019), se tiene un desfase de 12.35 m²/hab o 13,126 ha para los 10,628,470 habitantes que se estima que tiene Lima al 2020 (INEI, 2020), lo cual grafica el gran déficit de áreas verdes en la ciudad.

Tomando en consideración que las principales limitantes para el desarrollo de cultivos vegetales en la ciudad de Lima desde el año 3,500 años a.C. han sido los escasos recursos hídricos y la poca disponibilidad de tierra fértil (Eisenberg et al., 2014). La implementación de mayor área verde por habitante, no es ajena a dicho problema histórico, ya que no solo se necesitan mayores porciones de terreno (áreas cultivables) dentro del terreno urbano, sino que se requiere del suministro y disponibilidad constante de agua de riego, un recurso escaso en una ciudad desértica como Lima (Universidad de Stuttgart, 2012). Más aún cuando el crecimiento poblacional de la ciudad se ha llevado a cabo sin una planificación ecológica (Eisenberg et al., 2014).

Adicionalmente a la reducida área verde pública existente y la escasez de agua, se tiene la contaminación del aire de Lima Metropolitana, la cual se ha venido agravando en la última década. Ejemplo de ello es la concentración de partículas en suspensión del aire con tamaño menor a 2.5 micras, las cuales superan los máximos permitidos hasta en un 40% en promedio en Lima Sur (INEI, 2019). Las consecuencias de tener una calidad de aire tan deteriorada en la ciudad genera el aumento de enfermedades respiratorias en los ciudadanos y la disminución de la calidad de vida de los mismos (Oberndorfer et al., 2007).

Ante la problemática antes mencionada, la proliferación de techos verdes en Lima Metropolitana, se muestra como una alternativa de solución, debido a que pueden aprovechar la superficie impermeable de las edificaciones de la ciudad, incorporando nuevas áreas verdes en un entorno en donde la zonificación de parques y jardines ya no puede ampliarse. Con la instalación de nuevos techos verdes, se contribuye con la reducción del déficit de áreas verdes y se mitiga en consecuencia la contaminación del aire.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo principal

Implementar techos verdes con criterios agronómicos como la correcta selección de especies y sustratos, el plan de mantenimiento y comercialización, que contribuyan con su sostenibilidad, dando a conocer sus beneficios en las zonas urbanas de la ciudad de Lima.

1.2.2. Objetivos específicos

- Describir los criterios agronómicos como la correcta selección de especies, sustratos, plan de mantenimiento y comercialización empleados en la implementación y mantenimiento de techos verdes de Lima.
- Dar a conocer los beneficios de los techos verdes extensivos para las condiciones de Lima.
- Analizar la sostenibilidad de techos verdes en la ciudad de Lima.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ÁREAS VERDES URBANAS

Es el espacio de vegetación en una ciudad que incluye árboles, arbustos, pastos o parcelas agrícolas, cuyo diseño intenta mejorar la calidad ambiental, la oportunidad económica, así como el valor estético asociado con el paisajismo urbano. Las áreas verdes contribuyen con una serie de beneficios sociales y ambientales para los ciudadanos como lo son la mejora de la sanidad básica, el abastecimiento de agua potable, el control de inundaciones, el tratamiento de aguas residuales, mitigación de la contaminación del aire, manejo de residuos sólidos, la termorregulación de climas y microclimas urbanos, la conservación de la biodiversidad y la reducción de la pobreza con la generación de puestos de trabajo en una industria dedicada al manejo de áreas verdes en la ciudad (Sorensen et al., 1998).

2.2. PROBLEMÁTICA DE LAS ÁREAS VERDES EN LIMA METROPOLITANA

Identificamos tres componentes de la problemática de las áreas verdes públicas en Lima Metropolitana, primero tenemos la reducida área en metros cuadrados por habitante y el sostenido aumento de la población (Lima cómo vamos, 2015), luego la escasez de agua en la ciudad (Universidad de Stuttgart, 2012) y finalmente una creciente contaminación del aire en la ciudad (INEI, 2019).

2.2.1. Reducida área verde pública por habitante

Tomando como referencia los m^2 por habitante de áreas verdes públicas de la Ciudad con mayor área verde de España, Madrid, deberíamos de poder contar con $15.8 m^2/hab$ (Piqueras, 2019). De acuerdo a los datos de (INEI, 2020), para los 10,628,470 habitantes de Lima al 2020, deberíamos contar en la ciudad con aproximadamente 16,000 ha de área verde en Lima. No obstante, tomando datos del censo nacional ejecutado en el 2017, se tiene $3.45 m^2/hab$ de áreas verdes públicas, contabilizando plazas, parques, parques zonales, zoológicos, jardines, óvalos, bermas y alamedas. Es decir, se cuenta aproximadamente con

3,300 ha de áreas verdes públicas en la ciudad de Lima, lo que nos deja un brecha por cubrir de 12,700 ha nuevas de áreas verdes (INEI, 2019). En la figura 1 y en las tablas 1 y 2, se agrupan los cinco distritos de Lima con mayor ratio de áreas verdes por habitante (San Isidro, San Borja, Lima, La Molina y Jesús María), junto con los 5 distritos de Lima con mayor población (San Juan de Lurigancho, San Martín de Porres, Ate, Comas y Villa María del Triunfo), evidenciando que los distritos con mayor área verde pública por habitante de Lima Metropolitana tienen en promedio 11.8 m²/hab, no obstante, concentran apenas el 7.7% de la población total de Lima. En contraparte, los cinco distritos más poblados de Lima (San Juan de Lurigancho, San Martín de Porres, Ate, Comas y Villa María del Triunfo) agrupan al 37.4% de la población, cuentan en promedio con 2.14 m²/hab de área verde pública, corroborando que si bien existen distritos en Lima Metropolitana con un ratio cercano a Madrid en cuanto a m²/hab de área verde pública, la cantidad de residentes que estos distritos albergan es muy reducida en comparación con el resto de distritos de Lima, los cuales no cuentan con dicho estándar. Asimismo, solamente un distrito limeño, San Isidro, supera el ratio de m²/hab que ostenta la ciudad de Madrid, a pesar que este distrito apenas alberga el 0.71% de la población con 60,735 ciudadanos (INEI, 2019).

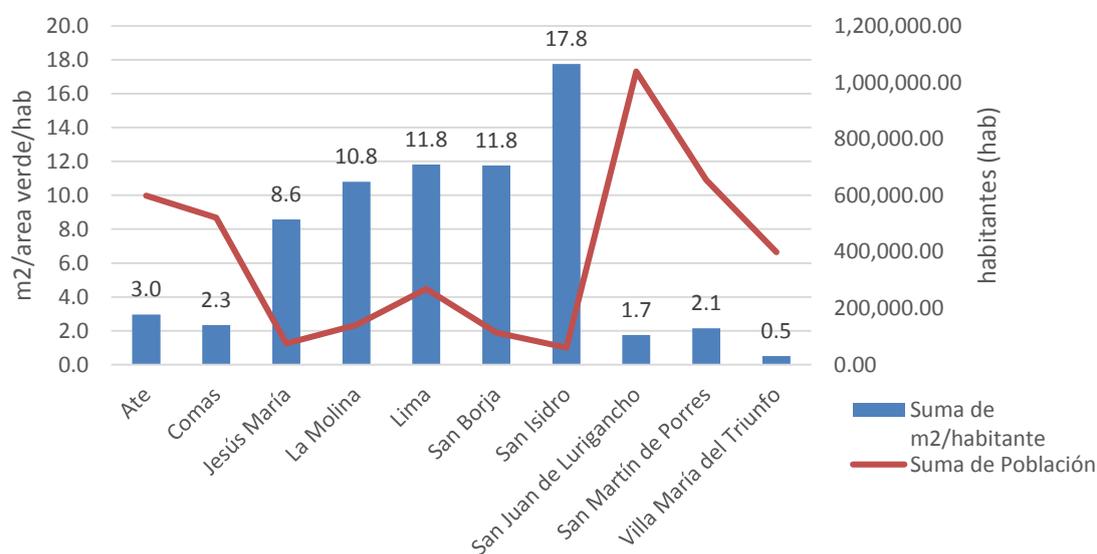


Figura 1: Población de los distritos con mayor m²/hab de área verde pública de Lima Metropolitana.

Nota: Adaptado de *Compendio Estadístico Lima Provincia 2019* (p. 43), Instituto Nacional de Estadística e Informática. CC-BY 4.0.

Tabla 1: Cinco distritos con mayor m²/hab de área verde pública de Lima Metropolitana.

Distrito	m ² Área verde	Población	m ² /Hab	% Población total
Lima	3,171,263.00	268,352.00	11.8	3.13%
Jesús María	645,757.00	75,359.00	8.6	0.88%
La Molina	1,519,547.00	140,679.00	10.8	1.64%
San Borja	1,331,461.00	113,247.00	11.8	1.32%
San Isidro	1,078,691.00	60,735.00	17.8	0.71%
Total	7,746,719.00	658,372.00	11.77	7.68%

Nota: Adaptado de *Compendio Estadístico Lima Provincia 2019* (p. 43), Instituto Nacional de Estadística e Informática. CC-BY 4.0.

Tabla 2: Cinco distritos con mayor población de Lima Metropolitana.

Distrito	m ² Área verde	Población	m ² /Hab	% Población total
Ate	1,773,031.00	599,196.00	3.0	6.99%
Comas	1,213,203.00	520,450.00	2.3	6.07%
San Juan de Lurigancho	1,813,819.00	1,038,495.00	1.7	12.11%
San Martín de Porres	1,399,179.00	654,083.00	2.1	7.63%
Villa El Salvador	671,109.00	393,254.00	1.7	4.59%
Total	6,870,341.00	3,205,478.00	2.14	37.38%

Nota: Adaptado de *Compendio Estadístico Lima Provincia 2019* (p. 43), Instituto Nacional de Estadística e Informática. CC-BY 4.0.

2.2.2. Escasez de agua en Lima Metropolitana

La disponibilidad hídrica en el país se distribuye en tres vertientes, la vertiente del Pacífico que representa el 1.5% del total, la vertiente del Atlántico con 98.2% y la vertiente del Titicaca que representa el 0.3% del total (INEI, 2021). Si bien el Perú es el octavo país con mayor disponibilidad hídrica del mundo, esta distribución es muy desigual, ya que se tiene mayor disponibilidad de agua en territorios en donde la población residente es muy reducida (sierra y selva) y por el contrario se tiene una disponibilidad muy reducida en territorios donde la población es abundante como en los departamentos costeros (Hatta Sakoda, 2016). Lima Metropolitana es una de las ciudades más grandes del mundo y se encuentra en una zona eminentemente árida, la misma que se abastece de agua principalmente por el aprovechamiento de tres ríos que cruzan la ciudad, como lo son el río Rímac, el Chillón y el Lurín. Si bien se cuenta con suministro hídrico de agua dulce durante todo el año, dado el tamaño de la ciudad y la población de más de diez millones de habitantes, se presenta escasez en la disponibilidad de agua potable y no potable (Universidad de Stuttgart, 2012). Ejemplo

de ello es aproximadamente el millón de habitantes (uno de cada diez pobladores de Lima Metropolitana) que no cuenta con el servicio de agua potable y desagüe en la ciudad de Lima (Stokman et al., 2014). Este fenómeno se evidencia con mayor persistencia en los distritos periféricos de Lima Metropolitana como Villa el Salvador, Villa María del Triunfo, San Juan de Miraflores, Puente Piedra, Comas, entre otros. Asimismo, este hecho limita la expansión de áreas verdes, sobre todo por la abundancia de especies introducidas de alto requerimiento hídrico (Universidad de Stuttgart, 2012). En la figura 2, tenemos una vista de la realidad de las limitantes mencionadas en el distrito de San Juan de Miraflores.



Figura 2: Pamplona Alta en el distrito de San Juan de Miraflores, distrito de Lima Sur, no cuenta con servicio de agua potable ni alcantarillado.

2.2.3. Contaminación del aire en Lima Metropolitana

En el periodo de tiempo entre 2010 y 2018, tanto para Lima este y Lima norte, la concentración de partículas suspendidas en el aire de tamaño inferior a 2.5 micras (PM2.5), superaron el límite máximo permitido de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (INEI, 2019), tal como se puede apreciar en la tabla 3 y figura 3. El denominado PM2.5 es un contaminante del aire que produce enfermedades respiratorias y cardiovasculares (Lima cómo vamos, 2015). Por otro lado, se puede apreciar también una tendencia a la baja de la concentración de PM2.5 en las zonas de Lima Sur y Lima Norte principalmente, a pesar de la reducida de data ofrecida por la Municipalidad Metropolitana de Lima (INEI, 2019).

Tabla 3: Principales contaminantes del aire en Lima Metropolitana.

Contaminante	Límite máximo
Material particulado con diámetro menor a 2.5 micras (PM2.5)	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM10)	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Dióxido de azufre (SO2)	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Dióxido de nitrógeno (NO2)	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Nota: Adaptado de *¿Cómo vamos en ambiente?* (p. 3), 2015. Lima Cómo Vamos. CC-BY 4.0.



Figura 3: Material particulado en el aire con diámetro menor a 2.5 micras en Lima Metropolitana.

Nota: Adaptado de *Compendio Estadístico Lima Provincia 2019* (p. 43), INEI, 2019. CC-BY 4.0.

En cuanto al material particulado de tamaño menor a 10 micras (PM10), se tuvieron resultados más favorables, pudiendo ubicarse los niveles de contaminación por debajo de los límites máximos permitidos ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$), pero con una tendencia al alza sostenida desde el 2014 en adelante, como se puede apreciar en la figura 5 (INEI, 2019). Al igual que el PM2.5, el PM10 es un contaminante del aire que produce enfermedades respiratorias y cardiovasculares (Lima cómo vamos, 2015).

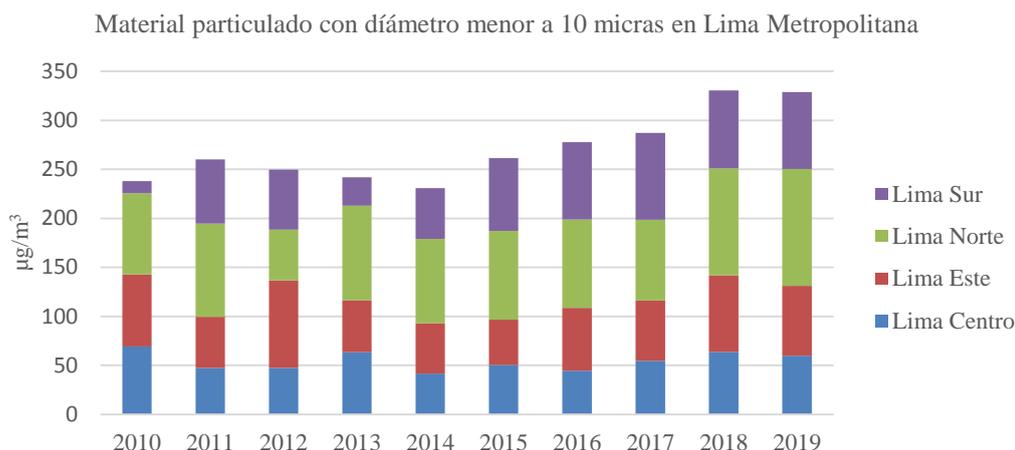


Figura 4: Tendencia al alza de material particulado en el aire con diámetro menor a 10 micras en Lima Metropolitana.

Nota: Adaptado de *Compendio Estadístico Lima Provincia 2019* (p. 44), INEI, 2019. CC-BY 4.0.

2.3. LOS TECHOS VERDES

Los techos o azoteas verdes, son jardines construidos en los techos de edificaciones, los cuales, con los debidos aislamientos, aditamentos y un sustrato oportunamente seleccionado, brindan las condiciones de medio de cultivo a las especies vegetales capaces de ofrecer una serie de beneficios ambientales a sus usuarios y a la sociedad en general. Es importante entender que los requerimientos para la construcción de techos verdes son diferentes a los jardines regulares, principalmente por los siguientes factores: (i) la capacidad de carga y aislamiento de la edificación, cuyo cálculo y ejecución no es de dominio de los especialistas en jardinería; (ii) la accesibilidad al techo verde, tanto para la construcción como para su mantenimiento; y, (iii) la logística para elevar el sustrato, plantas y demás insumos hasta los techos de las edificaciones. Todos estos son componentes que no se consideran en la construcción de jardines convencionales, elevan los costos de construcción de las azoteas verdes de forma sustancial (Snodgrass y Snodgrass, 2006). En cuanto a la difusión de los techos verdes, fue adoptada inicialmente con mucha fuerza en muchos países de Europa en los años 70 y 80, luego de ello continuó extendiéndose su uso en Estados Unidos a comienzos del siglo XXI y luego en el resto del mundo. Una de las formas para estimular la construcción de techos verdes en Europa ha sido la implementación de políticas públicas, como es el caso de Suiza en donde las nuevas construcciones comerciales deben tener obligatoriamente un 25% de área verde en su diseño, ya sea en superficie, en techos verdes o jardines verticales. En otros países como

Alemania, se brindan incentivos gubernamentales para promover la construcción de techos verdes, subvencionando € 12.00 por cada m² de techo verde que se construye en el estado de Nordrhein-Westfalen (Snodgrass y Snodgrass, 2006). En nuestro país se han replicado varias de estas iniciativas en algunos distritos de Lima Metropolitana, desarrollando principalmente políticas municipales para fomentar el uso de techos verdes, como es el caso de la Ordenanza N° 510/MM (2019) y la Ordenanza N° 539/MM (2020) de la Municipalidad de Miraflores (Distrito de Lima) en la cual se habilita el incremento de hasta 25 % más área techada y la reducción de número mínimo de estacionamientos requeridos, para aquellas construcciones sostenibles que tengan certificaciones BREAM, LEED o EDGE. La Municipalidad de Barranco con la Ordenanza N° 427-MDB (2015) ofrece un descuento de 20% en el pago de arbitrios anuales a los propietarios que tengan al menos el 60% de su techo cubierto con techos verdes. La Municipalidad de San Borja por su cuenta, tiene la Ordenanza N° 496-MSB (2013), que otorga el denominado “Bono de Altura” a los propietarios con techos y muros verdes que tengan certificaciones de edificaciones verdes BREEM, CASBEE, LEED o DGNB. Este beneficio permite poder edificar 12 pisos cuando el límite de altura de edificios sin techos verdes en zonas comerciales del distrito es de 8 pisos solamente. Asimismo, permite a los propietarios ubicados en zonas de reglamentación especial, edificar 8 pisos de altura cuando el límite para construcciones sin techo verde en dichas zonas es de 4 pisos.

Los techos verdes en función de la cobertura vegetal empleada, el uso que le dan sus usuarios y el esfuerzo requerido para su construcción y mantenimiento, se pueden clasificar en tres tipos: los techos verdes intensivos, intensivos simples y extensivos (Landscape Development and Landscaping Research Society, 2018).

2.3.1. Techos verdes intensivos

Son aquellos que tienen un uso activo de sus usuarios, es decir, se puede transitar en ellos, cuentan con un alto estándar de calidad y complejidad en su diseño. Asimismo, requieren una elevada inversión tanto para su construcción como para su mantenimiento. Albergan especies como césped, hierbas perennes, arbustos leñosos y árboles en tamaños variados, ya sean pequeños, medianos o grandes. Asimismo, la profundidad del sustrato varía entre 12 a 200 cm, dependiendo de la cobertura vegetal que compone el techo verde (Landscape Development and Landscaping Research Society, 2018). Otra definición nos indica que pueden tener profundidades del sustrato superiores a los 20 cm, por este motivo la estructura

del techo debe resistir entre 290 kg y 970 kg por metro cuadrado. Dichos requerimientos incrementan en gran medida los costos estructurales para reforzar los cimientos de la edificación, así como los costos para elevar todos los insumos requeridos hasta la superficie del techo a intervenir. En cuanto a los requerimientos de mantenimiento de los techos verdes intensivos, son similares a los jardines convencionales, debido al detalle que suelen tener este tipo de jardines, los cuales son similares en apariencia a los jardines convencionales en superficie (Oberndorfer et al., 2007).



