



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“ESTUDIO COMPARATIVO DE MATERIALES CONVENCIONALES Y DE ORIGEN NATURAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPOS PARA TECHOS VERDES EXTENSIVOS EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2020”

Tesis para optar el título profesional de:
INGENIERO CIVIL

Autores:

José Iván Alvarado Carrasco
Milagros Katherine Jara Cruz

Asesor:

Mg. Ing. Gabriel Cachi Cerna

Cajamarca - Perú

2020

ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis de los estudiantes: **Alvarado Carrasco José Iván; Jara Cruz Milagros Katherine**, para aspirar al título profesional con la tesis denominada: **“ESTUDIO COMPARATIVO DE MATERIALES CONVENCIONALES Y DE ORIGEN NATURAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPOS PARA TECHOS VERDES EXTENSIVOS EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2020”**.

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

Aprobación por unanimidad

Aprobación por mayoría

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

Ing. Luis Matías Tejada Arias
Presidente del jurado

Ing. Daniel Bernal Díaz
Miembro del jurado

Ing. Luis Vásquez Ramírez
Miembro del jurado

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios, por todas las bendiciones que me ha brindado y por darme la salud para poder realizar mis metas. A mí madre, Reyes Carrasco por enseñarme valores, principios, por todo el apoyo y la fuerza que me dan para poder cumplir con mis sueños y mi padre que desde el cielo me alumbra por el camino del bien.

Alvarado Carrasco, I.

Con el mayor sentimiento de amor y agradecimiento, dedico este trabajo a Liliana y Martín mis padres por enseñarme a luchar por cada uno de mis sueños y mostrarme que día a día la vida es bella.

Jara Cruz, M.

AGRADECIMIENTO

A Dios por el don de la vida y darnos salud en estos difíciles momentos, al PRONABEC y el programa BECA 18 por la oportunidad y apoyo integral para formarnos como profesionales en una de las carreras más bellas de la ingeniería.

A nuestros profesores por todos los conocimientos impartidos, por la ayuda brindada y por direccionarnos sabiamente en este proyecto.

A nuestros compañeros por apoyarnos y ayudarnos en la obtención de nuestros resultados y ser un soporte y calma en los momentos difíciles.

A nuestras familias, sin ellos no hubiésemos llegado hasta este punto de nuestra vida.

Los autores

ÍNDICE DE CONTENIDO

ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO.....	4
ÍNDICE DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	9
RESUMEN	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	12
1.1 Realidad problemática.....	12
1.2 Formulación del problema	21
1.3 Objetivos	21
1.3.1 Objetivo general.....	21
1.3.2 Objetivos específicos	21
1.4 Hipótesis.....	21
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	22
2.1 Tipo de investigación	22
2.2 Diseño de Investigación	23
2.3 Variables de Estudio.....	23
2.4 Población y Muestra:.....	24
2.5 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	30
2.6 Procedimiento.....	34
2.6.1 Procedimiento de recolección de datos	34
2.6.2 Procedimiento de análisis de datos	40
CAPÍTULO III. RESULTADOS	60
3.1 Respecto a la construcción de cuatro prototipos de techos verdes extensivos.....	60
3.2 Sobre el comportamiento de los materiales convencionales y los de origen natural propios de la zona en la construcción de techos verdes.	67
3.3 Acerca del funcionamiento en conjunto del sistema constructivo de techos verdes extensivos.....	70
3.4 Referente al análisis económico del sistema constructivo de techos verdes extensivos	72

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	76
4.1 DISCUSIÓN:	76
4.1.1 Respecto a la construcción de cuatro prototipos de techos verdes extensivos.	76
4.1.2 Sobre el comportamiento de los materiales convencionales y los de origen natural propios de la zona en la construcción de techos verdes.....	77
4.1.3 Acerca del funcionamiento en conjunto del sistema constructivo de techos verdes extensivos.	78
4.1.4 Referente al análisis económico del sistema constructivo de techos verdes extensivos.....	80
4.2 CONCLUSIONES:	81
CAPÍTULO V: REFERENCIAS	84
CAPÍTULO VI: ANEXOS.....	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resumen de técnicas en instrumentos de recolección y análisis de datos.....	32
Tabla 2: Características de la zona de extracción del Stipa Ichu.....	34
Tabla 3: Características de la cantera Chonta.....	35
Tabla 4: Características del lugar	38
Tabla 5: Capa impermeabilizante prototipo B1-B2.....	61
Tabla 6: Capa de drenaje prototipo B1-B2.....	61
Tabla 7: Filtro con membrana de Junco B1-B2.....	62
Tabla 8: Capa impermeabilizante prototipo A1-A2	62
Tabla 9: Capa de drenaje prototipo A1-A2	63
Tabla 10: Filtro con geotextil prototipo A1-A2.....	63
Tabla 11: Sustrato en prototipos A1-A2.....	64
Tabla 12: Sustrato en prototipos B1-B2.	64
Tabla 13: Vegetación en prototipos A1-B1.....	65
Tabla 14: Vegetación en prototipos A2-B2.....	66
Tabla 15: Peso de prototipos A1-A2	66
Tabla 16: Peso de prototipos B1-B2.....	67
Tabla 17: Porcentaje de agua filtrada y retenida en Stipa Ichu	68
Tabla 18: Porcentaje de agua filtrada y retenida en Stipa Ichu y Piedra de canto rodado ..	68
Tabla 19: Porcentaje de agua filtrada y retenida en Stipa Ichu, Piedra de canto rodado y Junco tejido:	68
Tabla 20: Porcentaje de agua filtrada y retenida en Stipa Ichu, Piedra de canto rodado, Junco tejido y Sustrato:.....	69
Tabla 21: Porcentaje de agua filtrada y retenida en Geomembrana, Geonet, Geotextil y Sustrato.	70
Tabla 22: Funcionamiento en conjunto sistema constructivo de techos verdes extensivos.	71
Tabla 23: Análisis de precios unitarios para los prototipos A.....	73
Tabla 24: Análisis de precios unitarios para los prototipos B.	73
Tabla 25: Análisis de costos unitarios por m ² para techos verdes extensivos con materiales convencionales.....	74
Tabla 26: Análisis de costos unitarios por m ² para techos verdes extensivos con materiales de origen natural	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de la ciudad de Cajamarca	25
Figura 2: Ubicación del proyecto	26
Figura 3: Diseño con materiales convencionales y planta Sédum-mix	26
Figura 4: Diseño con materiales convencionales y planta Clavelinas	27
Figura 5: Diseño con materiales de origen natural y planta Sédum-mix	27
Figura 6: Diseño con materiales de origen natural y planta Clavelinas	28
Figura 7: Componentes de un techo verde extensivo	56
Figura 8: Sistematización del proceso de recolección y análisis de datos.....	59