Figura 5. Techos verdes intensivos en los distritos de Barranco y San Isidro de Lima Metropolitana

Nota: (i) Techo verde compuesto por árboles de meijo (*Hibiscus tiliaceus*) podados con copa redondeada, arbustos leñosos con forma cuadrada de carissa (*Rhoeo spathacea*), arbustos semi leñosos de forma geométrica de duranta limón (*Duranta sp.*), plantas herbáceas de espárrago vela (*Asparagus sp.*), geranios (*Geranium sp.*) y césped americano (*Stenotaphrum secundatum*). (ii) Techo verde compuesto por árbol molle costeño (*Schinus terebinthifolius*), arbusto leñoso de carissa (*Carissa macrocarpa*), plantas herbáceas de señorita (*Aptenia cordifolia*) y roeo (*Rhoeo spathacea*).

2.3.2. Techos verdes intensivos simples

Son aquellos que pueden o no tener un uso activo por parte de sus usuarios, el diseño del techo verde suele ser más simple, asimismo la inversión para la construcción como para su mantenimiento es menor en el caso de los techos verdes intensivos. Albergan especies como césped, hierbas perennes y arbustos leñosos. Asimismo, la profundidad del sustrato varía entre 12 a 100 cm, dependiendo de la cobertura vegetal que compone el techo verde (Landscape Development and Landscaping Research Society, 2018).



Figura 6: Techo verde intensivo simple en Miraflores, Lima.

Nota: Compuesto por césped americano (*Stenotaphrum secundatum*), especies herbáceas de especies arbustivas semi leñosas como durante limón (*Duranta sp.*), palmeras rapis (*Raphis excelsa*) y thuja (*Thuja sp.*).

2.3.3. Techos verdes extensivos

Son aquellos que mayormente no tienen un uso activo de sus usuarios, la inversión para su construcción y mantenimiento son mínimas. Albergan especies como musgo, suculentas, hierbas y césped. Asimismo, la profundidad del sustrato varía entre 4 a 20 cm, dependiendo de la cobertura vegetal que compone el techo verde (Landscape Development and Landscaping Research Society, 2018). Otros autores, indican que la profundidad del sustrato oscila entre 2 a 20 cm y requieren una resistencia estructural de entre 70 y 170 kg/m² (Oberndorfer et al., 2007). Los requerimientos de mantenimiento son mínimos, consistiendo básicamente en la erradicación de especies no deseadas, cuyas raíces podrían dañar las membranas impermeables, reduciendo así la vida útil de estos cobertores (Placitelli, 2010).



Figura 7: Techo verde extensivo de 1200m² con la presencia de plantas suculentas en San Isidro, Lima.

Nota: El techo verde está compuesto por especies herbáceas suculentas de aptenias (*Aptenia cordifolia*) y carpobrotus (*Carpobrotus edulis*), adicionalmente cuenta con plantas herbáceas como roeo (*Rhoeo spathacea*).

2.4. BENEFICIOS DE LOS TECHOS VERDES

- Aporta vegetación en lugares con alta densidad poblacional donde un jardín convencional no podría ser construido. Esto contribuye al aumento de área fotosintética, la misma que fija dióxido de carbono en su proceso y aporta oxígeno al ambiente (Placitelli, 2010). En Estados Unidos, se estimó mediante softwares basados en modelos de fugacidad, que los techos verdes pueden fijar 0.19 ± 0.01 kg/m²/año de nitrógeno de la forma de óxido nitroso (NO₂) del ambiente, reduciendo la contaminación del aire en las ciudades (Clark, 2008).
- Contribuye a la retención de partículas en suspensión o polvo del ambiente, purificándolo y mejorando la calidad de este. Los techos verdes son capaces de fijar desde las partículas inofensivas hasta metales pesados como el plomo, mercurio, etc. (Placitelli, 2010).
- Las azoteas verdes actúan como termorreguladores, interceptando los rayos ultravioletas del sol y sirviendo como una barrera natural que produce una reducción de la temperatura en el interior del edificio en donde se encuentra instalado (Carrasco, 2019). En Canadá, se observó que producto de la evapotranspiración y las fugas térmicas por convección ocasionadas por las plantas en techos verdes, se pudo reducir la temperatura del interior de las edificaciones entre 1 a 2°C (Bass et al., 2012). Asimismo, en Argentina se obtuvo que el uso de coberturas vegetales sobre techos planos permitió disminuir la amplitud térmica interior de edificios, alrededor de 8°C,

la temperatura máxima en 6°C y la temperatura media interior al menos en 2°C (Flores et al. 2016).

- Reduce el consumo energético por un menor uso de aire acondicionado sobre todo en temporadas de verano como consecuencia del efecto termorregulador de los techos verdes. En pruebas realizadas en el suroeste de Grecia, se pudo evidenciar la reducción hasta en 11% del consumo de energía eléctrica por concepto de aire acondicionado en techos verdes extensivos compuestos por *Sedum sp.* de edificios residenciales en la temporada de verano (Sfakianaki et al., 2012).
- La vegetación de los techos verdes, ofrece un efecto psicológico positivo en la reducción del estrés de sus usuarios, así como una reducción del tiempo de recuperación de los pacientes hospitalizados (Severtsen et al., 2002). Asimismo, el color verde de los techos verdes tiene un efecto relajante en la psiquis humana, contribuyendo a un ambiente más acogedor para sus usuarios (Placitelli, 2010). En Italia, se evidenció que el contacto directo con vegetación en jardines con niños con Trastorno del Espectro Autista (ASD) contribuye al desarrollo de una mejora en la habilidades de interacción interpersonal y de la calidad de vida (Scartazza et al., 2020).
- El ecosistema de techos verdes contribuye con la conservación de la biodiversidad de la ciudad, ofreciendo hábitats para diversas especies de animales (Williams et al., 2014). Como es el caso de mariposas, aves, insectos, etc. del área impactada (Oberndorfer et al., 2007).



Figura 8: Los techos verdes mitigan el efecto de isla de calor de las edificaciones.

Nota: Adaptado de *Del gris al verde* (p. 8), por F. Carrasco, 2019, Revista Istmo. CC-BY 4.0

2.5. LA VEGETACIÓN DE LOS TECHOS VERDES EXTENSIVOS

Debido al menor costo de implementación y mantenimiento de los techos verdes extensivos en comparación con los intensivos y a la facilidad que esto significa en términos de una menor inversión para su implementación (Snodgrass y Snodgrass, 2006), se procede a explicar a mayor detalle las características deseables de la vegetación de los techos verdes extensivos:

- Las plantas deben ser tolerantes al estrés hídrico ya que se encuentran en ambientes de acelerada desecación a causa del viento. Son recomendables el uso de plantas xerófitas o suculentas con gran capacidad de almacén de agua en tallos y hojas. Asimismo, las plantas de fisiología Crassulacean Acid Metabolism (CAM) están adaptadas a condiciones críticas de estrés hídrico (Oberndorfer et al., 2007).
- Las especies deben tolerar condiciones de elevada ventilación, ya que al estar ubicados en la superficie de los techos, la velocidad del viento es mayor a la que se tiene en los jardines convencionales en superficie (J. T. Lundholm, 2006).
- Las especies empleadas deben de tolerar que el medio de cultivo sea poco profundo, esto influirá directamente en el desarrollo aéreo de la planta, así como en la sanidad de la misma (Rowe et al., 2012).
- Las plantas seleccionadas deben tener un hábito de crecimiento compacto, preferentemente rastrero o de baja altura para poder cubrir eficientemente una superficie plana (Oberndorfer et al., 2007).
- Las especies seleccionadas deben estar adaptadas a las condiciones climáticas de la ciudad o ser especies nativas. En ese sentido contar con especies que provienen de ambientes naturales como acantilados o superficies rocosas son recomendables ya que han coexistido en dichos ecosistemas sin la acción del hombre por cientos o miles de años (J. T. Lundholm, 2006).

En cuanto a los principales géneros empleados para techos verdes extensivos, el género *Sedum* es uno de los más empleados en el mundo entero, siendo los países Europeos y Estados Unidos aquellos que más han desarrollado el cultivo del mismo (Li y Yeung, 2014). En Estados Unidos por ejemplo, se pudo evidenciar que evaluando 25 especies diferentes de suculentas de techos verdes en profundidades de sustrato de 2.5, 5 y 7.5 cm, los mejores resultados en dos años diferentes lo obtuvieron *Phedimus spurius*, *Sedum acre*, *S. álbum* y

S. middendorffianum (Durhman et al., 2007). Asimismo, en un trabajo de 7 años de evaluación desarrollado también en Estados Unidos, las especies *S. acre* y *S. album* fueron las predominantes sobre un sustrato de 2.5 cm de profundidad y *P. spurius* y *S. middendorffianum* en una profundidad de 5 y 7.5 cm de sustrato (Rowe et al., 2012). Adicionalmente a ello, en Argentina se ha realizado un registro de especies empleadas para techos verdes, donde figura el género *Sedum*, con las especies *S. mexicanum*, *S. album*, *S. acre*, *S. álbum*, *S. kamtschaticum*, *S. rupestre*. Figuran también, las especies *P. grandiflora*, *P. gilliesii*, *Senecio ceratophylloides*, *Gomphrena celosioides*, *Phyla canescens* y *Grahamia bracteata* (Soto et al., 2014).

2.6. SUSTRATOS DE TECHOS VERDES EXTENSIVOS

Si bien los sustratos para techos verdes extensivos pueden variar mucho en su composición, es importante que estos sigan las siguientes características:

2.6.1. Tiempo de degradación

El sustrato del techo verde extensivo debe tener una degradación muy prolongada de sus componentes para que la profundidad del sustrato persista en el tiempo y no requiera de adiciones frecuentes. En ese sentido los componentes minerales que se degradan muy lentamente como la piedra pómez, perlita y arcilla calcinada (ladrillo) son deseables en la composición de los techos verdes (Bilderback et al., 2005).

2.6.2. Contenido orgánico

El contenido orgánico del sustrato para el techo verde no debe de ser excesivo ya que la descomposición de los materiales orgánicos podría ocasionar en el corto plazo, que la retención de humedad y la porosidad del sustrato varíen mucho, teniendo como consecuencia deterioro en la sanidad y vigorosidad de las plantas (Bilderback et al., 2005). De acuerdo con la tabla 4, se recomienda que el contenido de materia orgánica en techos verdes livianos sea menor o igual al 8% en masa, para sustratos con densidad aparente menor o igual a 0.8 g/cm^{-3} (The Landscaping and Landscape Development Research Society E.V., 2002).

2.6.3. Peso del sustrato

Se requiere que el sustrato sea liviano o con una densidad aparente reducida para disminuir la carga en los techos donde son instalados (Getter y Rowe, 2009), en ese sentido se recomienda el uso de materiales como piedra pómez, perlita, arcilla calcinada (ladrillo), corteza de pino o turba (Bilderback et al., 2005). Se describe en la tabla 5, el peso aproximado de diferentes mezclas de sustratos húmedo con la máxima cantidad de agua que pueden retener, es decir en capacidad de campo, en base a esto y con la profundidad de diseño del techo verde, se puede conseguir que el peso sea de 70 a 170kg/m² como en el caso de techos verdes extensivos o que sea de 240 a 970 kg/m² como en el caso de los techos verdes intensivos (Oberndorfer et al., 2007).

2.6.4. Permeabilidad del sustrato

Los sustratos recomendados para techos verdes deben tener un buen drenaje para alargar la vida de las superficies impermeables y protectoras del techo, así como para facilitar la vida de las especies vegetales en su superficie (Oberndorfer et al., 2007). Dentro de los componentes que contribuyen al buen drenaje y el aumento de macroporos en el sustrato son la perlita, piedra pómez, ladrillo molido, arena gruesa y la materia orgánica (Bilderback et al., 2005). Asimismo, se recomienda que la permeabilidad para techos verdes extensivos, sin considerar al cultivo de césped, debe ser como mínimo 0.001 cm/s (Landscape Development and Landscaping Research Society, 2018).

Para la elaboración de un correcto medio de cultivo de techos verdes, se toma como referencia lo expuesto por la Sociedad Alemana de Investigación del Desarrollo del Paisaje y Paisajismo, que es un referente en la construcción de techos verdes en Alemania y en Europa. A continuación en la tabla 4, se describen los parámetros físicos y químicos de los sustratos para techo verde extensivo (Landscape Development and Landscaping Research Society, 2018) y en la tabla 5 el peso aproximado de sustratos de techos verdes extensivos (The Landscaping and Landscape Development Research Society E.V., 2002).

Tabla 4: Parámetros físicos y químicos de los sustratos para techo verde extensivo.

Parámetro	Cantidad	Unidad de medida	Observación
Masa de arcilla y limo	≤ 15	%	Tomado de la versión FLL 2022
Masa de materia orgánica	≤ 8	%	Para sustrato con densidad aparente (Da) $\leq 0.8 \text{ g/cm}^3$, tomado de la versión FLL 2022
Masa de materia orgánica	> 8	%	Para sustrato con densidad aparente (Da) $> 0.8 \text{ g/cm}^3$, tomado de la versión FLL 2022
Granulometría	≤ 12	mm	
Permeabilidad	≥ 0.001	cm/s	
Retención de humedad	$\geq 20 \text{ y } \leq 65$	% del volumen	Cobertura de techos verdes sin contar considerar al césped.
Porosidad total	≥ 10	% en volumen	Cuando el sustrato este a capacidad de campo.
pH	$\geq 6 \leq 7.5$	-	
Salinidad máxima	5	dS/m	
Nitrógeno (N)	≤ 80	mg/L	
Fósforo (P_2O_5)	≤ 200	mg/L	
Potasio (K_2O)	≤ 700	mg/L	
Magnesio (Mg)	≤ 200	mg/L	

Nota: Adaptado de *Guidelines for the Planning , Execution and Upkeep of Green-roof sites* (p. 64), por la Sociedad de Investigación del Desarrollo del Paisaje y Paisajismo, 2018. CC-BY 4.0.

Tabla 5: Peso aproximado de sustratos de techos verdes extensivos.

Tipo de sustrato	Peso (kg/m²) por cm de profundidad
Mezclas de suelo y arena	
Mezcla de suelo con aditivos minerales y orgánicos	16 a 19
Mezcla de arena con aditivos minerales y orgánicos	16 a 18
Agregados minerales con gran contenido orgánico	
Musgo	10 a 13
Compost	11 a 13
Agregados minerales con bajo contenido orgánico	
Piedra pómez en polvo	13 a 16
Ladrillo en polvo	10 a 13
Mezclas de piedra pómez y ladrillo en polvo	16 a 18
Agregados minerales en trozos	
Piedra pómez (1 a 12mm de diámetro)	7 a 8
Ladrillo molido (1 a 8mm de diámetro)	7 a 8

Nota: Adaptado de *Guidelines for the Planning , Execution and Upkeep of Green-roof sites* (p. 70), por la Sociedad de Investigación del Desarrollo del Paisaje y Paisajismo, 2002. CC-BY 4.0.

2.7. SOSTENIBILIDAD

Es una condición inherentemente ligada al desarrollo, comprende la satisfacción de las necesidades de las generaciones actuales, sin comprometer la satisfacción de las necesidades de las generaciones del futuro (Munier, 2005). Asimismo, de acuerdo con la FAO (2022), existen cinco fundamentos para llevar a cabo la sostenibilidad: aumentar la productividad, el empleo y el valor agregado, mejorar la eficiencia del uso de los recursos naturales, incrementar los medios de subsistencia, potenciar la resiliencia de personas y ecosistemas, y finalmente, adaptar la gobernanza a los nuevos retos.

III. DESARROLLO DEL TRABAJO

3.1. LUGAR

Se realizó en la ciudad de Lima, fundamentalmente en techos verdes privados de los distritos de Miraflores, Barranco y San Isidro. Las azoteas verdes intervenidas eran en su mayoría techos verdes extensivos e intensivos simples, únicamente se hizo mantenimiento a un techo verde Intensivo. Las azoteas verdes se ubicaban en edificios corporativos donde se ubican las diferentes áreas administrativas de empresas variadas como lo son Alicorp, China National Petroleum Company (CNPC), la Universidad de Tecnología e Ingeniería (UTEC), el Grupo Centenario, Fall Creek, entre otros edificios de conglomerados empresariales de Lima.

3.2. CONDICIONES CLIMÁTICAS

Se trabajó principalmente en los distritos de Miraflores, San Isidro y Barranco, los cuales presentaron características climáticas descritas en la tabla 6.

Tabla 6: Condiciones climáticas de San Isidro, Miraflores y Barranco.

Característica	Descripción
Tipo de clima:	Es árido con deficiencia de humedad en todas las estaciones del año.
Temperatura máxima:	31°C
Temperatura mínima:	21°C
Precipitación anual:	0 – 5 mm
Humedad relativa:	40% a 95% con promedios de 70%
m.s.n.m.	0 - 867

Nota: Adaptado de *Mapa Climático del Perú*, 2022, SENAMHI. CC-BY 4.0.

3.3. FUNCIONES PROFESIONALES

El autor del presente trabajo de suficiencia profesional realizó trabajos de supervisión de mantenimiento de áreas verdes y de gestión de cuentas, el mismo que no solo se encargaba de velar por la operatividad, sino de la gestión tanto administrativa y comercial de una cartera de clientes asignada. Dentro de las labores específicas desarrolladas se tuvo:

- Planeamiento y monitoreo de operaciones en Lima y provincia
- Gestión de personal operativo de clientes varios.
- Supervisión y gestión de abastecimiento de activos y consumibles.
- Valorización de proyectos y servicios de mantenimiento de áreas verdes a clientes de nuevos de Lima y provincia.
- Elaboración y ejecución de proyectos de mantenimiento y mejora del paisajismo de áreas verdes.
- Supervisión de actividades especializadas de como manejo de campos deportivos y áreas verdes, ejecución de podas en altura, traslado de árboles y palmeras, reubicación de panales de abejas entre otros.
- Manejo de producción en vivero de planta ornamentales.

3.4. SITUACIÓN DE LA EMPRESA

El presente trabajo de suficiencia profesional toma la experiencia obtenida en una empresa del rubro ornamental la cual centraba sus operaciones y cartera de clientes en la ciudad de Lima, contando con más de 19 años en el mercado y siendo el corazón de la organización las áreas verdes. Contaba con una variada cartera de clientes y un conocimiento acumulado producto de los años de vigencia del mercado.

En cuanto a los techos verdes, la empresa en donde se ejecutó las labores era principalmente un proveedor de mantenimiento de techos verdes más que de instalación de techos verdes nuevos. Por tal motivo se ejecutaron numerosas visitas de campo y entrevistas con trabajadores jardineros en diversos techos verdes de uso privado, principalmente en los distritos de San Isidro, Miraflores y Barranco. Finalmente, el espacio tiempo en el que se brindó los servicios profesionales, coincidió con la etapa de pandemia en el 2021. Por ello, se tuvo que mejorar las estrategias de venta y de captación de nuevos clientes, ya que el rubro ornamental en general se vio afectado. Los clientes con techos verdes representaban aproximadamente el 15% de la totalidad de facturación mensual de la empresa.

3.5. PUNTOS CRITICOS

En la experiencia profesional se han podido identificar, un grupo de puntos críticos, de los cuales se han realizado aportes y se pudieron encontrar soluciones que mejoraron tanto la operatividad como la sostenibilidad de los techos verdes.

3.5.1. Deficiencias en la construcción de techos verdes

- La deficiente impermeabilización de los techos previo a la siembra genera frecuentes fugas o goteras en la superficie, lo cual, afecta el piso inferior al techo verde. Este hecho recurrente es causado principalmente por la contratación con empresas de aislamiento con poca experiencia desarrollando este tipo de trabajos o en su defecto cuando las mismas empresas que realizan la instalación de las áreas verdes ejecutan estos trabajos de impermeabilización.
- Se considera que solamente con un tipo de aislamiento es suficiente para ejecutar el techo verde, lo cual es un error recurrente, ya que, se prescinde del aislamiento asfáltico, instalando únicamente el aislamiento con geomembrana. El 100% de los clientes atendidos por la empresa, carecía de un eficiente sistema de aislamiento, lo cual generaba goteras en los pisos inferiores, causando en algunos casos (cuando la dosificación de agua era mayor a la capacidad de retención del sustrato) daños en los equipos e infraestructura.
- Los techos verdes en muchos casos no contaban con sistema de drenajes, lo cual era consecuencia de un diseño civil inadecuado. Se debe corroborar que se cuente con drenajes operativos una vez terminadas las obras civiles de construcción de los edificios. Ya que no contar con ellos generan problemas de crecimiento en nuestras plantas y aumenta el riesgo de contagio principalmente de hongos plaga.

3.5.2. Inadecuada selección de sustratos de los techos verdes

Si bien existen lineamientos y parámetros para techos verdes en Europa, aun no existe una normativa local en Perú que establezca parámetros importantes como por ejemplo el porcentaje de materia orgánica o la densidad aparente. Durante las visitas técnicas de campo realizadas a los clientes asignados con techos verdes, se constató que:

- En los distritos de San Isidro, Miraflores y Barranco, no existían diferencias aparentes entre los componentes del medio de cultivo de techos verdes extensivos y de los intensivos. Asimismo, en entrevistas de campo con trabajadores de empresas

del rubro de aislamiento e instalación de techos verdes se logró conocer que los sustratos estaban compuestos de forma recurrente por tierra de chacra y compost en proporción de volumen aproximadamente de 4 a 1, se empleaban dichos sustratos principalmente por el arraigo a los trabajos de jardinería que usualmente desarrollaban en superficie, asimismo por la rápida disponibilidad de dichos materiales, los cuales tienen precios económicos tanto para venta mayorista como minorista. Este tipo de sustrato, compuesto por tierra de chacra como componente mayoritario (60 a 80%) y materia orgánica (20 a 40%), puede tener un peso aproximado por metro cuadrado entre 320 a 400 kg en capacidad de campo para 20 cm de profundidad (The Landscaping and Landscape Development Research Society E.V., 2002). Como consecuencia, la carga por metro cuadrado de este tipo de sustratos muy empleado en los distritos de San Isidro, Barranco y Miraflores es elevada, por lo que se requiere que los techos tengan un refuerzo estructural para soportar no solamente el sustrato en capacidad de campo sino a las mismas plantas en su superficie, hecho que restringe y encarece la construcción de techos verdes.

- Dentro de la experiencia, se verificó que los proveedores del servicio de mantenimiento de techos verdes realizaban la incorporación de compost, hummus o musgo de una a dos veces al año, según las especies cultivadas. Con el transcurrir de los meses, dicha materia orgánica se degradaba y hacía que el nivel del sustrato disminuya hasta 4 cm en un año. Ya que el abonamiento o recarga de sustrato en un techo verde es logísticamente más costoso que en un jardín a nivel, debido principalmente a la mayor demanda de mano obra para realizar el traslado de agregados y por las restricciones que suelen tener los edificios corporativos que contienen techos verdes, como el uso de horarios diferenciados al de los usuarios del edificio, e incluso el trabajo en días domingos o feriados. Se requieren mayores recursos para realizar ese tipo de trabajos y más aún cuando el techo verde es más extenso en área.

3.5.3. Inadecuada selección de especies vegetales en los techos verdes

Dentro de la experiencia profesional se ha podido identificar un grupo de géneros y especies (tabla 7, 8 y 9) de uso recurrente en los techos verdes de Lima, ya sean extensivos o intensivos:

Tabla 7: Principales especies de cubre suelos y herbáceas empleadas en techos verdes de Lima Metropolitana.

Nombre común	Nombre científico	Familia
Aptenia o señorita	<i>Aptenia cordifolia</i>	Aizoaceae
Carpobrotus	<i>Carpobrotus edulis</i>	Aizoaceae
Cinta de novia	<i>Chlorophytum comosum</i>	Liliaceae
Esparrago vela	<i>Asparagus sp.</i>	Liliaceae
Geranio	<i>Geranium sp.</i>	Geraniaceae
Grass americano	<i>Stenotaphrum secundatum</i>	Poaceae
Ichu rojo e ichu verde	<i>Pennisetum sp.</i>	Poaceae
Kalanchoe	<i>Kalanchoe blossfeldiana</i>	Crassulaceae
Liriope	<i>Liriope spp.</i>	Liliaceae
Portulaca	<i>Portulaca grandiflora</i>	Portulacaceae
Roeo	<i>Rhoeo spathacea</i>	Commelinaceae
Wedelia	<i>Wedelia trilobata</i>	Asteraceae
Yuca ornamental	<i>Yucca sp.</i>	Asparagaceae

Tabla 8: Principales especies de arbustos empleadas en techos verdes de Lima metropolitana.

Nombre común	Nombre científico	Familia
Acalipha	<i>Acalipha wilkesiana</i>	Euphorbiaceae
Buganvillea	<i>Bougainvillea spectabilis</i>	Nyctaginaceae
Carissa	<i>Rhoeo spathacea</i>	Commelinaceae
Cróton	<i>Codiaeum variegatum</i>	Euphorbiaceae
Duranta	<i>Duranta repens</i>	Verbenaceae
Duranta limón	<i>Duranta sp.</i>	Verbenaceae
Lantana	<i>Lantana camara</i>	Verbenaceae
Laurel rosa	<i>Nerium oleander</i>	Apocynaceae
Mioporo	<i>Myoporum spp.</i>	Myoporaceae
Murraya	<i>Murraya exotica</i>	Rutaceae
Tecomaria	<i>Tecomaria capensis</i>	Bignoniaceae
Westringia	<i>Westringia rosmariniformis</i>	Labiaceae

Tabla 9: Principales especies de árboles, palmeras y palmeroides empleadas en techos verdes de Lima Metropolitana.

Nombre común	Nombre científico	Familia
Meijo	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	Malvaceae
Molle serrano	<i>Schinus molle</i>	Anacardiaceae
Molle costeño	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Anacardiaceae
Palmera cyca	<i>Cycas revoluta</i>	Cycadaceae
Palmera hawaiana	<i>Dyopsis lutescens</i>	Arecaceae
Palmera rubelina	<i>Phoenix roebelenii</i>	Arecaceae
Palmera rapis	<i>Raphis excelsa</i>	Arecaceae

Ahora bien, debido a las condiciones ambientales de Lima, ubicada en un desierto, y teniendo muchas limitaciones en el suministro y un elevado de costo del agua. Se suelen cometer los siguientes errores frecuentes en relación a la selección de especies:

A. Uso de especies de elevado consumo de agua en azoteas verdes:

Uno de los cultivos más empleados en techos verdes es el grass americano (*Stenotaphrum secundatum*), el mismo que requiere una gran dotación de agua para su mantenimiento, a esta especie se le suman otras muy usadas como cróton (*Codiaeum variegatum*), mioporo (*Myoporum spp.*), murraya (*Murraya exótica*), durante limón (*Duranta sp.*), entre otras. Debido a la escasez del recurso hídrico en Lima y al elevado costo del agua en ciudad, el mantenimiento de este tipo de especies genera muchos problemas y sobrecostos, en comparación con lo que sería el cultivo de plantas suculentas como el sedum (*Sedum sp.*), aptenias (*Aptenia cordifolia*), portulacas (*Portulaca sp.*), más adaptadas a las condiciones áridas de Lima.

B. Combinación de especies de requerimientos hídricos muy contrapuestos:

En oportunidades, se suelen encontrar coexistiendo en ambientes muy cercanos, plantas de tipo cactáceas o suculentas al lado de césped, por ejemplo, lo que produce que el mantenimiento no se pueda ejecutar de forma favorable a ambas especies o que el correcto mantenimiento de uno afecte involuntariamente la sanidad del otro.

C. Combinación de especies de requerimiento luminosos muy contrapuestos:

Ejecutado al combinar especies de sombra o semi sombra como anthurios (*Anthurium sp.*) de tolerancia máxima de 300W/m² de radiación solar acumulada en el día (Hernández,

2004) o espatifilos (*Spathiphyllum sp.*) con tolerancia de 350W/m² de radiación solar, al lado de especies que toleran la incidencia de sol directo como las especies suculentas como *Aptenia cordifolia*, la cual tolera más de 900 W/m² sobre todo durante la estación de verano (Rabbani y Kazemi, 2022). En estos casos las especies de sombra o semi sombra evidencian un gran deterioro en hojas y flores, dando la apariencia de estar enfermas, por lo cual muchas veces son reemplazadas generando un sobrecosto en el mantenimiento.

D. Uso de especies de crecimiento aéreo y radicular exuberante:

Es un parámetro que debe evitarse ya que el mantenimiento de una especie arbórea o arbustiva de crecimiento acelerado en los techos verdes poco profundos de edificios o casas puede producir:

- Generación involuntaria de exceso de carga en el techo, que con el transcurrir del tiempo (años o incluso meses) puede ocasionar daños en los cimientos de la infraestructura.
- Reducción del tiempo de vida de las especies sembradas, evitando que se desarrollen correctamente, lo que produce que se deteriore su apariencia o se eleven los costos en el mantenimiento para tener una mejor apariencia. Un ejemplo de esto es el cultivo de meijo (*Hibiscus tiliaceus*) o cróton (*Codiaeum variegatum*), los cuales tienen un crecimiento acelerado y requieren de mayor profundidad de sustrato lo que se traduce en una mayor capacidad de carga del techo verde. En la experiencia profesional, se evidenciaron árboles meijo en techos con profundidad de 30cm y crótón en profundidad de 20 cm, los mismos que requirieron ser cambiados a los 5 y 3 años respectivamente, debido a que el ambiente no era propicio para su desarrollo.
- Si bien el cultivo de especies como el ficus (*Ficus benjamina*) o yuca ornamental (*Yucca elephantipes*) se pueden ejecutar en techos verdes intensivos o intensivos simples, para que su crecimiento sea sostenible y ofrezca una adecuada apariencia, se debe tener una profundidad de sustrato adecuada mayor de 0.5 m, de otra forma, esta selección genera que las plantas crezcan de forma inestable y con apariencia desfavorable a mediano plazo (3 a 5 años).

3.5.4. Uso del monocultivo en los diseños de techos verdes

El monocultivo en techos verdes, o el cultivo de una misma especie o de una misma familia en este tipo de jardines, generaba mayores problemas fitosanitarios, en comparación de lo que sería el desarrollo de un policultivo, ya sea con plantas de especies diferentes o con plantas de familias taxonómicas diferentes. Estos problemas fitosanitarios, incrementaban el gasto en agroquímicos y en el requerimiento de personal para la aplicación de los mismos. Adicionalmente a ello, la mayor presión de plagas generaba una reducción del crecimiento, y en consecuencia la disminución en la formación de materia seca y el porcentaje de cobertura de las especies en un área determinada. En ese sentido, debido a la reducción del porcentaje de cobertura, los beneficios ambientales que pueden ofrecer las azoteas verdes se veían disminuidos y conjuntamente con el deterioro de la estética de dicha área verde se generaban quejas por parte del cliente a cuál se le brindaba el servicio de mantenimiento.

3.5.5. Deficiencias del uso de sistema de riego en techos verdes

Es muy frecuente encontrar en campo, instalaciones de sistemas de riego tecnificado en los techos verdes, en su gran mayoría se suele encontrar sistemas de riego por goteo; no obstante, el escaso soporte técnico de los operadores del techo verde, hace que la eficiencia de riego sea muy baja, consumiendo un exceso de recurso hídrico y de horas hombre (HH). Asimismo, la ocurrencia de incidencias como aniegos que comprometen los pisos inferiores de la edificación es relativamente habitual. A continuación, los principales problemas generados por un deficiente uso del sistema de riego:

- **Enterrado de válvulas de riego:** Se encontró de forma recurrente las válvulas hidráulicas de los turnos de riego enterradas o enlodadas. Este estado de mantenimiento no solamente puede ocasionar fugas o dificultad en el cierre automático de las electroválvulas, sino el riesgo de shock eléctrico de los trabajadores del mantenimiento y a los usuarios del techo verde.
- **Riego con tuberías cortadas:** Se ha evidenciado la operación el sistema de riego con mangueras de riego por goteo cortadas o picadas, las mismas que están propensas a causar aniegos en zonas localizadas de la azotea verde, pasadizos o áreas de tránsito de usuarios.
- **Enterrado de cintas de riego:** Se constató en campo el enterrado de cintas de riego por goteo diseñadas para su uso en superficie, lo cual incrementa el riesgo no solo de taponamiento de goteos, sino que el personal de mantenimiento pueda cortarla o picarla

de forma accidental en el momento en el que se emplea herramientas manuales, por ello se deben tener expuestas las mangueras de riego, para evitar el deterioro del sistema de riego y poder verificar su correcto funcionamiento.



Figura 9: Aniego en techo verde por deterioro del sistema de riego.

3.5.6. Elevado precio de los techos verdes

Es una de las principales limitantes que tiene la difusión de techos verdes en Lima Metropolitana, a pesar de que los precios puedan disminuir de 30 a 40% a medida que el techo verde ya sea extensivo o intensivo, aumente en área construida (a mayor área cotizada menor es el precio por metro cuadrado de techo verde). El costo de la construcción por metro cuadrado de un techo verde extensivo puede oscilar entre S/ 210.00 (US\$ 56.00) a S/ 350.00 (US\$ 91.00) o más, dependiendo del área a intervenir. A estos costos se le adicionan el porcentaje de ganancia de la empresa a ejecutar los trabajos con los cuales se obtiene el precio de venta por metro cuadrado del techo verde extensivo que puede oscilar entre S/. 338.00 (US\$ 90.10) a S/. 455.00 (US\$ 121.00). En el Anexo 1 se presenta la valorización de un techo verde extensivo de 100 m² ubicado en un octavo piso, incluyendo el uso de un elevador o winche para la instalación de sustrato y plantas. Se ha evidenciado que, debido al elevado costo de construcción de un techo verde, muchas veces se busca recortar el presupuesto en labores en torno a una menor calidad de impermeabilización o a un menor nivel de capacitación del personal de la construcción del techo verde. Se debe entender entonces que la inversión del techo verdes es a largo plazo (10 a 20 años) y un mal procedimiento en la construcción puede traer como consecuencia daños estructurales de la edificación, ya sea por infiltración de agua de riego o un exceso en la capacidad de carga del techo.

3.6. SOLUCIÓN A LOS PUNTOS CRÍTICOS

3.6.1. Implementación de un procedimiento de selección y ejecución de impermeabilización y drenaje

Se realizó la evaluación y la contratación con empresas especializadas y con la debida experiencia en el aislamiento, que brinden garantía de los trabajos. Estos proveedores solían ser diferentes a aquellos que ejecutaban el trasplante de especies en el techo verde, siendo necesaria la subcontratación de proveedores con la finalidad de ejecutar un trabajo con garantía de durabilidad. Para ello se diseñó un “Procedimiento de selección y ejecución de impermeabilizaciones en techos verdes” (Anexo 3) y un “Formulario de selección de empresas de impermeabilización y drenaje” (Anexo 4), los cuales indicaban la ruta que se debía seguir cada vez que se tenía que hacer una impermeabilización nueva o una reparación a una impermeabilización preexistente. Asimismo, el ítem más importante del procedimiento era la prueba de embalse o estanqueidad, realizada con agua pura para comprobar que el techo estaba impermeabilizado al 100%. De esta manera, incluso cuando se obtenía una fracción de lavado producto del riego, el exceso de agua se dirigía al drenaje, evitando de esta forma el deterioro de la vegetación del techo verde, así como se evitaba dañar equipos e infraestructura ubicada en los pisos inferiores a la terraza. Con los nuevos trabajos ejecutados de drenaje, se consiguió un efecto positivo en la sanidad de los techos verdes, reduciendo el 60% de los gastos anuales en fungicidas químicos aplicados al techo verde, como se puede apreciar en la tabla 10.

Tabla 10: Comparativo de Costos de aplicación de fungicidas en techos verdes con drenaje versus sin drenaje.

Drenaje en la construcción	Frecuencia de aplicaciones de fungicidas / año	H/H para aplicación química total en jardín de 100m ² /año	Costo promedio de consumo de agroquímicos en (S/) /año	Costo de aplicación total (S/) /año
Presencia de drenaje en el techo verde	2	6	6.8	52.2
Ausencia de drenaje en el techo verde	6	15	20.4	134.1

Nota: El cálculo se hizo en base al uso del fungicida Piraclostrobin + Epixiconazole (Opera) en su presentación de 250 ml, con dosis 40 ml/ 20L de agua.

En cuanto a las impermeabilizaciones, con la mejor selección de proveedores, se tuvo éxito en el 100% de los techos verdes extensivos implementados, ya sea por reparación o por nueva instalación. No obstante, la revisión del techo verde extensivo era una tarea programada y continua a lo largo del tiempo de vida de este (20 años en promedio).

Finalmente, de forma complementaria se estandarizó un procedimiento base a partir del cual se ejecutaban los techos verdes en la empresa:

- **Establecimiento de protocolos de seguridad:** Previa a la ejecución de los trabajos, será indispensable que el área a trabajar cuente con barreras o mecanismos de seguridad anticaída, ya que se procederá a ejecutar un trabajo en altura y se deben de cumplir con las reglas de Seguridad y Salud en el trabajo (SST) para que los colaboradores realicen un trabajo seguro.
- **Nivelación de la superficie:** Con la finalidad de dirigir los excesos de riego o de agua hacia el drenaje del techo, se realiza la nivelación de la superficie con una ligera pendiente (menor a 2%) dirigida a un desfogue para poder coleccionar los lixiviados. Una vez ejecutado este proceso, se continua con el proceso de impermeabilización la cual es el paso fundamental y debe ser ejecutado en dos etapas.
- **Impermeabilización asfáltico:** Aditamento sellador de concreto que puede ser alquitrán o bitumen, el mismo que debe de ser aplicado con un mínimo de tres capas sobre el concreto del techo, en la dosificación recomendada por el fabricante.
- **Impermeabilización con Geomembrana:** Una vez ejecutado el sellado de la superficie de concreto del techo verde, se procede con la impermeabilización con geomembrana para una mayor durabilidad del jardín. Es importante que el personal a realizar esta parte del proceso tenga experiencia con la soldadura e instalación con estos materiales, ya que este procedimiento asegurará la integridad de la edificación y sobre todo evitará posibles fugas de agua en el piso inmediatamente debajo del techo verde. Luego de terminado este proceso, se realizará una prueba de aislamiento, con agua en su superficie, con la finalidad de asegurar que no haya fugas en los pisos inferiores.
- **Traslado de agregados:** Se procede con el proceso de suministro de sustrato para el techo verde, el mismo que debe ser transportando desde la superficie hasta el lugar de la operación, para este proceso se puede emplear diferentes equipos transportadores, desde grúas telescópicas o articuladas, hasta winches mecánicos,

todo siempre en función del presupuesto y de la extensión de la operación a realizar.

- **Instalación de primera capa gruesa de sustrato:** Ejecutada para mejorar el drenaje del perfil del sustrato, la primera capa de sustrato debe ser más porosa que el medio del cultivo en si, por lo que se recomienda uso de gravilla o piedra chancada de tamaño muy pequeño (8 a 12mm), el mismo que debe ser esparcido de forma homogénea en toda la superficie del techo verde.
- **Instalación de sustrato definitivo:** Previamente mezclados en superficie o mezclado en el mismo techo de acuerdo con las facilidades del espacio, se colocan capas uniformes del sustrato definitivo para el cultivo.
- **Siembra de plantas definitivas:** En función del diseño previo se distribuyen las plantas y se realiza la siembra de las mismas, finalizando con un riego final de todo el jardín.

3.6.2. Formulación de sustratos adecuados para techos verdes

Para el caso de los techos verdes extensivos, se buscó seguir las recomendaciones efectuadas por la Sociedad Alemana de Desarrollo de la Investigación en Paisajismo. En ese sentido para los sustratos de techos verdes extensivos con plantas suculentas se incrementó el contenido mineral del sustrato, aumentando el porcentaje de tierra de chacra de 60 a 80% en volumen hasta un 80 a 90%, asimismo se incluyó dentro del 10% de compost, cascarilla de arroz, la cual tiene una lenta degradación en el sustrato. Estos cambios en el sustrato se llevaron a cabo, con la finalidad de que el nivel del medio de cultivo se mantenga por un mayor periodo de tiempo, reduciendo el número de recargas de sustrato de una o dos veces al año a solamente una cada año y medio hasta dos años. De forma complementaria, se propuso la adición de ladrillo molido comúnmente usados en los sustratos de techo verde en el extranjero (Estados Unidos y Europa). Para brindar un soporte más científico a los clientes, se realizó un ensayo de techos verdes (Ver Anexo 2) en el vivero ornamentales de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), en el cual se formuló un sustrato experimental para techos verdes, en el laboratorio de Investigación de Análisis de Suelo, Agua y Plantas del departamento de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). El sustrato formulado estaba compuesto por ladrillo molido (35%), compost (25%), cascarilla de arroz (25%) y vermiculita (15%). Las características físicas obtenidas fueron:

- La densidad aparente (Da): 0.71g/ml
- La retención de humedad equivalente: 82.2%

El experimento desarrollado sobre módulos de techos verdes extensivos, albergaba el cultivo de plantas suculentas, la profundidad del sustrato era de 8 cm y tuvo una duración de 6 meses. Se pudo evidenciar en campo que el sustrato propuesto se mantenía húmedo por un tiempo prolongado cercano a los 12 días, siendo la frecuencia de riego de 15 días. Durante la ejecución de los riegos se regaba hasta dejar escurrir ligeramente agua por los orificios de drenaje debajo de los contenedores de los techos verdes, dejando el sustrato a capacidad de campo (CC) luego de cada riego realizado. El ladrillo molido fue el componente mayoritario en el sustrato de techos verdes, no obstante, constituía menos del 50% del total. En este ensayo se pudo corroborar que el uso de ladrillo molido como componente mayoritario del sustrato tuvo resultados aparentes positivos entorno a la cobertura y la producción de materia seca de plantas suculentas en un sustrato poco profundo y retentivo de humedad como se puede apreciar en el Anexo 2. En efecto, en Irán se evidenció que durante los meses con mayor humedad disponible en el sustrato (otoño), se generó una mayor formación de biomasa o materia seca expresada por una mayor fijación de carbono en la estructura de las plantas suculentas como *Sedum acre*, producido principalmente de una mayor tasa fotosintética desarrollada en la mencionada temporada del año (Seyedabadi et al., 2021).