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1: Prototipo A “Materiales convencionales”	28
Fotografía 2: Prototipo B “Materiales de origen natural”	29
Fotografía 3: Recolección de Stipa Ichu	34
Fotografía 4: Extracción de piedra de canto rodado.....	35
Fotografía 5: Tejido de Junco con dimensiones de 1m x 1m	36
Fotografía 6: Tejido de Junco con dimensiones de 1m x 1m	37
Fotografía 7: Extracción de la tierra.....	38
Fotografía 8: Plantas Sédum-Mix.....	39
Fotografía 9: Plantas Clavelinas	39
Fotografía 10: Soporte metálico de 1m x 1m	40
Fotografía 11: Soporte base de 1m x 1m.....	41
Fotografía 12: Perforando la bandeja a un diámetro de 2 cm por donde va a circular el agua que pueda filtrar.....	41
Fotografía 13: Doblando la Geomembrana para que pueda entrar dentro de la bandeja	42
Fotografía 14: Pegando con soldimix los espacios por donde pueda escapar el agua.....	42
Fotografía 15: Cortando 1m x 1m de Geonet (capa de drenaje)	43
Fotografía 16: Colocando la capa de drenaje (Geonet) cortado dentro de la bandeja.....	43
Fotografía 17: Ubicando la siguiente capa que de filtración después de la capa de drenaje	44
Fotografía 18: Colocación de una capa de aserrín (1 cm de espesor)	44
Fotografía 19: Pesando el material orgánico y la tierra para luego ser mezcladas (20% y 80% respectivamente).....	45
Fotografía 20: Señalando hasta que altura debe ir el sustrato	45
Fotografía 21: Colocación del sustrato bien mezclado sobre la capa de aserrín	46
Fotografía 22: Siembra de las plantas Sédum-mix a una distancia de 10 cm entre planta.	46
Fotografía 23: Elaboración de la membra a base de Stipa Ichu	47

Fotografía 24: Realizando la prueba de impermeabilidad para obtener el espesor adecuado	48
Fotografía 25: No filtra nada de agua después de haber probado varias veces, entonces trabajamos con un espesor de 5 cm	48
Fotografía 26: Colocación de las membranas de Stipa Ichu dentro de las bandejas	49
Fotografía 27: Colocación de la capa de drenaje con piedra de canto rodado traído de la cantera el Chonta; llegando a tener 3 cm de espesor dicha capa.	49
Fotografía 28: Ubicando la capa de filtración después de la capa de drenaje, el cual es un tejido de junco y tiene un espesor de 1 cm	50
Fotografía 29: Mezclando el material orgánico e inorgánico.....	50
Fotografía 30: Realización del ensayo con todo el sistema completo (Stipa Ichu, Piedra de canto rodado y sustrato).....	51
Fotografía 31: Se puede observar el volumen de agua que entra, que sale y lo que se filtra.	52
Fotografía 32: Sistema completo del ensayo	52
Fotografía 33: Después de haber realizado el ensayo como quedaron cada una de las capas del sistema de techos verdes extensivos con materiales de origen natural.....	53

RESUMEN

Ante la situación que se está viviendo a causa del SARS-CoV-2 y la importancia de la salud, alimentación y el hogar, se plantea como una nueva alternativa el uso del sistema constructivo de techos verdes extensivos y la incorporación de biohuertos en ellos. El objetivo del estudio es determinar la diferencia en el comportamiento, funcionamiento y análisis económico, entre los materiales convencionales y de origen natural en la construcción de prototipos para techos verdes extensivos en la ciudad de Cajamarca. Se construyó cuatro (4) prototipos denominados: prototipos A (dos prototipos elaborados con materiales convencionales: Geomembrana, Geonet, Geotextil, Sustrato y vegetación) y prototipos B (dos prototipos elaborados con materiales de origen natural: Stipa Ichu, Piedra de canto rodado, Junco tejido, Sustrato y vegetación). La metodología se desarrolló a partir de la experimentación con un enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo), un alcance exploratorio y explicativo y un diseño cuasiexperimental (empleando tratamientos), durante la construcción y estudio de los prototipos. Los resultados determinaron que existen similitudes en los prototipos A1, A2 y B1, B2 respecto a sus características y funciones de cada capa, sustrato y vegetación. Finalmente, del montaje experimental y estudios se obtuvo valores apropiados y acordes a la hipótesis. Concluyendo que los prototipos A y B, durante su construcción y tiempo de vida tienen un apropiado comportamiento funcional en cada estrato que lo compone, similares porcentajes de agua filtrada y agua retenida y que los techos verdes extensivos de origen natural (prototipos B) son un 26.23 % más económicos que los convencionales (prototipos A) por m².