Figura 10: Módulos de techos verdes en el vivero ornamentales UNALM.

En base a estas experiencias exitosas en la Universidad Nacional Agraria La Molina, se pudo incluir formalmente dentro de las propuestas comerciales de la empresa, el ladrillo molido en los sustratos de techos verdes extensivos en los distritos de Lima Metropolitana. No obstante, todavía existía cierta desconfianza por parte de los clientes, por lo diferente de la apariencia del sustrato en comparación de los sustratos convencionales compuestos de tierra preparada de chacra en techos verdes.

3.6.3. Identificación de especies adecuadas para su uso en techos verdes

A. Uso de especies suculentas de bajo consumo hídrico

Se logró emplear especies que toleraban la sequía para poder reducir tanto la dosificación como la frecuencia de riegos en los techos verdes. Por ello, se promovió un grupo de especies como *Pennisetum sp.*, *Kalanchoe blossfeldiana*, *Liriope spp.*, *Rhoeo spathacea*, *Portulaca grandiflora*, *Carpobrotus edulis* y *Aptenia cordifolia* entre otros. Por tal motivo, el uso de cubre suelos de suculentas en reemplazo de césped americano significó un ahorro en el consumo hídrico de 84%, pasando de 375L/m²/mes con césped a 60 L/m²/mes con cubre suelos de suculentas (ver tabla 11 y 12). Asimismo, se consiguió una optimización en horas hombre (hh) del 80% de hh/100m²/mes por la reducción del tiempo de riego manual. Estas optimizaciones permitieron invertir el tiempo de los jardineros en otros trabajos de mantenimiento como desmalezado o resiembras, lo que significó una mejora en la presentación de los techos verdes.

Tabla 11: Consumo hídrico y horas hombre de riego manual para el cultivo de césped por metro cuadrado.

Etapa del cultivo	Dosis de agua por riego (L/m ²)	Frecuencia de riego (días)	Consumo hídrico (L/ m ² /mes)	hh de riego manual/ mes/100 m ²	hh de riego manual /mes/100 m ²
Instalación (primeros 15 días luego del trasplante)	40	2.5	480	1.5	18
Mantenimiento rutinario (A partir del segundo mes después del trasplante)	50	4	375	2	15

Tabla 12: Consumo hídrico y horas hombre de riego manual para el cultivo de cubre suelos con suculentas por metro cuadrado.

Etapa del cultivo	Dosis de agua por riego (L/m ²)	Frecuencia de riego (días)	Consumo hídrico (L/ m ² /mes)	hh de riego manual/ mes/100 m ²	hh de riego manual /mes/100 m ²
Instalación (primer mes luego del trasplante)	1.2	3	12	1	10
Mantenimiento rutinario (A partir del segundo mes después del trasplante)	30	15	60	1.5	3

B. Uso de especies con requerimientos hídricos y luminosos similares

Se consiguió asociar plantas suculentas de las familias de Crassulaceae, Aizoaceae y Portulacaceae, las cuales tenían requerimientos hídricos y luminosos muy similares. En el caso del consumo hídrico, se empleaba un promedio de 30L/m² cada 15 días. En cuanto a la luminosidad, suculentas como *Aptenia cordifolia*, se tiene conocimiento que toleran más de 900 W/m² sobre todo durante la estación de verano (Rabbani y Kazemi, 2022). Asociando estas plantas con requerimientos similares, se logró obtener una vistosa variedad de colores y texturas muy favorables a la estética del techo verde extensivo. Asimismo, debido al cultivo de plantas cuyos requerimientos luminosos e hídricos fueron similares, el costo por concepto de aplicaciones químicas de fungicidas e insecticidas anuales fueron menores en un 40% (ver tabla 13 y 14). Esta reducción del presupuesto se sustenta en un menor consumo de agroquímicos en 40% y en una menor inversión de horas hombre para las aplicaciones en donde se empleó nuevamente 40% menos horas hombre para aplicaciones químicas.

Tabla 13: Comparativo del cultivo de especies con requerimientos hídricos similares versus requerimientos hídricos contrapuestos.

Asociación de plantas en jardines	Aplicaciones de insecticidas /año	Aplicaciones de fungicidas /año	hh aplicación fungicida e insecticida / 100 m ² /año	Gasto de agroquímicos en (S) /año	Costo total de aplicación (S) /año
Especies con requerimientos hídricos contrapuestos	4	6	15	34.97	147.47
Especies con requerimientos hídricos similares	4	2	9	21.26	88.76

Nota: Se considera un jornal diario de S/ 60.00 y el uso de 1.5 horas por aplicación de una mochila de 20L en un jardín de 100m².

Para la tabla 14 se hace uso de información referencial del costo de consumo agroquímicos en base al insecticida Dimetoato en formulación Concentrado emulsionable (EC) en presentación de 1L y al fungicida Piraclostrobin y Epixiconazole en formulación Suspoemulsión (SE) en presentación de 250 ml.

Tabla 14: Costos de productos referenciales empleados en jardinería.

	Costo Unitario (Promedio)	Rendimiento promedio de mochila de 20L	Costo por aplicación (mochila)
Insecticida (Dimetoato)	S/ 72.00	20	S/ 3.60
Fungicida (Piraclostrobin + Epixiconazole)	S/ 120.00	35	S/ 3.43

Nota: Se empleó insecticida Dimetoato en presentación 1L y fungicida Piraclostrobin + Epixiconazole en presentación de 250 ml.

C. Uso de especies de crecimiento aéreo y radicular controlado

Se ejecutó el recambio de especies de porte medio a alto como lo es el ficus (*Ficus benjamina*), el mismo que puede llegar a medir hasta 10 m (Starr et al., 2003). Naturalmente este tamaño aéreo excesivo estaba muy propenso a causar problemas estructurales por exceso de carga en un techo verde de 35 cm profundidad en el distrito de Barranco (Ver figura 12), por lo que se ejecutó el reemplazo de esta especie por otra de altura más controlada como lo fue la palmera Raphis (*Raphis excelsa*).



Figura 11: Palmera Raphis, con crecimiento radicular de 30 a 40 cm, es apropiada para techos verdes de profundidad de 40cm.

En adición al cultivo de palmera raphis (*Raphis excelsa*) y del ichu (*Pennisetum sp.*), como variedades con crecimiento aéreo y radicular controlable, se promovió el cultivo de plantas suculentas, por tal motivo se llevó a cabo un ensayo en el vivero ornamentales de la UNALM (Ver anexo 2), en la cual al cabo de seis meses de evaluación, empleando plantas

suculentas en módulos de techos verdes, se aplicaron dosificaciones de riegos reducidas de 60 L/m²/mes y se consiguió obtener una porcentaje de cobertura de hasta el 80% (figura 13). En este ensayo se pudo evidenciar que la cobertura de plantas suculentas como *Portulaca grandiflora*, *Portulaca sp.*, *Portulaca umbraticola*, *Aptenia cordifolia*, *Sedum kimnachii* y *Graptopetalum paraguayense* en techos verdes, resulta ser tan o más vistosas que el grass americano, el cual se emplea con mucha frecuencia en Lima metropolitana.

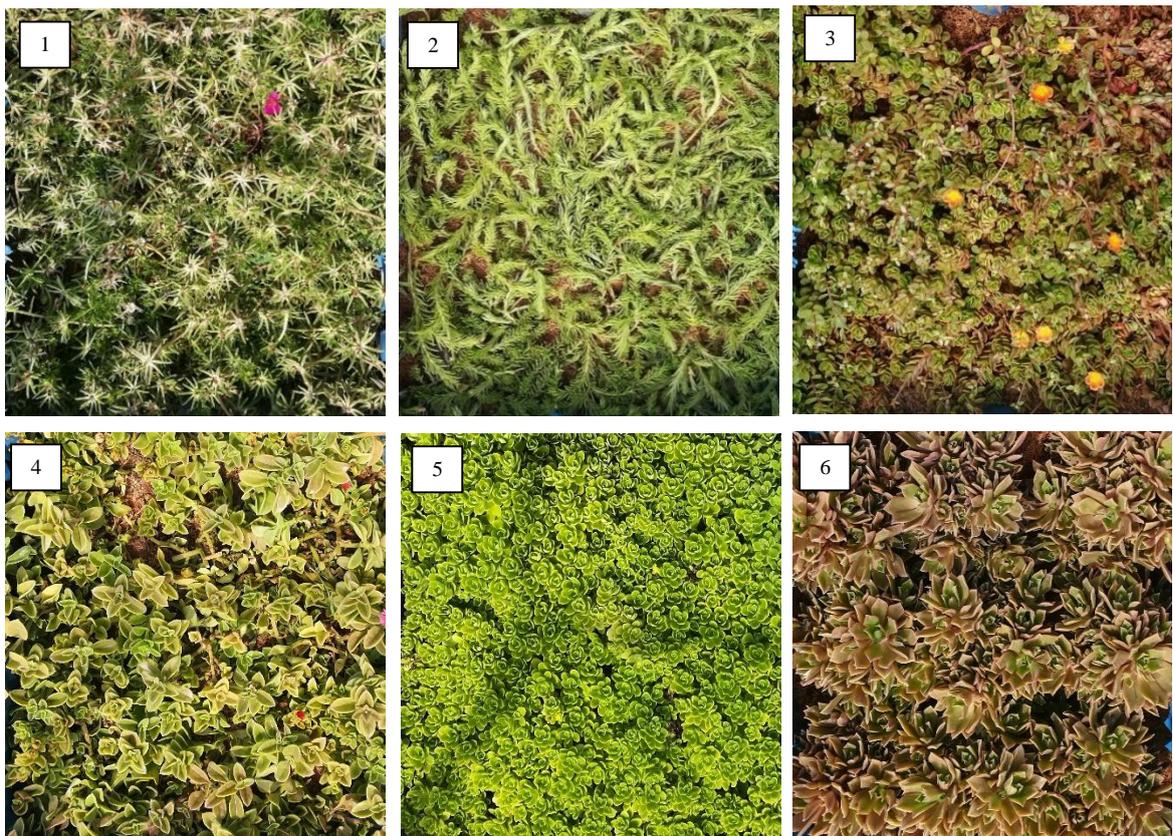


Figura 12: Cobertura de monocultivo de *P. grandiflora* (1) con 75%, *Portulaca sp.* (2) con 79%, *P. umbraticola* (3) con 77%, *A. cordifolia* (4) con 74%, *S. kimnachii* (6) con 84% y *G. paraguayense* (7) con 80%.

3.6.4. Uso de cultivos asociados en lugar de monocultivos

Se ha podido corroborar en campo que el mantenimiento de un techo verde con especies distintas ayuda a reducir el consumo de agroquímicos en comparación de un techo verde con un monocultivo. De la misma manera, en Inglaterra se evidenció de que la asociación de diversos tipo de plantas como suculentas, pastos y arbustos pequeños contribuyen con la

adaptabilidad del techo verde, así como una mejora en los servicios ambientales que estos brindan (J. Lundholm et al., 2010). Como evidencia de lo mencionado, se tenía un techo verde de compuesto por un monocultivo de geranio (*Geranium sp.*) el mismo que sufría constantes pudriciones vasculares y daño causado por gusanos de tierra. Ante el elevado costo de mano obra, agroquímicos y plantas de reposición que estaba significando el mantenimiento de dicho monocultivo se ejecutó el cambio por un policultivo compuesto por marygold (*Calendula officinalis*) y salvia (*Salvia officinalis*).

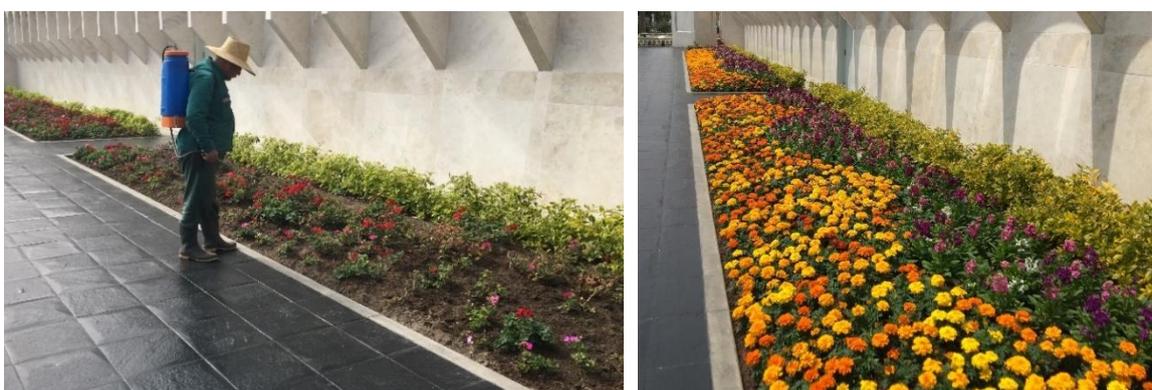


Figura 13: Techo verde con monocultivo de geranio y con asociación de salvia y marygold.

Como resultado del cambio de la cobertura vegetal, se consiguió un ahorro de 55% en los costos de aplicaciones químicas por 100m² por tres meses, pasando de requerir S/ 40.60 a S/. 18.44 por 100 m² por tres meses (ver tabla 15).

Tabla 15: Comparativo del cultivo de jardín con monocultivo versus un jardín con cultivos asociados.

Asociación de plantas en jardines	Frecuencia de aplicación de insecticidas / 3 meses	Frecuencia de aplicaciones de fungicidas/ 3 meses	H/H para aplicación química total en jardín de 100m ² / 3 meses	Costo de consumo de agroquímicos en (S/) / 3 meses	Costo de aplicación total (S/) / 3 meses
Jardines con Monocultivo de geranio.	1.25	1.5	4.13	9.64	40.60
Jardín con cultivos asociados.	0.5	0.75	1.88	4.37	18.44

Nota: Se considera un jornal diario de S/ 60.00, el uso de 1.5 horas por aplicación de una mochila de 20L en un jardín de 100m² y el costo de agroquímicos de la tabla 14.

3.6.5. Implementación de un plan de mantenimiento preventivo en el sistema de riego tecnificado

Se implementaron 3 formatos para poder tener un mejor control del sistema de riego en las diferentes operaciones. Primero se instauró un procedimiento de trabajo denominado “Mantenimiento preventivo y correctivo de sistema de riego de áreas verdes” (ver Anexo 5), el cual se entregó impreso a todos los jardineros que trabajaban dando servicio en techos verdes, con la finalidad que le sirva de guía básica para la ejecución de su trabajo de forma segura. El segundo formato implementado era un check-list de sistema de riego (ver anexo 6), el mismo que se debía llenar cada vez que se ejecutaba un mantenimiento. Este formato ayudaba a que el trabajador recuerde verificar diversas condiciones del sistema de riego para evitar accidentes, como por ejemplo la apertura y cierre de llaves de paso, la exposición de cintas de riego por goteo (ver figura 15) para evitar enterrarlas y picarlas de forma involuntaria durante el proceso de mantenimiento de las áreas verdes, la revisión de válvulas hidráulicas de riego, etc. Cada vez que encontraban los jardineros alguna observación en el check-list, ellos debían comunicar a su supervisor para dar solución al problema. Finalmente se trabajaba con un plan anual de mantenimiento de sistema de riego (ver Anexo 7), el mismo que era manejado por los supervisores y se compartía al cliente del servicio. Este formato tenía como finalidad, distribuir las principales labores de mantenimiento a desarrollar a lo largo del año, de esta forma se podía hacer seguimiento a las principales labores de mantenimiento preventivo y correctivo.



Figura 14: Exposición de las mangueras de riego en los techos verdes reduce la probabilidad de picado de mangueras.

En paralelo, se logró asignar un presupuesto preventivo del sistema de riego para poder hacer viable el procedimiento de mantenimiento. Con este presupuesto, ante cualquier incidencia, se pudo reparar de forma ágil los daños menores como cortes accidentales de manguera, recambio de uniones, goteros, llaves de paso e incluso el reemplazo de válvulas hidráulicas, evitando desabastecer a las áreas verdes de agua de riego, sin la necesidad de requerir la visita de personal externo para contingencias de baja complejidad. Dentro del procedimiento de mantenimiento, se instauró un plan de visitas de capacitación y supervisión a los trabajadores que atendían los techos verdes. Con el transcurrir de los meses de trabajo, se logró reducir el consumo de agua en 40% debido a la disminución del tiempo de riego, estableciendo la programación en los horarios de riego presurizado en la medida de lo posible de 5:00 pm a 7:00 am como máximo, ya que anteriormente estaban programados por falta de capacitación del personal operativo de 11:00 am a 2 pm lo cual disminuía la eficiencia de riego principalmente por la mayor temperatura que se tenía en ese horario del día.

3.6.6. Elaboración de plan integral de comercialización y evaluación de sostenibilidad de los techos verdes

Si bien el precio por metro cuadrado ha venido disminuyendo con el transcurrir de los años, pasando de US\$ 200.00/m² hace 10 años a los US\$ 120.00/m² o hasta US\$ 90.00 /m² de la actualidad, es una tendencia que continuará conforme se haga mayor difusión de los techos verdes y aumente la demanda de estos servicios especializados (El Comercio, 2013). Con la finalidad de incrementar las ventas de servicios de mantenimiento e instalación de techos verdes se diseñó un Plan Integral de Comercialización cuyo objetivo fue dar a conocer los beneficios y mejoras que podían tener las edificaciones de los clientes con un techo verde, concientizándolos en que no solo era un jardín sino una suma de oportunidades para el cliente. Dicho plan integral, se sostenía en un análisis de sustentabilidad en el cual los clientes tenían la oportunidad de verificar con cifras más exactas el beneficio real del techo verde.

A. Elaboración de Plan Integral de Comercialización:

- **Contacto con el cliente:** Se realizaba inicialmente vía telefónica, en el primer contacto se compartía un brochure informativo en físico y en formato PDF, principalmente compuesto de imágenes de clientes con techos verdes, a este contenido se le adicionaba información de los principales beneficios de la instalación y algunas propuestas de techos verdes a implementar o mejorar.

- **Visita de campo:** Se recogía la mayor cantidad de información de campo posible, como los días en donde se podían ejecutar los trabajos de mantenimiento, el origen del agua de riego y su disponibilidad. Asimismo, se investigaba acerca de los gustos y costumbres del cliente y de los usuarios del techo verde, para poder ajustar el diseño, selección de especies y sustratos a las necesidades del mismo. Se dimensionaba el espacio a intervenir y se establecían los requerimientos para el mantenimiento post instalación. De acuerdo a la experiencia profesional, los distritos de Miraflores, San Isidro y Barranco demandaron una mayor cantidad de servicio de mantenimiento y de instalación de techos verdes, de ellos el 90% fueron techos verdes extensivos y el 10% intensivos.
- **Valorización:** En función a la data obtenida en la visita de campo, se procedía a valorizar el techo verde, tomando en consideración el área y los requerimientos de uso del cliente para su operación.
- **Conferencia:** Se realizaba una visita presencial o virtual programada, en la cual se ejecutaba una breve presentación de no más de 15 minutos, la cual era una charla de sensibilización, recomendaciones de mejora de la operación administrada por el cliente y de la exposición de forma breve de la plantilla de análisis de beneficios y de la sustentabilidad económica.
- **Negociación y cierre:** Es la parte final del procedimiento en el cual se llega a un acuerdo comercial con el cliente para la ejecución de los trabajos de instalación de techos verdes, bajo las condiciones expuestas por ambas partes.



Figura 15: Ruta del plan de comercialización ejecutada para techos verdes.

B. Análisis de Sostenibilidad de Techo Verde:

Se empleó el sistema de análisis de sostenibilidad Excellence In Design For Greater Efficiencies (EDGE), el cual es un medidor del International Finance Corporation (IFC), perteneciente al Banco Mundial (BM), en esta plataforma de libre acceso se ingresaban los datos correspondientes de las edificaciones de los posibles clientes y luego se procedía a calcular la reducción en la huella de carbono generada por el uso de tecnologías verdes en edificaciones como techos verdes, jardines verticales, paneles solares, dispositivos ahorradores de iluminación de ambientes, ahorro de consumo de agua, etc. Este cálculo era comparado con la edificación sin dicha tecnología verde aplicada. Adicionalmente a ello, se determinaba el retorno de la inversión ejecutada en relación al ahorro en gastos energéticos, en el caso nuestro nos centramos principalmente en la inclusión de los techos verdes en la infraestructura actual. A continuación, se muestra el procedimiento requerido por la plataforma EDGE:

- Se elige el tipo de operación a intervenir, esta puede ser una casa, oficinas, departamento, hotel, resort, etc. Dichas alternativas están ubicadas en una columna a la izquierda de la pantalla (ver figura 17).

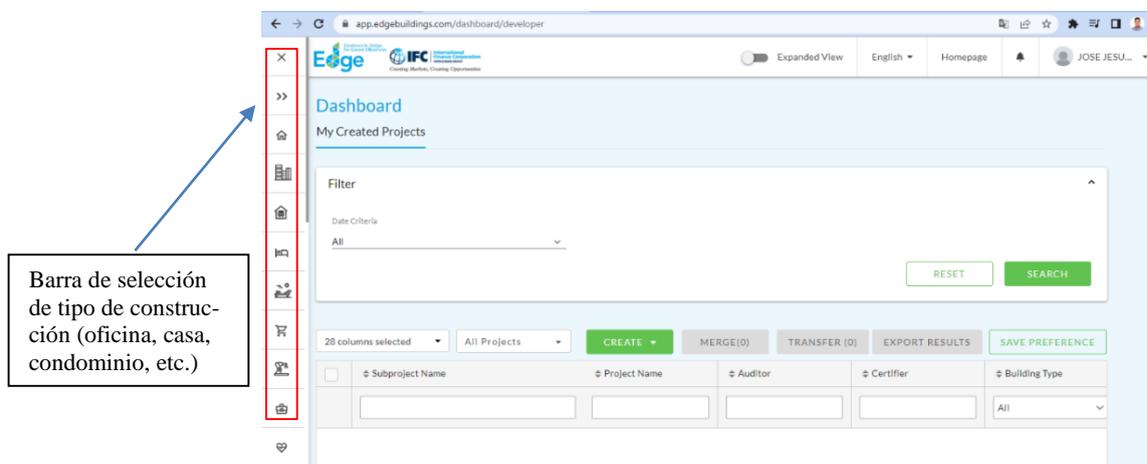


Figura 16: Ventana inicial de selección de tipo de edificación en EDGE.

- Luego de ello, se completan los detalles del proyecto referente a la ubicación, contacto, nombre de proyecto, etc.
- A continuación, se completan los datos referentes edificio como el área total, área bruta, número de pisos de la operación, número de sótanos, altura de pisos, días hábiles de operación, horas de funcionamiento por día, densidad de ocupación de personal, costo y valor estimado por metro cuadrado de la oficina.

- Por consiguiente, se completa la información referente a superficies y cargas (ver figura 18), ingresando valores como el área de oficinas abiertas y cerradas, pasillos, centro de datos, vestíbulo si lo hubiera, cocina, baños, estacionamiento, bodega, área con iluminación exterior, área de estacionamiento externa y área irrigada.

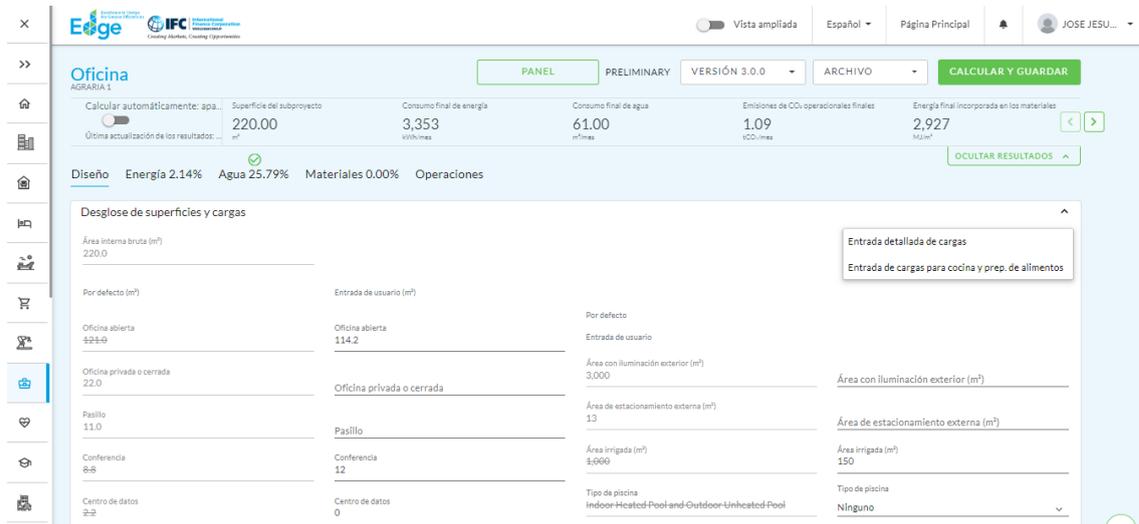


Figura 17: Ventana correspondiente a la sección de superficies y cargas, se ingresan datos para precisar los que aparecen por defecto.

- Los siguientes datos ingresados son las dimensiones del edificio, en las cuales se indica el porcentaje de la fachada expuesta al aire exterior y los metros de entrada, por el norte, noreste, este, sudeste, sur, sudoeste, oeste y noroeste.
- El siguiente ingreso tiene que ver con el sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado del edificio, en el cual se indica el uso de ese tipo de servicios por mes en el año, si se ejecutan o no.
- Luego de ello, se ingresan los datos correspondientes al consumo de combustible, en el cual se ingresan las fuentes de energía de los servicios de enfriamiento, calefacción y precio actualizado de los servicios básicos (ver figura 19).

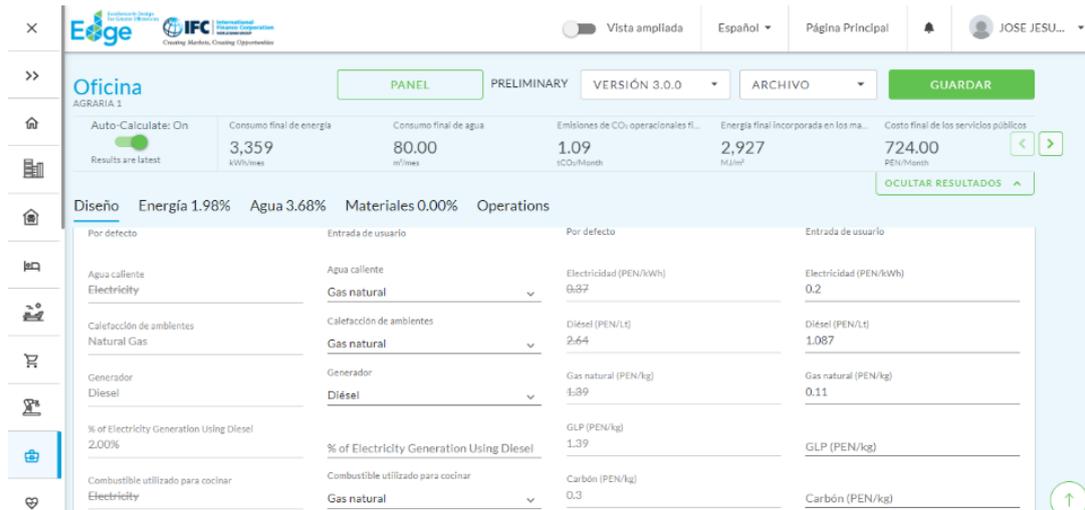


Figura 18: Sección para ingresar datos generales, de energía y uso de materiales de construcción de la edificación a evaluar.

- Finalmente, se ingresan los datos climáticos por mes, considerando temperatura máxima, promedio y mínima, HR y precipitación.

A medida que se ingresan los datos, la aplicación va calculando los ahorros obtenidos por las tecnologías verdes aplicadas en tiempo real, lo cual le permitía al cliente tener una vista mucho más objetiva de la inversión a ejecutar a mediano y largo plazo. Debido a que la certificación EDGE engloba un conjunto de tecnologías que conciernen tanto el ahorro de energía, consumo hídrico y el uso de materiales de construcción. Adicionalmente a la construcción de un techo verde, se hacía la recomendación para que se puedan poner en práctica otras tecnologías complementarias como el aislamiento del techo para reducir el aumento de temperatura de los interiores, mayor proporción de vidrio con respecto a pared para ahorro de luz, mayor uso de ventilación natural, controles de iluminación, caños eficientes, urinarios eficientes, inodoros eficientes, sistema de tratamiento y reciclaje de aguas residuales, entre otras tecnologías que contribuyan a tener una mayor optimización de recursos, así como una más desarrollada responsabilidad ambiental, elementos muy valorados por la certificadora internacional EDGE.

A continuación, se coloca a modo de ejemplo una simulación de un análisis EDGE, de un edificio de oficinas de 220 m² de área, con ocho pisos, dos sótanos y un techo verde de 100 m² con sistema de riego tecnificado, ubicado en el distrito de San Isidro. Este edificio es contrastado con un edificio con las mismas características, pero sin el techo verde, obteniendo los siguientes resultados (ver figura 22, 23 y 24).

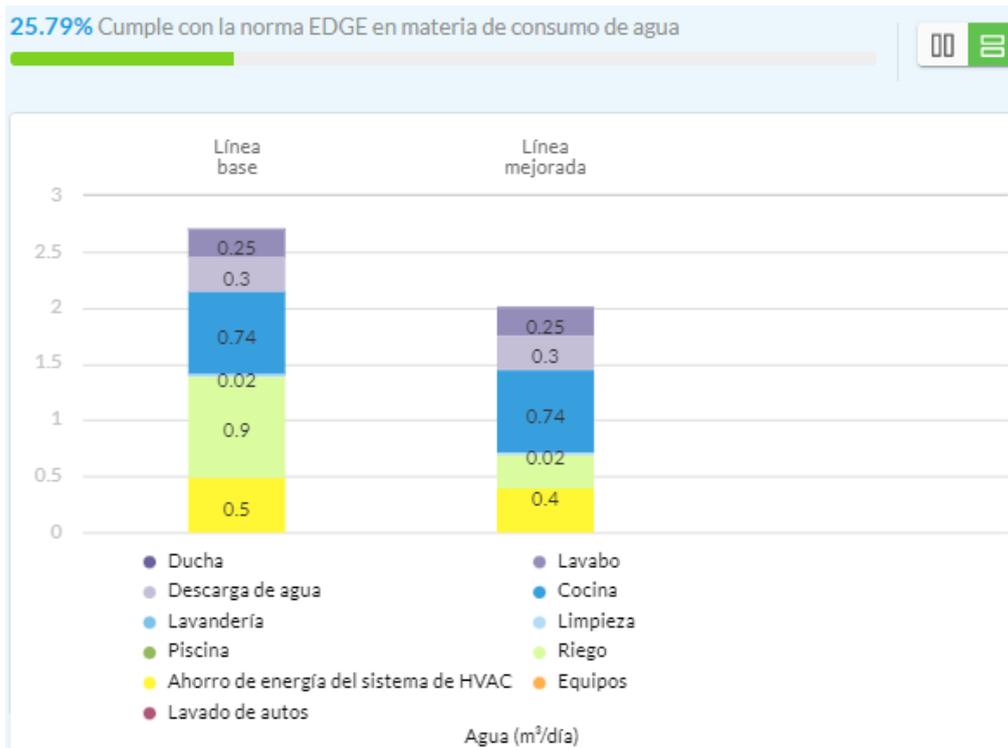


Figura 19: Análisis del ahorro del consumo hídrico (25.8%) por el uso de sistema de riego tecnificado en un jardín diseñado de 100 m² y profundidad de sustrato de 20cm.

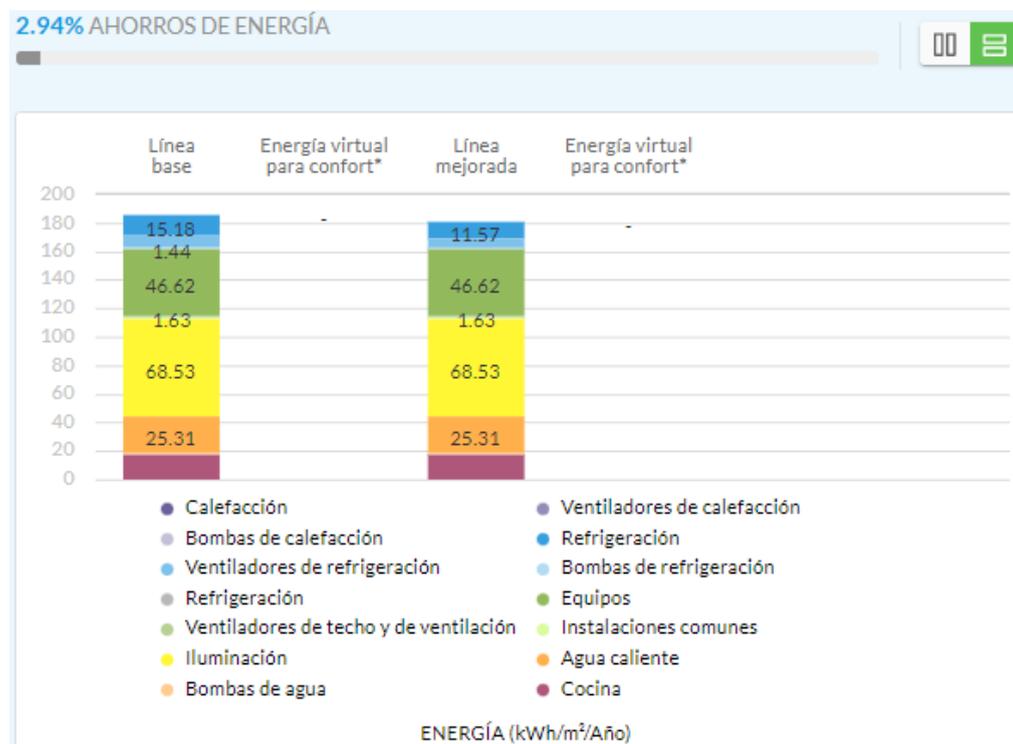


Figura 20: Análisis del ahorro del consumo energético de aire acondicionado (2.94%) en un jardín diseñado de 100 m² y profundidad de sustrato de 20cm.

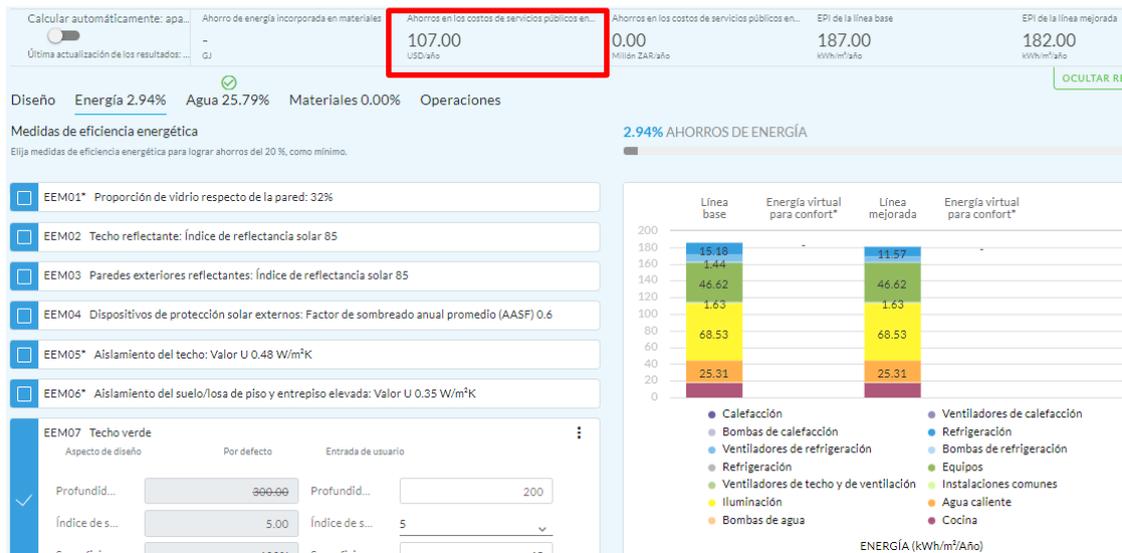


Figura 21: Ahorro en los costos de servicios públicos equivalentes a 107.00 USD/año en un techo verde diseñado de 100 m² y profundidad de sustrato de 20cm.

En base a los resultados mostrados anteriormente, se pudo brindar una vista más objetiva de los resultados positivos que tendrían a futuro los posibles clientes de la empresa con la implementación de un techo verde. Se pudo cuantificar dichos beneficios y demostrar de una forma más concreta que los techos verdes no solo brindan una mejora estética a un ambiente determinado, sino que puede otorgar beneficios económicos, por concepto de ahorro energético y de consumo hídrico.

Con la aplicación de este Plan Integral de Comercialización y el Análisis de Sostenibilidad de Techos Verdes, se consiguió mejorar el cierre de venta de servicios de mantenimiento e instalación de techos verdes en 30% en el año 2019, principalmente generado por la mayor confianza de los clientes depositada en la empresa, junto con una mejora de la imagen profesional de la misma.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- Debido al arraigo con la jardinería a nivel que tenía la empresa en donde se ejecutó la experiencia profesional, se generó una serie de deficiencias en torno al manejo de techos verdes, en torno a la selección de especies, la combinación de estas en campo y el mismo perfil del personal que supervisaba los servicios. En ese sentido y con la aplicación de los conceptos agronómicos en torno a la elección de especies, la práctica de cultivos asociados y la disposición de personal más calificado o especialista. Se consiguió mejorar la elección especies para que puedan coexistir de forma eficiente en las condiciones de la ciudad de lima, reduciendo el consumo hídrico en 84%. El uso de cultivos asociados generó la reducción del costo de aplicación de agroquímicos en 55%. Finalmente, la operatividad con la guía de personal calificado tanto propio como contratado, contribuyó a poder mejorar los procedimientos tanto de comercialización como de instalación y mantenimiento de los techos verdes.
- Originalmente la empresa donde se desarrolló la actividad profesional consideraba a los techos verdes y las áreas verdes en general, un elemento netamente decorativo, el cual era básicamente un instrumento para ejecutar una actividad económica solamente. Por lo tanto, en base a capacitaciones constantes al mismo personal administrativo de la empresa, se logró describir los beneficios en primera instancia al personal propio de la empresa y luego a los clientes a los que se otorgaba servicio. En esta nueva estrategia comercial se hizo énfasis en los ahorros económicos llevados a cabo en el mantenimiento de los edificios por tener techos verdes en su composición, con la finalidad de aumentar la valoración de los techos verdes a ofrecer.
- Debido al aumento que se ha tenido en el número de proveedores de mantenimiento de techos verdes en la actualidad en comparación con los años 2004 y 2005, cuando iniciaron las operaciones de la empresa en donde se ejecutó la experiencia profesional, uno de los requerimientos que tuvo que ejecutar en el último tiempo fue trabajar en la diferenciación de la empresa. En consecuencia, se ejecutó de forma gratuita un análisis de sostenibilidad de las operaciones con el apoyo de aplicaciones.

de uso libre como la plataforma EDGE, con ello se brindó mayor confianza al cliente, ya que podía ver no solamente un adicional en el servicio contratado, sino una proyección de lo que era su operación con techo verde. Esto aumentó el porcentaje de cierre en torno a las ventas de servicios de mantenimiento e instalación de techos verdes en 30% en el año 2019.