Palabras clave: Techos verdes extensivos, materiales convencionales, materiales de origen natural.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

Actualmente debido a la coyuntura a nivel mundial que estamos sufriendo respecto al Covid 19, nos hemos dado cuenta como sociedad que existen aspectos fundamentales y simples para entender la vida, aspectos como la salud, alimentación y el hogar. Y es que, aunque se han mostrado muchas opciones de ayuda al medio ambiente, es necesario el implementar y fomentar la práctica de las mismas. Desde ya hace algunos años se ha visto que el sector de construcción al ser uno de los más contaminantes debe promover sistemas constructivos con tecnologías amigables con el ambiente. Encontrándose entre las muchas opciones que se ha planteado, una alternativa para combatir esta situación es el uso de techos verdes extensivos y el cultivo de biohuertos en estos. Esto debido a que este innovador sistema de construcción conlleva directa e indirectamente a beneficios importantes en pro de la salud, economía y medio ambiente. Ante ello el sistema constructivo para biohuertos en techos verdes emplea a la ingeniería como herramienta para entender, modelar y transformar el futuro.

Los techos verdes extensivos presentan múltiples beneficios en diferentes aspectos. Ibáñez (2008) refiere en su estudio de techos verdes extensivos: una práctica por descubrir e investigar en Colombia; que los sistemas de cubiertas verdes extensivas presentan ventajas económicas, técnicas, sociales y ambientales, incentivando el uso y difusión en la arquitectura colombiana e impulsando la investigación desde la academia, los sistemas de cubiertas verdes hoy en día ya son un mecanismo utilizado a nivel global para solucionar algunos problemas de la urbanización, como contaminación del aire y el agua, efecto de isla de calor y alteración del clima, ruido,

exceso de aguas de escorrentía, inundaciones, destrucción del entorno natural, entre otros.

Y sumado a estos beneficios por parte de los techos verdes extensivos, también se puede desarrollar en ellos el cultivo de biohuertos.

En países como Estados Unidos, Canadá, China, en donde los techos verdes tienen una gran aceptación, y son utilizadas como huertos verdes en las cubiertas de los edificios en los cuales se cultivan verduras durante todo el año y que presentan evidentes ventajas como lo son el cultivo de alimentos frescos, sin pesticidas, ni transgénicos en plena ciudad, en las cuales gracias a estas innovadoras estructuras agrícolas los edificios quedan mejor aislados y evitan cualquier pérdida de calor entre otros beneficios. (Álava y Salgado, 2012, p.54)

Se considera la agricultura urbana como una opción adecuada para implementar en los techos verdes, ya que son espacios subutilizados que podrían dar grandes beneficios económicos y sociales que pueden satisfacer uno de los problemas más importantes en la actualidad que es la inseguridad alimentaria. (Álava y Salgado, 2012, p.61)

Tal como lo plantean los autores en su investigación: plan para la inclusión de la agricultura urbana en techos verdes, los techos verdes son una opción viable que permite desarrollar la agricultura urbana y brindar un medio seguro para desarrollarla.

Para conocer más sobre este innovador sistema eco amigable, es necesario contextualizar a escala mundial y nacional algunos estudios sobre el uso de este sistema constructivo. Desde hace años, existen diversos proyectos e investigaciones en múltiples lugares del mundo, dónde se construyeron y estudiaron este innovador sistema de manera exitosa. Estos proyectos e investigaciones forman parte de los

antecedentes empleados en nuestra investigación, ante ello se menciona los estudios más significativos.

Dentro de los primeros estudios internacionales se formuló el uso de techos verdes en un hotel colombiano planteando determinar que los techos verdes son una de las nuevas tecnologías que pueden ser utilizadas como herramientas para la gestión ambiental; además de mostrar las barreras que impiden su implementación a gran escala.

Numerosos estudios confirman que los techos verdes pueden ser utilizados como una herramienta viable para la gestión ambiental. Las cubiertas ecológicas proporcionan una variedad de beneficios, desde retención de aguas de lluvias, ahorro de energía, filtración de partículas contaminantes en el aire y producción del oxígeno, hasta beneficios psicológicos y sociales. No obstante, el alto costo y el largo tiempo de recuperación de la inversión los hacen poco atractivos para los constructores, dueños de edificios o residentes. Según los resultados del estudio, los factores económicos son los que determinan la disponibilidad de los gerentes a instalar los techos verdes y no la preocupación por el medio ambiente, lo cual es el motivo principal en los países líderes en el tema. (Zielinski, García y Vega, 2012, p.101)

Tal como lo mencionan Zielinski, et. al.; los techos verdes son unas de las nuevas tecnologías que pueden ser utilizadas como herramientas para la gestión ambiental en los edificios, pero para su desarrollo importa más el aspecto económico que el ambiental.

Otro estudio internacional tomado en cuenta planteó la integración de la sostenibilidad a la enseñanza de la arquitectura para mitigar el cambio climático.