V. CONCLUSIONES

- Se mejoró la elección especies para que puedan coexistir de forma eficiente en las condiciones de la ciudad de lima, reduciendo el consumo hídrico en 84%. El uso de cultivos asociados generó la reducción del costo de aplicación de agroquímicos en 55%. Finalmente, la operatividad con la guía de personal calificado contribuyó a poder mejorar los procedimientos tanto de comercialización como de mantenimiento de los techos verdes.
- Se logró describir los beneficios que otorgan los techos verdes en la ciudad, haciendo énfasis en los ahorros económicos llevados a cabo en el mantenimiento de los edificios, con la finalidad de aumentar la valoración de los techos verdes a ofrecer, a través de la concientización y capacitación a los clientes.
- Se ejecutó un análisis de sostenibilidad de las operaciones con el apoyo de aplicaciones de uso libre como la plataforma EDGE, con ello se brindó mayor confianza al cliente y se aumentó el cierre en torno a las ventas de servicios de mantenimiento e instalación de techos verdes en 30% en el año 2019.

VI. RECOMENDACIONES

- El soporte técnico especializado debe de considerarse una inversión y no un gasto. Ya que, a través de un eficiente seguimiento técnico, se pueden prevenir accidentes de los colaboradores, así como optimizar los costos de instalación y de mantenimiento en base a los criterios agronómicos aplicados a los techos verdes.
- La difusión de la importancia de los servicios ecosistémicos de las áreas verdes y de las especies adaptadas a las condiciones de Lima Metropolitana en la sociedad. Esta debe realizarse de forma teórica y práctica para que la población pueda desarrollar una cultura ambiental que permita a futuro incrementar la ejecución de una mayor cantidad de proyectos de impacto ambiental.
- Se recomienda desarrollar investigaciones entre la academia y el sector privado en techos verdes tanto para mejorar la selección de especies ornamentales como para una mejor elección de sustratos en techos verdes de Lima Metropolitana. Asimismo, es preciso desarrollar certificaciones locales que estén relacionadas con las condiciones de Lima y del país.
- Es importante mejorar selección de especies de techos verdes que no se deterioren tanto con los cambios de estación, ya que esto implica el recambio de plantas de forma frecuente elevando los costos de mantenimiento.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bass, B., Canada, E., y Krayenhoff, E. S. (2012). 4R : Thermal performance of green roofs and walls at different scales. *CitiesAlive!: 10th Annual Green Roof and Wall Conference*, 1–12.
- Bazán, R. (2017). Manual De Procedimientos De Los Análisis De Suelos Y Agua Con Fines De Riego. In *Manual De Procedimientos De Los Análisis De Suelos Y Agua Con Fines De Riego* (Primera). Instituto Nacional de Innovación Agraria. https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/504/1/Bazan-Manual_de_procedimientos_de_los.pdf
- Bilderback, T. E., Warren, S. L., Owen, J. S., y Albano, J. P. (2005). Healthy substrates need physicals too! *HortTechnology*, 15(4), 747–751. <https://doi.org/10.21273/horttech.15.4.0747>
- Carrasco, F. (2019). Del gris al verde. *Revista Istmo*, 363, 81. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fap&AN=138304378&lang=es>
- Castillo García, R. F. (2020). Lima 1535-2020: de la ciudad jardín a la megalópolis. Reflexiones en el 485 aniversario de su fundación española. *Tradicón, Segunda Época*, 20, 67–75. <https://doi.org/10.31381/tradicion.v0i20.3524>
- Clark, C. E. (2008). *Energy Emissions Mitigation Using Green Roofs: Probabilistic Analysis and Integration in Market-Based Clean Air Policies*. The University of Michigan.
- Contreras, C. (1994). Sobre los orígenes de la explosión demográfica en el Perú: 1876-1940. *Serie Economía N°21*, 29.
- Durhman, A. K., Rowe, D. B., y Rugh, C. L. (2007). Effect of substrate depth on initial growth, coverage, and survival of 25 succulent green roof plant taxa. *HortScience*, 42(3), 588–595. <https://doi.org/10.21273/hortsci.42.3.588>
- Eisenberg, B., Nemcova, E., Poblet, R., y Stokman, A. (2014). *Estrategia de Infraestructura Ecológica de Lima* (Primera). Instituto de Planificación de Paisaje y Ecología. https://issuu.com/ilpe/docs/leis_-_esp_20141117_copy

- El Comercio. (2013, June 6). *VIDEO: conoce el techo verde más grande del Perú*.
<https://elcomercio.pe/sociedad/lima/video-conoce-techo-verde-mas-grande-peru-noticia-1586469/?ref=ecr>
- FAO. (2022). *Alimentación y agricultura sostenibles*.
<https://www.fao.org/sustainability/background/es/#:~:text=La visión de la FAO,del presente y el futuro>
- Flores, J., Cantón, A., Martínez, C., y Correa, E. (2016). Desempeño térmico de cubiertas verdes en ciudades de zonas áridas. *Revista Hábitat Sustentable ISSN 0719 - 0700*, 6(2), 6–15.
- Getter, K. L., y Rowe, D. B. (2009). Substrate depth influences sedum plant community on a green roof. *HortScience*, 44(2), 401–407. <https://doi.org/10.21273/hortsci.44.2.401>
- Hatta Sakoda, M. (2016, April). La Abundancia De Agua Y La Paradoja Del Déficit Hídrico En El Perú: ¿Es Un Problema Sin Solución? *AGUA Y MÁS - Revista de La Autoridad Nacional Del Agua*, 4–13.
- Hector, A., y Bagchi, R. (2007). Biodiversity and ecosystem multifunctionality. *Nature*, 448(7150), 188–190. <https://doi.org/10.1038/nature05947>
- Hernández, L. (2004). Cultivo del Anthurium. *Cultivos Tropicales*, 25(4), 41–51.
- INEI. (2019). *Compendio Estadístico Lima Provincia 2019*. Instituto Nacional de Innovación Agraria.
- INEI. (2020). Perú: Estimaciones y Proyecciones de Población por Departamento, Provincia y Distrito, 2018-2020. *Inei*, 1–110.
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1715/libro.pdf
- INEI. (2021). *Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2021*. Instituto Nacional de Estadística e Informática.
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1827/libro.pdf
- Landscape Development and Landscaping Research Society. (2018). *Green Roof Guidelines - Guidelines for the Planning , construction and maintenance of Green roofs*. 156.
<http://www.greenroofsouth.co.uk/FLL Guidelines.pdf>
- Li, W. C., y Yeung, K. K. A. (2014). A comprehensive study of green roof performance from environmental perspective. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 3(1), 127–134. <https://doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2014.05.001>

- Lima cómo vamos. (2015). ¿Cómo vamos en ambiente? *Lima Cómo Vamos*, 10. http://www.limacomovamos.org/cm/wpcontent/uploads/2015/10/ReporteAmbiente2014_virtual.pdf
- Lundholm, J., MacIvor, J. S., MacDougall, Z., y Ranalli, M. (2010). Plant species and functional group combinations affect green roof ecosystem functions. *PLoS ONE*, 5(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0009677>
- Lundholm, J. T. (2006). Green roofs and facades: a habitat template approach. *Urban Habitats*, 4(1), 87–101.
- Munier, N. (2005). *Introduction to Sustainability: Road to a Better Future* (1st ed.). Springer.
- Oberndorfer, E., Lundholm, J., Bass, B., Coffman, R. R., Doshi, H., Dunnett, N., Gaffin, S., Köhler, M., Liu, K. K. Y., y Rowe, B. (2007). Green roofs as urban ecosystems: Ecological structures, functions, and services. *BioScience*, 57(10), 823–833. <https://doi.org/10.1641/B571005>
- Ordenanza N° 427-MDB. (2015). *Que crea el programa techo y muro verde en el distrito de Barranco*. Diario Oficial El Peruano. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/ordenanza-que-crea-el-programa-techo-y-muro-verde-en-el-dist-ordenanza-n-427-mdb-1244777-1/>
- Ordenanza N° 496-MSB. (2013). *Que crea el programa de promoción de la edificación verde en el distrito de San Borja*. Diario Oficial El Peruano. <https://www.munisanborja.gob.pe/wp-content/uploads/2020/05/Ordenanza-496-MSB.pdf>
- Ordenanza N° 510/MM. (2019). *Que regula los criterios técnicos para el diseño y construcción de edificaciones sostenibles*. Diario Oficial El Peruano. <https://elperuano.pe/NormasElperuano/2019/04/08/1757875-1/1757875-1.htm>
- Ordenanza N°539/MM. (2020). *Que modifica la Ordenanza N° 510/MM que establece, regula y promueve condiciones para edificaciones sostenibles en el distrito de Miraflores*. Diario Oficial El Peruano. <https://elperuano.pe/NormasElperuano/2020/04/26/1865762-1/1865762-1.htm>
- Piqueras, Á. (2019, May 7). *Estas son las 38 ciudades con más zonas verdes de España*. AS. https://as.com/deportevida/2019/05/07/portada/1557226775_767652.html
- Placitelli, C. H. (2010). *Techos verdes en el Cono Sur* (Segunda Ed).
- Rabbani, M., y Kazemi, F. (2022). Water need and water use efficiency of two plant species in soil-containing and soilless substrates under green roof conditions. *Journal of*

- Environmental Management*, 302(PA), 113950.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113950>
- Rowe, D. B., Getter, K. L., y Durhman, A. K. (2012). Effect of green roof media depth on Crassulacean plant succession over seven years. *Landscape and Urban Planning*, 104(3–4), 310–319. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.11.010>
- Scartazza, A., Mancini, M. L., Proietti, S., Moscatello, S., Mattioni, C., Costantini, F., Di Baccio, D., Villani, F., y Massacci, A. (2020). Caring local biodiversity in a healing garden: Therapeutic benefits in young subjects with autism. *Urban Forestry and Urban Greening*, 47(October 2019), 126511. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126511>
- Severtsen, B., Olmsted, F. L., Barnes, M., y Muir, J. (2002). Healing garden. *Nursing Standard*, 16(28), 9–9. <https://doi.org/10.7748/ns.16.28.9.s23>
- Seyedabadi, M. R., Eicker, U., y Karimi, S. (2021). Plant selection for green roofs and their impact on carbon sequestration and the building carbon footprint. *Environmental Challenges*, 4(April), 100119. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100119>
- Sfakianaki, A., Pagalou, E., Pavlou, Konstantinos Santamouris, M., y Assimakopoulos, M. N. (2012). Application of graphene and graphene-based materials in clean energy-related devices Minghui. *Archives of Thermodynamics*, 33(4), 23–40. <https://doi.org/10.1002/er>
- Snodgrass, E., y Snodgrass, L. (2006). *Green Roof Plants* (First). Timber Press, Inc.
- Sorensen, M., Barzetti, V., Keipi, K., y Williams, J. (1998). Manejo de las áreas verdes urbanas. *División de MedioAmbiente Del Departamento de Desarrollo Sostenible Del Banco Interamericano de Desarrollo*, 80. <http://www.iadb.org/intal/intalcdi/PE/2010/07148es.pdf>
- Soto, M. S., Barbaro, L., Coviella, M. A., y Stancanelli, S. (2014). *Catálogo de plantas para techos verdes*. 17.
- Starr, F., Starr, K., y Loope, L. (2003). *Ficus benjamina* Weeping fig Moraceae. *United States Geological Survey--Biological Resources Division, Neal 1965*.
- Stokman, A., Poblet, R., y Nemcova, E. (2014). *International Summer School: Lima Beyond the park, Desert City, Culture and Water Infrastructure*.
- The Landscaping and Landscape Development Research Sociocy E.V. (2002). *Guidelines for the Planning , Execution and Upkeep of Green-roof sites*. 97. <http://www.greenroofsouth.co.uk/FLL Guidelines.pdf>
- Universidad de Stuttgart. (2012). *Summer school: Lima Beyond the Park*. 62. https://issuu.com/ilpoe/docs/ilpe_lima_summerschool_complete

Williams, N. S. G., Lundholm, J., y Scott Macivor, J. (2014). Do green roofs help urban biodiversity conservation? *Journal of Applied Ecology*, 51(6), 1643–1649. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12333>

ANEXOS

Anexo 1. Valorización de un techo verde extensivo de 100m² y 20 cm de profundidad ubicado en un octavo piso en Lima.

ITEM	Cantidad	Unidad	Costo unitario (S/)	Sub total (S/)	Observaciones
Personal de trabajo					
Mano de obra de impermeabilización	8	Jornales	190.00	1,520.00	Incluye la impermeabilización de dos manos con alquitrán y con geomembrana
Mano de obra siembra	15	jornales	70.00	1,050.00	Para la preparación del terreno y siembra
Supervisión de trabajos	7	Jornales	150.00	1,050.00	A cargo de la coordinación de las labores en campo
Plantas y agregados					
Plantas ornamentales	100	m ²	55.00	5,500.00	Plantas suculentas y arbustivas de porte bajo.
Sustrato de cultivo	18	m ³	45.00	810.00	Traído en camión (Tierra de chacra, compost y cascarilla de arroz)
Servicios complementarios y equipos					
Elevador hidráulico	2	día	1,500.00	3,000.00	Alquiler de elevador por día
Mezcladora	2	día	300.00	600.00	Alquiler de mezcladora para homogenizar mezcla de sustratos
Nivelación para drenaje	100	m ²	15.00	1,500.00	Para el direccionamiento del exceso de agua del jardín hacia el drenaje
Consumibles					
EPPS	9	Set	120.00	1,080.00	Guantes, mascarilla, lentes de seguridad, botas, polo manga larga y pantalón
Alquitrán	360	m ²	6.00	2,160.00	Para hacer tres manos de alquitrán
Geomembrana 0.75mm	120	m ²	17.00	2,040.00	Para el recubrimiento final de la superficie
Combustible	5	gal	20.00	100.00	
Agua y alimentos	35	Unidad	12.00	420.00	
Seguros SCTR	9	Unidad	60.00	540.00	Seguro contra accidentes para empresa Mype
Costo total				21,370.00	
Utilidad			30.00%	6,411.00	Utilidad variable en torno al acuerdo comercial con el proveedor.
Precio de venta sin I.G.V.				27,781.00	
I.G.V.				5,000.58	
Precio de venta inc. I.G.V.				32,781.58	

Nota: actualizado al 2022, con un porcentaje de utilidad bruta de 30%.

Anexo 2: Ensayo de módulos de techos verdes con plantas suculentas en monocultivo y policultivo, en la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

1. Lugar:

El trabajo se realizó en el vivero del Programa de Investigación en Plantas Ornamentales (PIPO- UNALM), en el techo del aula del Vivero Ornamentales de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

2. Objetivos:

- Determinar en base a la experimentación la relación entre los policultivos y monocultivos de suculentas en techos verdes con el porcentaje de cobertura.
- Determinar en base a la experimentación la relación entre los policultivos y monocultivos de suculentas en techos verdes con el porcentaje de materia seca.

3. Etapa laboratorio:

Se realizó en el laboratorio de Investigación de análisis de Suelo, Agua y Plantas de la Facultad de Agronomía. Se formuló en base a experimentaciones prueba y error el sustrato compuesto en porcentaje de volumen por: Ladrillo molido (35%), compost (25%), cascarilla de arroz (25%) y vermiculita (15%). Las características físicas obtenidas fueron:

- La densidad aparente (Da): 0.71g/ml
- La retención de humedad equivalente: 82.2%.

El cálculo de densidad aparente y de retención de humedad se ejecutaron acuerdo con el Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego del INIA (Bazán, 2017). Para determinar la densidad aparente se procedió a colocar una muestra del sustrato en una lata de volumen conocido, la misma que fue secada en estufa a 105°C por 24 horas. Finalmente se dividió el peso del sustrato seco entre el volumen de la lata para obtener la densidad aparente. En cuanto al cálculo de la retención de humedad equivalente, se llevó a cabo en una lata de peso conocido, en ella se ingresó 20g del sustrato a capacidad de campo, el mismo que fue secado a estufa a 105°C durante 24 horas. Finalmente, se hizo la división entre el peso de agua hallado y el peso del suelo seco, ara determinar el Porcentaje de retención de humedad máximo. Dichas características se encuentran dentro

de los rangos recomendados por la Sociedad Alemana de Desarrollo de la Investigación en Paisajismo (FLL 2002).

4. Etapa de Campo:

Fue realizada en el interior del PIPO-UNALM, a partir de plantas madre de 9 especies suculentas (ver tabla 1): *Portulaca grandiflora*, *Portulaca sp.*, *Portulaca umbraticola*, *Aptenia cordifolia*, *Delosperma lehmannii*, *Glottiphyllum sp.*, *Sedum kimmachii*, *Sedum rupestre* y *Graptopetalum paraguayense*. Se realizó el enraizamiento por esquejes en la zona de propagación del vivero Ornamentales en el periodo de 3 semanas (ver figura 1, 2 y 3), hasta que dichas plantas formaron suficiente masa radicular y se reubicaron en la zona de crecimiento del vivero. Se empleó como sustrato de propagación la mezcla de compost, turba cernida y tierra de chacra en proporciones 1:1:1 en volumen. En la zona de crecimiento del vivero ornamentales las plantas propagadas estuvieron por un periodo de tiempo de 6 semanas.



Figura 1, 2 y 3. Preparación de almácigos de especies de techo verde en el PIPO-UNALM.

Tabla 1: Especies evaluadas en ensayo experimental de techos verdes.

Familia	Nombre científico	Nombre común
Portulacaceae	<i>Portulaca grandiflora</i>	Portulaca gigante
Portulacaceae	<i>Portulaca sp.</i>	Portulaca rellena
Portulacaceae	<i>Portulaca umbraticola</i>	Coqueta
Aizoaceae	<i>Aptenia cordifolia</i>	Aptenia
Aizoaceae	<i>Glottiphyllum sp.</i>	Flor amarilla
Aizoaceae	<i>Delosperma lehmannii</i>	Garbanzo
Crassulaceae	<i>Sedum rupestre</i>	Sedum alto
Crassulaceae	<i>Sedum kimnachii</i>	Sedum verde
Crassulaceae	<i>Graptopetalum paraguayense</i>	Sedum rosado

Para la instalación de techos verdes, se emplearon contenedores de fibra de vidrio de un área de 0.26m² (65cm x 40cm), los mismos que fueron ubicados en la azotea del aula del PIPO-UNALM (ver figura 4, 5 y 6). Todos los contenedores fueron recubiertos con un plástico de polietileno de 0.15mm de espesor como aislante entre el sustrato y la fibra de vidrio de los maceteros. Una vez aislado el contenedor, se procedió a perforar el fondo de ellos, para el drenaje de los lixiviados, colocando una bandeja colectora de líquidos debajo de los contenedores. Finalmente, se procedió a rellenar los contenedores con el sustrato formulado en laboratorio, con una profundidad de 8 cm y se ejecutó el trasplante de las especies propagadas.



Figura 4, 5 y 6. Contenedores de fibra de vidrio, recubiertos con polietileno de 0.15 mm de espesor en el techo del aula de Cursos electivos del PIPO-UNALM.

5. Tratamientos y diseño experimental:

Se diseñaron 13 tratamientos en base a las 9 especies de plantas suculentas de los techos verdes, las cuales se describen a continuación:

- T1: Monocultivo de *P. grandiflora*
- T2: Monocultivo de *Portulaca sp.*
- T3: Monocultivo de *P. umbraticola*
- T4: Monocultivo de *A. cordifolia*
- T5: Monocultivo de *D. lehmannii*
- T6: Monocultivo de *Glottiphyllum sp.*
- T7: Monocultivo de *S. kinnachii*
- T8: Monocultivo de *S. rupestre*
- T9: Monocultivo de *G. paraguayense*
- T10: Asociación de *P. grandiflora*, *Portulaca sp.* y *P. umbraticola* (familia Portulacaceae).
- T11: Asociación de *A. cordifolia*, *D. lehmannii* y *Glottiphyllum sp.* (familia Aizoaceae)
- T12: Asociación de *S. kinnachii*, *S. rupestre* y *G. paraguayense* (familia Crassulaceae)
- T13: Asociación de *P. grandiflora*, *Portulaca sp.*, *P. umbraticola*, *A. cordifolia*, *D. lehmannii*, *Glottiphyllum sp.*, *S. kinnachii*, *S. rupestre* y *G. paraguayense*.

Para la asociación los tratamientos de más de una especie, se combinaron tres especies de una misma familia para los tratamientos T10 (familia Portulacaceae), T11 (familia Aizoaceae) y T12 (Familia Crassulaceae), siendo el tratamiento T13 la asociación de todas las especies juntas. La forma de asociar las especies se realizó con la finalidad de aumentar progresivamente el grado de diversidad de las unidades experimentales, ya que se tiene evidencia en Inglaterra de que la asociación de diversos tipo de plantas suculentas, pastos y arbustos pequeños contribuyen con la adaptabilidad del techo verde, así como una mejora en los servicios ambientales que estos brindan (J. Lundholm et al., 2010). Se comparó el monocultivo de una especie con la asociación de tres especies diferentes pertenecientes a una misma familia y finalmente con el policultivo de 9 especies diferentes, pertenecientes a

3 familias distintas. Cada tratamiento constó de 3 repeticiones distribuidas en un Diseño Completamente al Azar (DCA), con un área de techo verde de 0.26 m² cada uno. Cada contenedor era una repetición y albergaba 9 plantines. Únicamente existió una excepción con relación al número de repeticiones del tratamiento 13, ya que se establecieron 9 repeticiones, con la finalidad de poder realizar la evaluación a un mínimo de 9 plantines por especie.

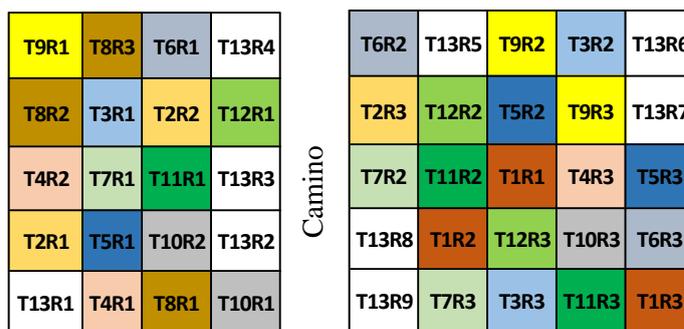


Figura 7. Distribución espacial de los tratamientos (T) y sus repeticiones (R) en el techo del salón de cursos electivos del PIPO-UNALM.

6. Mantenimiento de los módulos de techos verdes:

Diseñado para tolerar las condiciones áridas de Lima, se redujo lo máximo posible la frecuencia de riego y la dosificación de agua. El riego ejecutado con manguera, inició siendo cada tres días, para estimular el enraizamiento de los esquejes empleados por un periodo de tiempo de un mes. Luego del segundo mes se incrementó la dosis de riego y se redujo la frecuencia de riego cada dos semanas desde el 01/09/2018 hasta el 16/02/2019 (ver tabla 2), debido a que ya se contaba con una mayor masa radicular.

Tabla 2: Dosificación de riego en plantas para techos verdes.

Etapa del experimento	Dosificación por planta (litros)	Dosificación por contenedor (litros)	Frecuencia de riego
Instalación (primer mes luego del trasplante)	0.3	2.7	Cada 3 días
Mantenimiento normal (A partir del segundo mes hasta el final de la evaluación)	1.5	13.5	Cada dos semanas.



Figura 8 y 9. Vista de las plantas instalas en el techo del aula de cursos electivos del viveros ornamentales.

7. Evaluaciones:

Las evaluaciones no destructivas de monitoreo tuvieron una duración de 6 meses:

- Se realizó una evaluación del porcentaje de cobertura cada 2 semanas por el periodo total de cinco meses y tomando imágenes perpendiculares al plano de cada unidad experimental con la ayuda de una estructura de madera colocada sobre cada repetición a evaluar (Ver figura 10 y 11). Asimismo, el porcentaje de cobertura fue analizado mediante la aplicación de uso libre Canopy cover de la Universidad de Wisconsin.
- Se evaluó el porcentaje de supervivencia mensualmente.



Figura 10 y 11. Vista de las plantas instalas en el techo del aula de cursos electivos del vivero ornamentales.

Una vez cumplido este periodo, se procedió a la extracción de las plantas para realizar las

mediciones destructivas finales. Se pesó la totalidad de las plantas (peso fresco) y se colectó muestras de 100 g (peso fresco) de cada repetición en la cual se tomaron muestras representativas de tallos y hojas (solo órganos aéreos), no se consideró las raíces debido a la dificultad que ofrecía su extracción. Se realizó un pre secado al sol de las muestras colectadas durante siete días por el alto contenido hídrico en los tejidos de las plantas suculentas. Luego de esto, se procedió al secado en estufa durante 48 horas a 80°C, para la estimación de los respectivos pesos secos de las repeticiones.

8. Resultados:

Luego de transcurridos los 6 meses después de la instalación de los tratamientos obtuvieron los siguientes parámetros comparativos representativos de cada tratamiento:

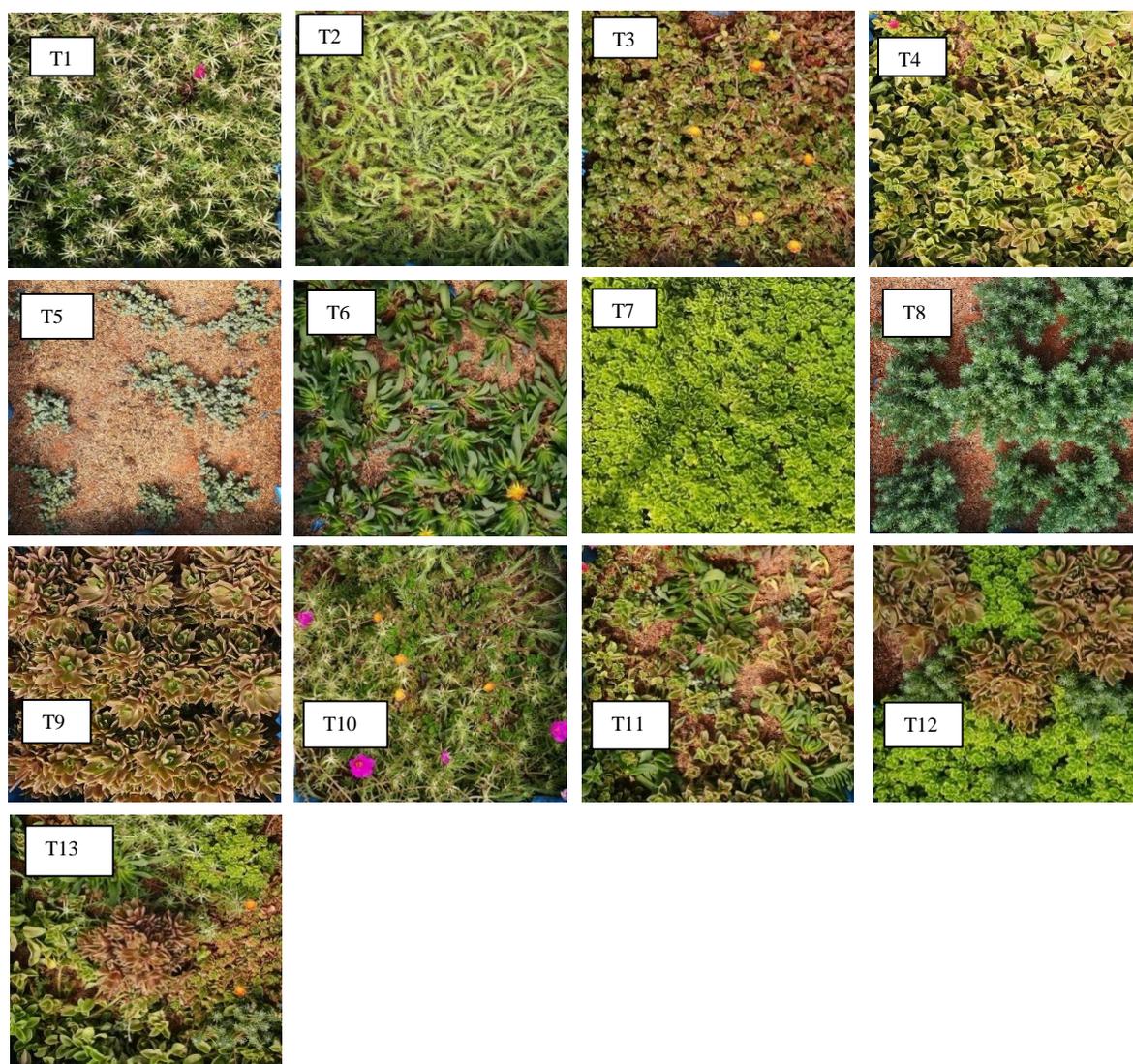


Figura 12. Vista representativa final de los tratamientos en módulos de techos verdes.

7.1. Porcentaje de cobertura (%):

El porcentaje de cobertura inicial fue distinto entre los tratamientos, debido a la velocidad en el crecimiento inicial que habían tenido ciertas especies durante su propagación. Los tres tratamientos con mayor cobertura inicial fueron el monocultivo de *A. cordifolia* (55%), el monocultivo de *G.paraguayense* (37%) y el monocultivo de *S. kimnachii* (27%). Por otro lado, los 3 tratamientos que iniciaron con menor porcentaje de cobertura fueron el monocultivo de *D. lehmannii* (4%), el monocultivo de *S. rupestre* (4%) y el monocultivo de *Portulaca sp.* (12%).

A los 3 meses de evaluación, los tres tratamientos con mayor porcentaje de cobertura estuvo liderado nuevamente por monocultivos de *A. cordifolia* (89%), el monocultivo *G.paraguayense* (77%) y el monocultivo de *S. kimnachii* (75%). En cuanto a los tratamientos que tenían el menor porcentaje de cobertura, se tuvo al monocultivo de *D. lehmannii* (6%), el monocultivo de *S. rupestre* (14%) y al monocultivo de *Glottiphyllum sp.* (47%).

Finalmente, luego de los 6 meses de evaluación, los tratamientos con mayor porcentaje cobertura fueron la asociación de *S. kimnachii*, *S. rupestre* y *G.paraguayense* (89%), el monocultivo de *S. kimnachii* (84%) y el monocultivo de *G.paraguayense* (80%). Los tratamientos con menor porcentaje de cobertura fueron el monocultivo de *D. lehmannii* (16%), el monocultivo de *S. rupestre* (40%) y el monocultivo de *Glottiphyllum sp.* (52%), los cuales a lo largo de todas las evaluaciones tuvieron el menor porcentaje (ver figura 13).

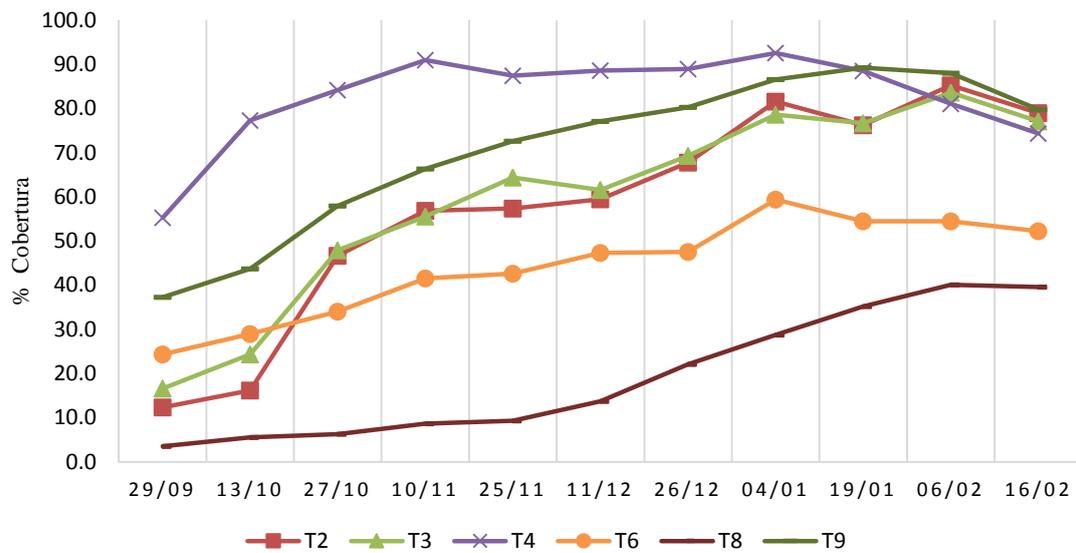


Figura 13. Tratamientos con los tres mayores y menores porcentajes de cobertura.

Nota: Monocultivo de *Portulaca sp.* (T2), monocultivo de *P. umbraticola* (T3), monocultivo de *A. cordifolia* (T4), monocultivo de *Glottiphyllum sp.* (T6), monocultivo de *S. rupestre* (T8) y monocultivo de *G. paraguayense* (T9).

Adicionalmente a ello, la tasa de crecimiento mensual durante los 6 meses de evaluación nos reportó que los tratamientos con mayor tasa fueron el monocultivo de *S. rupestre* (188%), monocultivo de *Portulaca sp.* (107%) y monocultivo de *P. umbraticola* (77%). Por el contrario, los tratamientos con menor tasa de crecimiento mensual fueron el monocultivo de *A. cordifolia* (22%), el monocultivo de *Glottiphyllum sp.* (36%) y el monocultivo de *G. paraguayense* con 36% de tasa de crecimiento mensual (ver tabla 3).

Tabla 3: Resumen de la evolución promedio del porcentaje de cobertura de los tratamientos (T) y las tasas de crecimiento mensual.

Evolución del % Cobertura												
Fecha	29/09	13/10	27/10	10/11	25/11	11/12	26/12	04/01	19/01	06/02	16/02	Tasa de crecimiento /mes
Tratamiento	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	
T1	21	33	49	54	71	64	71	76	77	82	75	60%
T2	12	16	47	57	57	59	68	82	76	85	79	107%
T3	17	24	48	56	64	62	69	79	77	84	77	77%
T4	55	77	84	91	87	89	89	93	89	81	74	22%
T5	4	6	6	8	5	6	9	11	14	16	16	77%
T6	24	29	34	42	43	47	48	59	55	54	52	36%
T7	27	35	44	57	67	75	80	83	86	83	84	52%
T8	4	6	6	9	9	14	22	29	35	40	40	188%
T9	37	44	58	66	73	77	80	87	89	88	80	36%
T10	27	36	52	59	52	59	58	69	61	71	70	44%
T11	25	40	44	56	58	64	65	74	68	55	63	42%
T12	22	30	42	52	60	68	73	86	91	89	89	68%
T13	25	35	46	56	57	64	65	76	73	71	74	50%

Nota: En azul se marcan los tratamientos con mayor tasa mensual de crecimiento (T8, T2, T3 y T5), no obstante, en rojo se marcan los tratamientos con menor tasa de crecimiento mensual (T4, T6 y T9).

7.2. Porcentaje de Materia seca (%):

En cuanto a las lecturas del porcentaje de materia seca entre los tratamientos, se obtuvo que el tratamiento que acumuló el mayor porcentaje fue aquel que agrupaba a las 9 especies diferentes (35%), seguido de los monocultivos de *P. umbraticola* (27.9%) y el monocultivo de *Portulaca sp.* con 25.2% (ver figura 14). Asimismo, los tratamientos con un menor porcentaje de materia seca fueron el Monocultivo de *S. rupestre* (6.5%), seguido del monocultivo de *D. lehmannii* (7.8%) y finalmente la asociación de *S. kinnachii*, *S. rupestre* y *G. paraguayense* de la familia Crassulaceae con 9.5%.

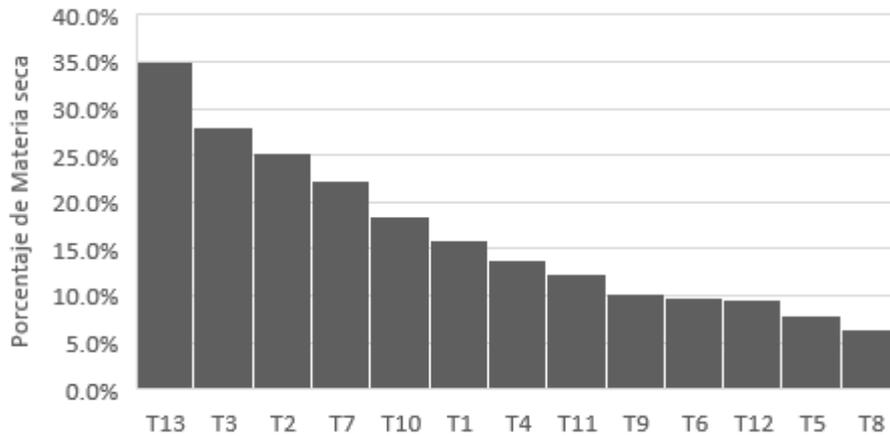


Figura 14. Porcentaje de materia seca en tratamientos

7.3. Efecto del grado de diversidad de especies en el porcentaje de materia seca por especie analizada:

Luego de analizar el porcentaje de materia seca de las especies de forma individual, comparando cuando estas se encontraban en monocultivo, asociación de 3 especies y asociación de 9 especies (ver tabla 4 y figura 15). Se obtuvieron resultados variados durante el tiempo de evaluación de 6 meses, ya que, de las 9 especies analizadas, *S. kimnachii* (27%), *G. paraguayense* (11%) y *S. rupestre* (8%) tuvieron un mayor porcentaje de materia seca cuando estuvieron en asociación de 9 especies. Las especies *P. grandiflora* (21%), *Glottiphyllum sp.* (16%) y *D. lehmannii* (12%) tuvieron un mayor porcentaje de materia seca cuando estuvieron en asociación de 3 especies. Finalmente, *P. umbraticola* (28%), *Portulaca sp.* (25%) y *A. cordifolia* (13%) tuvieron un mayor porcentaje de materia seca cuando estuvieron en monocultivo.

Tabla 4. Comparación del porcentaje de materia seca en cada especie según se instalaron como monocultivos o cultivos asociados.

Especie	Monocultivo	Asociación de 3 especies	Asociación de 9 especies	Familia
<i>P. grandiflora.</i>	16%	21%	17%	Portulacaceae
<i>Portulaca sp.</i>	25%	21%	21%	
<i>P. umbraticola.</i>	28%	14%	21%	
<i>A. cordifolia.</i>	14%	9%	8%	Aizoaceae
<i>D. lehmannii.</i>	8%	12%	6%	
<i>Glottiphyllum sp.</i>	10%	16%	14%	
<i>S. kimmachii.</i>	21%	17%	27%	Crassulaceae
<i>S. rupestre.</i>	6%	7%	8%	
<i>G. paraguayense.</i>	11%	7%	11%	

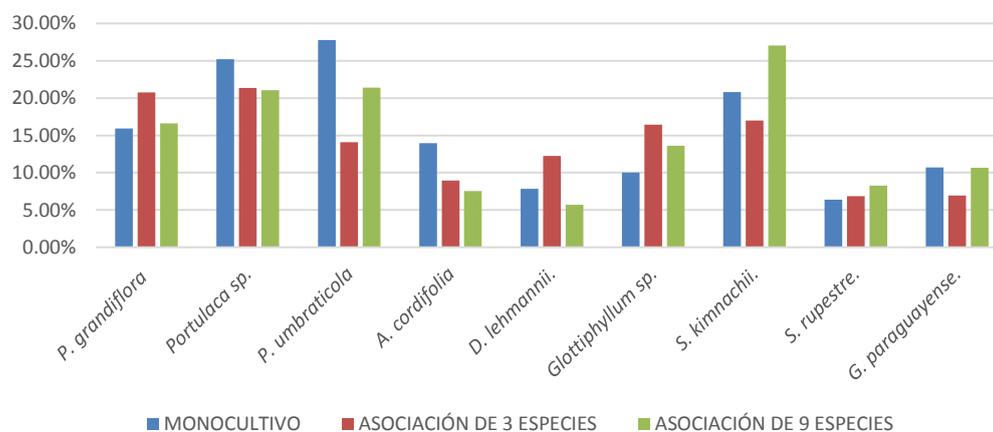


Figura 15: Comparación del porcentaje de materia seca en cada especie como monocultivos y cultivos asociados.