Los techos verdes además de influir en el mejoramiento del clima de la ciudad también optimizan la aislación térmica, el almacenamiento de calor del edificio, y su aislación

acústica. Además, son considerados, a largo plazo, más económicos que las cubiertas convencionales. (Galindo y Baigts 2015, p.298).

Un segundo antecedente se ha situado en Colombia, donde Morales, Cristancho y Baquero, (2017) en su artículo identifican tendencias en las condiciones de diseño, construcción y operación de techos verdes cuyo objetivo es mejorar la calidad del agua de lluvia. A partir de la información recolectada se identificaron tendencias en incrementos y reducciones en las concentraciones de diferentes parámetros de calidad de agua, temporadas del año con los mejores resultados, tipos de techos verdes más usados, clases de sustrato y componentes más comunes, tendencias de construcción y vegetación más usada. Siendo así los resultados muestran que los techos verdes tienen la capacidad de neutralizar la lluvia ácida. Debido a sus características de construcción, funcionalidad y bajo costo, los techos de tipo extensivo son los más usados.

Ellos plantearon, respecto a las membranas que componen los techos verdes lo siguiente:

“Los techos verdes extensivos son los más utilizados en comparación con los techos de tipo intensivo y semi-intensivo” (p. 184). Del 100 % de los techos verdes que se construyen el 91.0 % de ellos son del tipo extensivo.

“La frecuencia de uso de geomembrana para la capa de impermeabilizante es de 10.3 %” (p. 186).

“La frecuencia del uso de piedra para la capa de drenaje es de 17.7 %” (p. 186). (...) Esto se planteó teniendo en cuenta la mezcla orgánica e inorgánica del 79 % y 21 %. Por otro lado, la altura apropiada para este tipo de techo extensivo oscila entre 3.9 y 15.0 cm, según resultados obtenidos por Morales, Cristancho y Baquero en el año 2017.

Otro antecedente es la investigación por Rosatto et al. (2015), titulada “Cubiertas vegetadas de tipo "extensivo", eficiencia en la retención del agua de lluvia de distinto tipo de vegetación implantada”, determinó que el objetivo de este proyecto fue determinar la reducción del escurrimiento superficial y la calidad de agua entregada de cubiertas vegetadas con distinto tipo de vegetación implantada ante lluvias normales en la ciudad de Buenos Aires. Los resultados obtenidos a lo largo de un año de estudio permitieron estimar una capacidad de retención de las cubiertas ensayadas (en CABA) que ha sido variable en función de la precipitación, y el tipo de vegetación y su grado de cobertura. Analizando los porcentajes retenidos de acuerdo con la variación de precipitaciones. Estos resultados posicionan a las cubiertas vegetadas, para las condiciones y sitio del ensayo, como una alternativa dentro del manejo hídrico integrado en cuencas urbanas.

La investigación realizada en Argentina por Rosatto et al. (2015), mencionó que: “de cualquier manera es necesario realizar este análisis para un mayor período de tiempo (que el año aquí analizado) para que pueda apreciarse diferencias significativas entre los tratamientos mencionados”.

Por otra parte, nuestro país no es ajeno a este tipo de sistemas de cubiertas verdes extensivas debido a que en los últimos años se han planteado diferentes estudios sobre el tema. Un primer antecedente nacional se ubica en el distrito de San Miguel, Lima; en una investigación para determinar la viabilidad de la propuesta de implementación del uso de techos verdes con geomembrana importada de Estados Unidos.

Salas (2017) en su investigación para determinar la viabilidad de la propuesta de implementación del uso de techos verdes con geomembrana importada de Estados Unidos en el distrito de San Miguel, para cumplir con la meta 8 de Biodiversidad de

Aichi. Empleó un estudio basado en un diseño exploratorio cualitativo y descriptivo cuantitativo. Las herramientas utilizadas fueron la encuesta y la entrevista a pobladores, a expertos sobre techos verdes y a una empresa importadora de geomembrana de Estados Unidos. Finalmente, se identificó que el incentivo para el uso de techos verdes en los pobladores es la disminución de sus impuestos; la limitación que existe en la importación de geomembrana es el trabajar con navieras que hagan transbordo; los beneficios más importantes de la implementación son: mejora de la calidad del aire, mejora de la iluminación natural, generación de una agricultura urbana y una conciencia ambiental. Siendo así que al analizar la propuesta de implementación del uso de techos verdes con geomembrana importada y considerando su impacto positivo en la sociedad y el ambiente fue posible garantizar su viabilidad al emplear este sistema en el distrito de San Miguel.

Dicha investigación nos deja el aporte de que (...) “se ha elaborado un costo aproximado de S/. 80 por m² para dicha implementación, obteniendo un total de S/. 2,240 por 28 m²” (Salas, 2017).

En esta investigación Salas ha considerado los materiales como: geomembrana, estructura de drenaje, sustrato y vegetación.

Por otro lado, Inga (2018) en su tesis para obtener el título profesional de licenciado en Administración De Negocios Internacionales, propone evaluar la reducción del consumo de la energía eléctrica, mediante la implementación de un techo verde de tipo indirecto al interior de la I. E. P. Peruano Alemán. Para ello el proyecto que se realizó evaluó una alternativa diferente para poder reducir el consumo de energía eléctrica, y poder cuantificar el ahorro energético y económico, proveniente de los aparatos eléctricos que existen dentro del colegio. Es por ello que se implantó un techo verde de tipo indirecto, con material asequible y resistente, para una zona de

clima cálido, y en un área total de 450.21 m² (Área con techo verde = 200 m²) (Área sin techo verde = 250 m²). Con estos criterios se escogió las macetas y el área de estudio en la I.E.P. Peruano –Alemán (Huánuco). Para lograr el objetivo, se monitoreó la temperatura en C°, concluyéndose, que un techo verde atenúa la temperatura, pero esa atenuación y sus beneficios dependen del área (tamaño) que se implemente y otros factores como los materiales, el espesor del sustrato y el riego. Esta investigación dio lugar a que al evaluar cómo influyen los techos verdes en la reducción de la energía, se pueda determinar a través del monitoreo de temperatura en la institución que sus beneficios están condicionados a las características de la estructura y el entorno.

Estos antecedentes y múltiples investigaciones sobre la implementación de los techos verdes, tanto techos verdes intensivos, así como extensivos, muestran que existen ciertos vacíos para su implementación en un contexto más local, y la necesidad de adecuarlos al entorno económico, ambiental y social del lugar que requiera contar con este sistema.

Y basados en la realidad económica, ambiental y social de Cajamarca y su inadecuado crecimiento urbanístico dentro del área que compone su valle, podemos mostrar que mucha del área que debería emplearse para el cultivo está siendo desplazada por edificaciones, por otro lado, no es un secreto de que somos una de las regiones más pobres del país.

INEI (2018) en su publicación Perú: Línea de base de los principales indicadores disponibles de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), menciona que, en el año 2017, en el departamento de Cajamarca, se observa la tasa más alta de incidencia de la pobreza extrema, ubicándose en un intervalo de 13.5% a 20,5%. En tanto, en los departamentos de Arequipa, Ica, Lambayeque, Madre de Dios,

Moquegua, provincia constitucional del Callao, provincia de Lima, Región Lima, Tacna y Tumbes, la pobreza extrema casi se ha erradicado.

Si nos basamos en estos valores necesitamos medidas alternativas para erradicar esta situación.

La población en el ámbito urbano de la ciudad de Cajamarca va creciendo paulatinamente; a raíz de esto se tiene un déficit de áreas verdes destinadas a jardines o cultivos. Por ello cabe la necesidad de incluir la agricultura en techos verdes extensivos y un amplio estudio de este innovador sistema constructivo.

El estudio pretende determinar la diferencia en el comportamiento, funcionamiento y análisis económico, de los materiales convencionales y de origen natural en la construcción de prototipos para techos verdes extensivos en la ciudad de Cajamarca, a través de los resultados de diferentes ensayos para analizar y seleccionar materiales innovadores en la construcción de prototipos para techos verdes extensivos, usar materiales y vegetación propia de la zona; y adicionalmente se espera plasmar los beneficios de los prototipos construidos, dentro de lo económico, social y ambiental empleando el ingenio para su construcción, pero sobre todo se espera crear un sistema para el desarrollo apropiado de biohuertos, que brinden una solución a problemas como la alimentación y pobreza.

Para la comprensión de esta investigación, se deben mencionar definiciones conceptuales claves, que faciliten el entendimiento global de los techos verdes extensivos, así como de sus componentes, sustentando con claridad y precisión la intención de nuestra investigación. Dentro de ellas tenemos:

Techos verdes: Las nuevas tecnologías como jardines verticales, cuadros vivos y techos verdes son sistemas fáciles de implantar con múltiples beneficios. Los techos verdes son espacios donde la cubierta vegetal es plantada sobre un sustrato de poca

profundidad, livianos, generalmente no son accesibles y presentan un bajo mantenimiento sin suministro de riego, en condiciones más hostiles que acotan la diversidad de especies (Pérez, 2017, p.17). Tal y como lo menciona Pérez, los techos verdes son espacios de cubierta vegetal eficientes y económicos.

Tipos de techos verdes: Existen dos tipos de techos verdes; los techos verdes intensivos y extensivos. Pérez (2017) refiere que desde el Instituto de Floricultura del INTA Castelar; fomentan la implementación de los techos verdes, ya sea intensivos o extensivos. Los primeros son jardines de altura, accesibles y con especies que requieren riego y alto mantenimiento. Por otro lado, los sistemas extensivos con especies hostiles, de bajo mantenimiento, resistentes al déficit hídrico y a las altas temperaturas, suelen ser de escaso acceso, livianos y poco profundos (entre 5 y 15 centímetros).

Uso de los techos verdes: Su aplicación no enfoca a una edificación en específico, ya que existen múltiples espacios donde pueden utilizarse. “Los sistemas de cubiertas verdes pueden ser utilizados en edificios nuevos o existentes, en parqueaderos, pérgolas, infraestructura enterrada, vivienda, almacenes, edificios públicos, bodegas, fábricas, edificios comerciales, hospitales, restaurantes, colegios, edificios administrativos y públicos” (Ibáñez, 2008, p.26).

Dichos proyectos, investigaciones y definiciones ayudaron a analizar y descubrir la importancia del sistema de construcción de techos verdes y los materiales con los que es construido. Actualmente se usan materiales elaborados a base de hidrocarburos (materiales convencionales) los cuales no son renovables y amigables con el medio ambiente; por otro lado, existen nuevos materiales propios de la zona que pueden sustituir a los que actualmente se viene usando. Una alternativa son los materiales de origen natural (junco, stipa ichu, grava 16-32 mm, entre otros).

1.2 Formulación del problema

¿Cuál es la diferencia en el comportamiento, funcionamiento y análisis económico, entre los materiales convencionales y de origen natural en la construcción de prototipos para techos verdes extensivos en la ciudad de Cajamarca, 2020?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Determinar la diferencia en el comportamiento, funcionamiento y análisis económico, entre los materiales convencionales y de origen natural en la construcción de prototipos para techos verdes extensivos en la ciudad de Cajamarca.

1.3.2 Objetivos específicos

- ❖ Construir cuatro prototipos de techos verdes extensivos.
- ❖ Analizar el comportamiento de los materiales convencionales y los de origen natural propios de la zona en la construcción de prototipos para techos verdes extensivos.
- ❖ Explicar el funcionamiento en conjunto del sistema constructivo de techos verdes extensivos.
- ❖ Realizar un análisis económico del sistema constructivo de techos verdes extensivos.

1.4 Hipótesis

Los materiales de origen natural presentan similar comportamiento y funcionamiento que los materiales convencionales en un rango de 50% a 75%, respecto a las capas de impermeabilización, drenaje y filtro en la construcción de prototipos para techos verdes extensivos en Cajamarca.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Tipo de investigación

❖ **Enfoque:**

Mixto: Debido a que se realizó un proceso de recolección, análisis y vinculación de datos cuantitativos y cualitativos, entre los materiales convencionales y materiales de origen natural (respecto a sus funciones, espesores y/o medidas), mediante visitas a campo y selección de materiales.

❖ **Alcance:**

Investigación exploratoria y explicativa: Exploratoria respecto al hecho de que se ha utilizado materiales como stipa ichu, junco y piedra de canto rodado, los cuales son materiales poco estudiados e investigados, limitando la capacidad de explorar y descubrir múltiples posibilidades para la construcción de techos verdes extensivos, siendo esta investigación un punto de partida para realizar estudios de mayor profundidad; y a la vez es una investigación explicativa debido a que se ha contado con investigaciones realizadas sobre materiales convencionales mismos que tienen funciones específicas y contrario a esto los materiales de origen natural pueden originar comportamientos similares en la realidad basándose en las teorías que se han descrito en los antecedentes y metodología (ítem 2.6.2.3. y 2.6.2.4.) de algunos investigadores, donde se ha explicado múltiples causas y efectos que han ampliado las investigaciones realizadas hasta la actualidad.

❖ **Diseño:**

Experimental: La investigación ha sido experimental debido a que se ha establecido una relación entre la causa y el efecto que generan los diferentes

materiales convencionales y materiales de origen natural en el sistema constructivo de techos verdes extensivos.

2.2 Diseño de Investigación

La investigación se desarrolló dentro de un contexto natural (campo); debido a que los materiales convencionales y de origen natural han sido manipulados de manera real y en condiciones tan controladas como lo permitió el ambiente natural.

❖ Cuasiexperimental:

La investigación ha sido diseñada de manera cuasiexperimental, donde una de las variables independientes (materiales de origen natural) ha sido manipulada para poder observar el efecto y relación con la variable dependiente (techos verdes extensivos).

Modelo de diseño:

El modelo de diseño de investigación experimental ha sido; G: 01 x 02

G: Techos verdes extensivos.

01: Es la observación de la variable “Materiales convencionales”, medido mediante el análisis de sus fichas técnicas y porcentaje de retención de agua.

0.2: Es la observación de la variable “Materiales de origen natural”, medido mediante sus características y porcentaje de retención de agua.

2.3 Variables de Estudio

❖ Independiente:

Variable 1: Materiales de origen natural

Variable 2: Materiales convencionales

❖ Dependiente:

Techos verdes extensivos

Para el estudio de las variables se ha determinado analizar su proceso constructivo, comportamiento (peso, capacidad de filtración y retención de agua), funcionamiento (capa impermeabilizante, capa de drenaje, capa de filtración, sustrato y vegetación) y análisis económico (análisis de precios unitarios).

2.4 Población y Muestra:

Debido a que es una investigación cuasiexperimental, se ha orientado a la evaluación del impacto de los tratamientos en aquellos contextos donde la asignación de las unidades de estudio no ha sido al azar y estuvo orientada a los cambios que se observaron en los materiales convencionales y materiales de origen natural en función a su comportamiento y el tiempo; descartándose valores para la población y muestra.

- ❖ **Tratamientos:** Debido a la naturaleza de la investigación se impuso condiciones experimentales a las unidades de estudio, estableciéndose así diferentes procesos cuyos efectos pudieron ser cuantificados, medidos y/o cualificados, creándose un conjunto de circunstancias favorables a la hipótesis de la investigación.

Los tratamientos planteados fueron:

Materiales de origen natural:

- **Fomentación de nuevos tipos de materiales para techos verdes extensivos:** Respecto a los espesores y dimensiones para las capas (impermeabilizante, drenaje y filtro) en prototipos de techos verdes extensivos con materiales de origen natural.

Prototipos A y B (techos verdes extensivos):

- **Producción de techos verdes tipo extensivos:** Planteando techos verde extensivos convencionales y techos verdes extensivos con materiales de origen natural.
- Materiales que se pueden comparar respecto a su construcción, comportamiento, funcionamiento y costos para prototipos de techos verdes extensivos.

❖ **Unidad de estudio:** Prototipos de techos verdes extensivos.

Prototipos A1, B1: 2 (dos) prototipos de techos verdes extensivos: de plantas sédum-mix.

Prototipos A2, B2: 2 (dos) prototipos de techos verdes extensivos: de plantas de clavelinas.

Se determinó usar 2 (dos) tipos de prototipos para cada especie de plantas, el primer prototipo a partir de materiales convencionales (prototipos A) y el segundo elaborado con materiales de origen natural (prototipos B).

Temporalidad: [marzo-julio] 2019.

Ubicación:

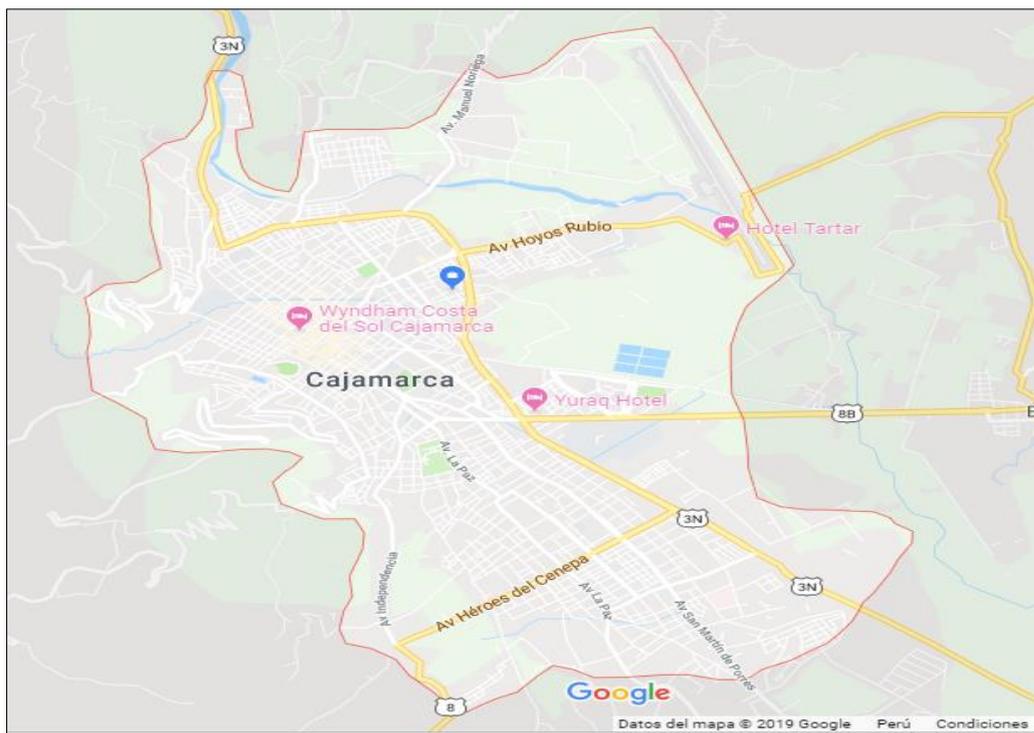


Figura 1: Mapa de la ciudad de Cajamarca

Fuente: Google, 2020

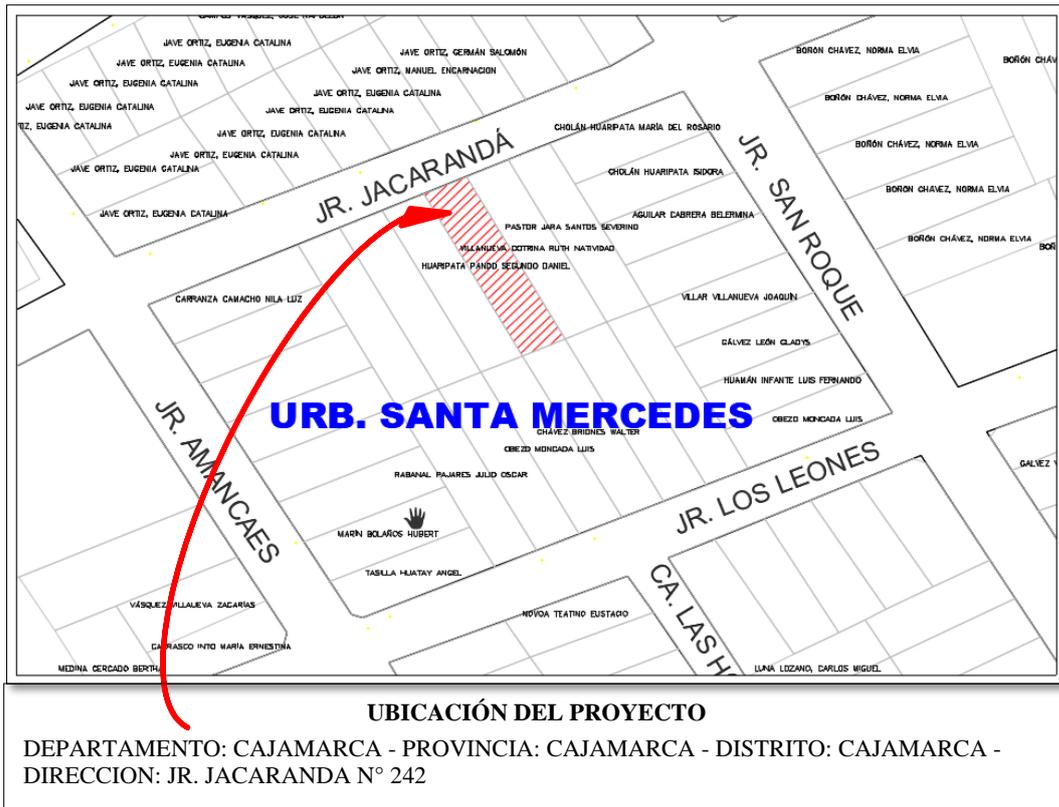


Figura 2: Ubicación del proyecto

Diseño:

Prototipo A: Materiales convencionales



Planta: Sédum-mix
 Sustrato (tierra, abono, aserrín): 8cm
 Geotextiles de Polipropileno: 1mm
 Geonet: 5.08mm
 Geomembrana: 1.05mm

Figura 3: Diseño con materiales convencionales y planta Sédum-mix.



Planta: Clavelinas
Sustrato (tierra, abono, aserrín): 8cm
Geotextiles de Polipropileno: 1mm
Geonet: 5.08m
Geomembrana: 1.05mm

Figura 4: Diseño con materiales convencionales y planta Clavelinas

Prototipo B: Materiales de origen natural



Planta: Sédum-mix
Sustrato (tierra, abono, aserrín): 8cm
Tejido de Junco: 7.5mm
Piedra de canto rodado: 3cm
Stipa Ichu: 5cm

Figura 5: Diseño con materiales de origen natural y planta Sédum-mix



Planta: Clavelinas
Sustrato (tierra, abono, aserrín): 8cm
Tejido de Junco: 7.5mm
Piedra de canto rodado: 3cm
Stipa Ichu: 5cm

Figura 6: Diseño con materiales de origen natural y planta Clavelinas

Fotografías del proyecto

Fotografía 1: Prototipo A “Materiales convencionales”



Fotografía 2: Prototipo B “Materiales de origen natural”



Materiales

- Tierra orgánica
- Abono
- Aserrín
- Geomembrana
- Geotextil de polipropileno punzonado
- Geonet
- Membrana de Junco
- Piedras de canto rodado
- Stipa Ichu
- Manguera de 1” de diámetro
- 6 galones de 20 litros.
- Plantas: Mix Sédum y clavelinas
- Wincha

- Cámara fotográfica
- Libreta de apuntes
- Cronómetro
- Balanza
- Soldimix
- Botellas
- Navajas
- Lapiceros
- Reglas
- Hilo de pescar
- Palanas

2.5 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Para la recolección y análisis de datos en la elaboración de los prototipos para techos verdes extensivos con materiales convencionales y de origen natural, se determinó las diferentes características que debían poseer ambos prototipos (respecto a materiales y cantidades), el proceso constructivo que este debería seguir y el desarrollo de diferentes ensayos. Planteándose diferentes técnicas e instrumentos descritos a continuación.

Todo el proceso en conjunto, incluyó visita a campo para adquisición de materiales, construcción dentro de la urbe urbana, toma de datos y procesamiento en Excel, AutoCAD y S10 para analizar los datos e interpretar resultados.

a) Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica:

➤ Observación directa cuantitativa:

Se dio de modo sistemático, controlado y contó con mecanismos destinados a no tener errores de subjetividad. Fue la base de toda la investigación planteada, para ver los cambios en los materiales convencionales y de origen natural durante el tiempo de estudio en los prototipos de techos verdes extensivos.

Instrumentos:

➤ Fichas técnicas, inventarios y planos

Los instrumentos empleados fueron:

- Ficha técnica para membrana de Stipa Ichu. **(Ver anexo 01)**
- Ficha técnica para piedra de canto rodado. **(Ver anexo 02)**
- Ficha técnica para membrana de junco. **(Ver anexo 03)**
- Ficha técnica para composición del sustrato en techos verdes extensivos. **(Ver anexo 04)**
- Inventario para la construcción de prototipos de techos verdes extensivos con materiales convencionales. **(Ver anexo 05)**
- Inventario para la construcción de prototipos de techos verdes extensivos con materiales de origen natural. **(Ver anexo 06)**
- Ficha técnica para Geomembrana. **(Ver anexo 07)**
- Ficha técnica para GEONET. **(Ver anexo 08)**
- Ficha técnica para Geotextil de polipropileno punzonado. **(Ver anexo 09)**
- Planos para construcción de prototipos A y B. **(Ver anexo 10)**
- Plano de ubicación de los prototipos A1, A2, B1, B2 **(Ver anexo 11)**

b) Técnicas e instrumentos de análisis de datos

Técnica:

➤ **Procesamiento de datos.**

Consistió en el análisis en conjunto de los prototipos A1, A2, B1 y B2, a través de los datos obtenidos de los ensayos y estudios.

Instrumento:

➤ **Protocolos para ensayos:**

- **Porcentaje de agua filtrada en prototipos de techos verdes extensivos.**

Permitió determinar el porcentaje de agua filtrada y retenida. (Ver anexo 12)

- **Registro de análisis económico en prototipos de techos verdes extensivos.**

Cuantificó el costo de cada prototipo a nivel de investigación y mercado. (Ver anexo 13)

- **Ficha de especificaciones para vegetación: Plantas sédum mix y clavelinas**

La Secretaría Distrital del Ambiente – Bogotá, sugiere implementar especies nativas y consultar la guía de especies invasoras del Instituto de Investigación de Biológicos Alexander von Humboldt para evitar el uso de plantas inapropiadas. (Guía techo verde jardines verticales). (Ver anexo 14)

Resumen de técnicas en instrumentos de recolección y análisis de datos.

Tabla 1: *Resumen de técnicas en instrumentos de recolección y análisis de datos.*

Variable	Recolección de datos					Análisis de datos	
	Dimensiones	Unidad	Fuente	