9. Discusiones y conclusiones:

Durante el periodo de evaluación de 6 meses, el tratamiento de cultivos asociados de *S. kimmachii*, *S. rupestre* y *G. paraguayense* (89%), pertenecientes a la familia Crassulaceae, fue el tratamiento con un mejor desempeño en cuanto al porcentaje de cobertura, seguido por los monocultivos de *S. kimmachii* (84%) y el monocultivo de *G. paraguayense* (80%), ambos pertenecientes a la familia Crassulaceae. Si bien, se tiene evidencia de que a mayor

grado de diversidad, como es el caso de tratamiento 12 (Asociación de *S. kimmachii*, *S. rupestre* y *G. paraguayense*), los techos verdes ofrecen una mayor adaptabilidad y los servicios ambientales que brindan se potencian (J. Lundholm et al., 2010), se tiene conocimiento también que los análisis efectuados en cortos periodos de tiempo (6 meses) pueden ofrecer una información inexacta en el mediano o largo plazo (Rowe et al., 2012). Por tal motivo es que se tienen resultados variados en torno al mejor desempeño en el porcentaje de cobertura entre cultivos asociados y monocultivos. De forma complementaria, sí se pudo evidenciar que el género *Sedum* tiene un desempeño sobresaliente entre otros géneros de plantas suculentas (Li y Yeung, 2014; Durhman et al., 2007).

Durante los 6 meses en los que se desarrolló el ensayo, se pudo constatar que el 66% (*S. kimmachii*, *G. paraguayense*, *S. rupestre*, *P. grandiflora*, *Glottiphyllum sp.* y *D. lehmannii*) de las especies analizadas bajo un sistema de cultivos asociados tuvo un porcentaje mayor de materia seca en comparación con el sistema de monocultivo. Este efecto coincide con lo postulado por Hector y Bagchi (2007), quienes sostienen que un mayor grado de diversidad en los ecosistemas vegetales incrementan los servicios ecosistémicos que estos ofrecen como lo es la captura de carbono y formación de materia seca. De forma complementaria, es importante mencionar que tanto con el porcentaje de cobertura como con el porcentaje de materia seca acumulado, se requieren evaluaciones de mayor intervalo de tiempo con la finalidad de ofrecer una observación más certera (Rowe et al., 2012).

Anexo 3: Procedimiento de selección y ejecución de impermeabilización y drenaje en techos verdes.

	PROC-SEITV-SSOMA			Fecha:
	PROCEDIMIENTO: SELECCIÓN Y EJECUCIÓN DE IMPERMEABILIZACIONES Y DRENAJE EN TECHOS VERDES			
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Revisión	03/08/19
			01	

<p>1. OBJETIVO Establecer el procedimiento para la selección y ejecución de impermeabilizaciones en techos verdes con la finalidad de brindar la garantía en los trabajos desarrollados en los techos verdes.</p> <p>2. ALCANCE A todo el personal contratado y subcontratado que realiza la labor de impermeabilización y drenaje de techos verdes.</p> <p>3. RESPONSABILIDADES</p> <p>3.1. Supervisor</p> <ul style="list-style-type: none"> • Supervisar la debida aplicación del presente procedimiento previo a la ejecución, durante y después de la misma. • Difundir el presente procedimiento. • He de asegurar que todo trabajador propio y contratistas cuente y use los EPP apropiados en el trabajo. • Capacitar y entrenar a su personal según el presente procedimiento. • Registrar las capacitaciones y entrenamientos del presente procedimiento. • Actualizar el presente procedimiento cuando se requiera. • Realizar inspecciones planeadas. <p>3.2. Corresponde a los colaboradores</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cumplir con todas las pautas del presente procedimiento, estar permanentemente concentrados en el trabajo a realizar, estando atentos a no cometer actos inseguros y observar el área y detectar las condiciones inseguras para la ejecución de sus tareas. • Usar permanentemente los Equipos de Protección Personal (EPPs) necesarios en su labor. • Ante situaciones no estipuladas en el presente procedimiento deberá informar y consultarlo con el supervisor de trabajo. <p>4. REQUERIMIENTOS</p> <p>4.1. El supervisor de mantenimiento verificará que el personal propio o contratista haya recibido el entrenamiento necesario para realizar la tarea y tenga el conocimiento del presente procedimiento.</p> <p>4.2. El supervisor entrenará al personal nuevo y repasarán con ellos el procedimiento antes de iniciar la tarea.</p>
--

Cargo	COORDINADOR SSOMA	SUPERVISOR OPERACIONES	GERENCIA DE OPERACIONES
Nombre			
Firma / Sello			

PROC-SEITV-SSOMA				Fecha:
PROCEDIMIENTO: SELECCIÓN Y EJECUCIÓN DE IMPERMEABILIZACIONES Y DRENAJE EN TECHOS VERDES				
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Revisión	03/08/19
			01	

5. FACTORES DE SEGURIDAD Y CONTROLES

Peligro	Riesgo	Controles
Exposición prolongada al sol	Insolación	Rehidratación, descansos periódicos, y uso de bloqueadores
Mal uso de los equipos	Golpeado por objetos y caída de estos (traumatismo y contusiones)	Uso de EPP: casco, zapatos de seguridad, lentes de seguridad, protectores auditivos
Mal aplicación de insumos químicos.	Toxicidad	Uso correcto de EPPs, específico para la actividad
Ofidios, insectos	Mordeduras, picaduras	Observación total, uso de repelente de insectos. Uso de uniforme completo y EPPs
Exposición a los ruidos	Hipoacusia	Uso obligatorio de orejeras o taponés. Elaboración del ATS. Instalación de señalizaciones (cintas, avisos, etc.) Reducción del tiempo de exposición.
Acarreo de materiales pesados	Daños a la salud (traumatismo y contusiones)	Acarreo máximo de 25kg para personal varón y 15kg para personal mujer. Elaboración de ATS. Procedimiento de trabajo. Uso de EPPs necesarios.

6. FACTORES MEDIO AMBIENTALES

Aspecto Ambiental	Impacto	Controles
Derrame de los productos químicos.	Contaminación medioambiental	La preparación, y la aplicación serán manipuladas por el personal capacitado.
Envases vacíos y envolturas de productos.	Contaminación medioambiental	Serán trasladadas a los contenedores de residuos sólidos.

Cargo	COORDINADOR SSOMA	SUPERVISOR OPERACIONES	GERENCIA DE OPERACIONES
Nombre			
Firma / Sello			

		PROC-SEITV-SSOMA		Fecha:
		PROCEDIMIENTO: SELECCIÓN Y EJECUCIÓN DE IMPERMEABILIZACIONES Y DRENAJE EN TECHOS VERDES		03/08/19
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Revisión	
			01	

7. PROCEDIMIENTO

- Previo a la selección del proveedor a ejecutar los trabajos de impermeabilización o drenaje, se debe de validar que se cumple con los requisitos del "Formulario de selección de proveedores de impermeabilización y drenaje"
- Hacer solicitud del listado de trabajadores a operar en los trabajos de impermeabilización y drenaje, validando su inclusión en el SCTR proporcionado por el proveedor.
- Hacer la solicitud de los procedimientos de trabajo del proveedor previo a la ejecución de los trabajos, validando la impermeabilización tanto con el manto asfáltico y con geomembrana.
- Para nuevos trabajos de impermeabilización, es necesario la construcción de drenaje para coleccionar los excesos del agua de riego o de agua hacia el drenaje del techo, se realiza la nivelación de la superficie con una ligera pendiente (menor a 2%) direccionada un desfogue de este tipo para poder coleccionar los lixiviados. Una vez ejecutado este proceso, se continua con el proceso de impermeabilización la cual es el paso fundamental y debe ser ejecutado en dos etapas.
- Realizar una limpieza de la zona previo a la impermeabilización con el manto asfáltico.
- Ejecutar la impermeabilización con el manto asfáltico, aditamento sellador de concreto, que puede ser alquitrán o bitumen, el mismo que debe de ser aplicado con un mínimo de tres capas sobre el concreto del techo, en la dosificación recomendada por el fabricante.
- Luego de la última capa de impermeabilizante, dejar secar por completo por 2 días (48 horas) previo al siguiente procedimiento de impermeabilización con geomembrana.
- A continuación, se procede con la impermeabilización con geomembrana, para una mayor durabilidad del jardín. Es importante que el personal a realizar esta parte del proceso tenga experiencia con la soldadura e instalación con estos materiales, ya que este procedimiento asegurará la integridad de la edificación y sobre todo evitará posibles fugas de agua en el piso inmediatamente debajo del techo verde.
- Finalmente, es fundamental que luego de terminado este proceso, se realice una prueba de estanqueidad, con agua en su superficie, con la finalidad de asegurar que no haya fugas en los pisos inferiores.

8. INSUMOS.

- | | |
|---------------------------------|-----------------------|
| • Grapas para geomembrana | • Escobas |
| • Geomembrana de 0.75mm | • Recogedor |
| • Alquitrán o pintura asfáltica | • Extensión eléctrica |
| • Rodillos | • Cuchillas |
| • Brochas | • Baldes y mangueras |

Cargo	COORDINADOR SSOMA	SUPERVISOR OPERACIONES	GERENCIA DE OPERACIONES
Nombre			
Firma / Sello			

		PROC-SEITV-SSOMA		Fecha:
		PROCEDIMIENTO: SELECCIÓN Y EJECUCIÓN DE IMPERMEABILIZACIONES Y DRENAJE EN TECHOS VERDES		03/08/19
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Revisión	
			01	

9. EQUIPOS

- Maquina soldadora de geomembrana

10. EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL

- Casco y barbiquejo
- Guantes de jebe.
- Ropa de trabajo
- Botas de seguridad.
- Lentes de protección
- Respirador.

11. REGISTROS

- Herramientas.
- Check list de la máquina soldadora.

Cargo	COORDINADOR SSOMA	SUPERVISOR OPERACIONES	GERENCIA DE OPERACIONES
Nombre			
Firma / Sello			

Anexo 4: Formulario de selección de empresas de impermeabilización y drenaje.

FORMULARIO DE SELECCIÓN DE EMPRESAS DE IMPERMEABILIZACIÓN Y DRENAJE						
UBICACIÓN:			EVALUADOR:			
NOMBRE DE LA EMPRESA:						
RUC DE LA EMPRESA:						
FECHA DE EVALUACIÓN:						
CUMPLE: Cuando se cumple completamente con el requisito			EN PROCESO: Cuando existe avance de cumplimiento, pero no está completo			
NO CUMPLE: Cuando no existe ningún avance de cumplimiento del requisito			NO APLICA: Cuando el requisito no aplica a la organización.			
GESTION OPERATIVO FINANCIERO		DOCUMENTACION DE EVIDENCIA	CUMPLE		N.A	OBSERVACIONES / COMENTARIOS
			SI	NO		
1	Empresa cuenta con más de 8 años de constituida?	Ficha RUC				
2	¿Cuenta con deudas o mora de pago por préstamos bancarios?	Emisión de carta de No adeudo Bancario				
3	¿Cuenta con conformidad de los últimos 5 clientes?	Carta de conformidad				
4	¿Presenta datos de contacto de clientes anteriores?	Contacto (Número celular o Correo) de clientes anteriores.				
5	Cuentan con procedimiento de trabajo de impermeabilización y/o drenaje?	Adjuntar procedimiento de trabajo (PT)				
6	¿Cuentan con Póliza SCTR de sus trabajadores?	Adjuntar póliza y contrato de SCTR				
7	¿Cuenta con matriz IPERC del trabajo de impermeabilización Y/o drenaje?	Adjuntar matriz IPERC				

Anexo 5: Procedimiento de mantenimiento preventivo y correctivo de sistema de riego de áreas verdes.

PROC-MPCSRAAVV-SSOMA				Fecha:
PROCEDIMIENTO: MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE SISTEMA DE RIEGO DE AREAS VERDES				
				02/11/20
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Revisión	
			04	

<p>1. OBJETIVO Establecer el procedimiento para el mantenimiento del sistema de riego en techos verdes, ya sea riego por aspersión, goteo o manguera en áreas verdes, en condiciones seguras de trabajo, eliminando los riesgos inherentes de esta actividad y cuidando la integridad física de los colaboradores, instalaciones, equipos y Medio Ambiente.</p> <p>2. ALCANCE A todo el personal que realiza la labor del riego en áreas verdes de todos los puntos de trabajo</p> <p>3. RESPONSABILIDADES</p> <p>3.1. Supervisor:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Difundir el presente procedimiento. • Asegurar que todo trabajador cuente y use los EPP apropiados en el trabajo. • Capacitar y entrenar a su personal según el presente procedimiento. • Registrar las capacitaciones y entrenamientos del presente procedimiento. • Actualizar el presente procedimiento cuando se requiera. • Realizar inspecciones planeadas. • Supervisar la debida aplicación del presente procedimiento. <p>3.2. Corresponde a los colaboradores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cumplir con todas las pautas del presente procedimiento, estar permanentemente concentrados en el trabajo a realizar, estando atentos a no cometer actos inseguros y observar el área y detectar las condiciones inseguras para la ejecución de sus tareas. • Usar permanentemente los Equipos de Protección Personal (EPP's) necesarios en su labor. • Ante situaciones no estipuladas en el presente procedimiento deberá informar y consultarlo con el supervisor de trabajo.

Cargo	COORDINADOR SSOMA	SUPERVISOR OPERACIONES	GERENCIA GENERAL
Nombre			
Firma / Sello			

		PROC-MPCSRAAVV-SSOMA		Fecha:
		PROCEDIMIENTO: MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE SISTEMA DE RIEGO DE AREAS VERDES		02/11/20
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Revisión	
			04	

4. REQUERIMIENTOS

- 4.1. El supervisor de mantenimiento verificará que el personal haya recibido el entrenamiento necesario para realizar la tarea y tenga el conocimiento del presente procedimiento.
- 4.2. El supervisor entrenará al personal nuevo y repasarán con ellos el procedimiento antes de iniciar la tarea.

5. FACTORES DE SEGURIDAD Y CONTROLES

Peligro	Riesgo	Controles
Exposición prolongada al sol	Insolación	Rehidratación, descansos periódicos, y uso de bloqueadores solar.
Mal uso de los equipos	Golpeado por objetos y caída de estos (traumatismo y contusiones)	Procedimiento de trabajo, elaboración de ATS, Capacitación de personal, Uso de EPP: Botas de impermeables de hule, lentes de seguridad, protectores auditivos
Insectos picadores	Mordeduras, picaduras	Uso de repelente contra insectos, revisión de la zona de trabajo, uso de uniforme completo (pantalón, manga larga, guantes, lentes, botas de seguridad, etc.)

6. FACTORES MEDIO AMBIENTALES

Aspecto Ambiental	Impacto	Controles
Control y uso adecuado del recurso hídrico.	Derrame, desborde en zonas no deseadas (oficinas, pistas, veredas etc)	Control de presión y caudal, ya sea para los diferentes tipos de riego y sus respectivas dosificaciones.

Cargo	COORDINADOR SSOMA	SUPERVISOR OPERACIONES	GERENCIA GENERAL
Nombre			
Firma / Sello			

		PROC-MPCSRAAVV-SSOMA		Fecha:
		PROCEDIMIENTO: MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE SISTEMA DE RIEGO DE AREAS VERDES		02/11/20
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Revisión	
			04	

7. PROCEDIMIENTO

- Capacitar al personal constantemente para la reparación menor de sistema de riego, haciendo explicación de nociones básicas de gasfitería para el reemplazo de tuberías o cintas de riego rotas.
- Solicitar un stock de repuestos de alta tasa de reposición y de bajo costo, como lo son uniones, TE, llaves de paso, miples, reducciones, goteros aspersores y manguera o cinta de riego en los diámetros requeridos en la operación, las mismas que deben estar guardadas de forma ordenada en el almacén del área a cargo.
- Tener una caja de herramientas básicas, compuesta por, desarmador, arco de sierra, pala de mano, lija de agua, llave inglesa, llave francesa, teflón, pegamento de tubería, trapo microfibra, trapo industrial y escobillas pequeñas. Esta caja de herramientas, debe ubicarse de forma perenne en la operación en donde se ejecuta el servicio, no debe ser de tipo rotativo.
- Llevar un control de la fecha de instalación y de fabricación de los equipos que forman parte del sistema de riego, sobre todo de aquellos equipos o materiales de renovación más acelerada, ya que el fabricante, ofrece garantía finita de los equipos. Antes de llegar a la fecha del vencimiento de los equipos es necesario contar con los repuestos de los mismos, como lo son aspersores, goteros, válvulas de riego, etc.
- Cumplir con el formato semanal de check-list rutinario del sistema de riego y con el plan anual de mantenimiento del sistema de riego.
- Verificar y reportar de ser el caso la existencia de fugas en el sistema de riego por roturas, fisuras o cortes de mangueras, tuberías o cinta de riego, proceder con el parchado de dichos materiales.
- Inspeccionar la correcta liberación de agua por parte de los emisores de riego, sean estos aspersores o goteros, reportar en el Check-list las anomalías de encontrarlas, en el caso hallar materiales de riego en mal estado, proceder con el reporte y el cambio del mismo.
- Verificar el correcto funcionamiento de válvulas hidráulicas de riego, estando sincronizadas debidamente con el *timer* de riego de tener uno habilitado en el sistema.

Cargo	COORDINADOR SSOMA	SUPERVISOR OPERACIONES	GERENCIA GENERAL
Nombre			
Firma / Sello			

3/4

	PROC-MPCSRAAVV-SSOMA			Fecha:
	PROCEDIMIENTO: MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE SISTEMA DE RIEGO DE AREAS VERDES			02/11/20
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Revisión	
			04	

- Verificar el correcto cerrado hermético de la misma, sin fugas de agua de las juntas. Asimismo, el fondo del cubo contenedor de la válvula debe estar seco y de preferencia con grava en el fondo para evitar anegamiento en el lugar de válvulas hidráulicas.
- El filtro de anillos o de malla acoplable a la bomba del sistema de riego, debe ser limpiada de forma quincenal, o a una frecuencia menor de ser requerido con la finalidad de no disminuir la presión de operación del sistema de riego.
- En cuanto a la bomba de riego, esta debe de operar a la presión de diseño, de variar la presión del sistema se debe reportar al supervisor del servicio para proceder con los mantenimientos preventivos o correctivos.
- Deben ser reportados las anomalías en el sonido de operación de la bomba de riego, así como desperfectos como fuga de agua o aceite.
- El supervisor de la operación debe ejecutar visitas en la medida de lo posible que no exceda el mes, para fortalecer el procedimiento del mantenimiento del sistema de riego y gestionar reparaciones mayores que puedan ser necesarias y que excedan la capacidad de mantenimiento in situ del operador de turno.

Cargo	COORDINADOR SSOMA	SUPERVISOR OPERACIONES	GERENCIA GENERAL
Nombre			
Firma / Sello			

4/4

Anexo 6: Formato de check-list de sistema de riego.

INSPECCION MENSUAL DE CHECK LIST DE SISTEMA DE RIEGO																		
Código: ICLSR-01-2019		Versión: 1		Área: SSOMA		Página: 1 de 1		SEMANA 5:										
SEMANA 1:		SEMANA 2:		SEMANA 3:		SEMANA 4:		SEMANA 5:										
Nº	MES:	SI	NO	NA	OBS	SI	NO	NA	OBS	SI	NO	NA	OBS	SI	NO	NA	OBS	
1	MANGUERAS/TUBERÍAS/CINTAS DE RIEGO																	
1.1	PRESENTA FUGAS DE AGUA																	
1.2	PRESENTA MANGUERAS DOBLADAS																	
2	EMISORES (GOTEROS O ASPERSORES) DE RIEGO																	
2.1	OPERA CON NORMALIDAD																	
2.2	ESTAN COMPLETOS SUS ACCESORIOS																	
3	VALVULAS HIDRÁULICAS DE RIEGO																	
3.1	SE ENCUENTRAN AISLADAS DEL AGUA																	
3.2	SE ENCUENTRA MALEZA DENTRO DEL CUBO PROTECTOR																	
3.3	EMITE FUGAS DEL GRBE DE CIERRE AUTOMÁTICO																	
4	BOMBA ELECTRICA DE RIEGO																	
4.1	PRESENTA FUA DE AGUA																	
4.2	PRESENTA FUGA DE ACEITE																	
4.3	PRESENTA REDUCCIÓN DE PRESIÓN																	
4.4	PRESENTA ANOMALÍAS EN EL SONIDO DE OPERACIÓN																	
5	FILTRO DE SISTEMA DE BOMBEO																	
5.1	PRESENTA IMPUREZAS																	
5.2	ANILLOS DEL FILTRO OPERATIVO Y COMPLETOS																	
NA: NO APLICA																		
CLIENTE:		SEDE:		FIRMA DEL SUPERVISOR:		FIRMA DEL TRABAJADOR:		CARGO:		FIRMA DEL INSPECTOR:		CARGO:						

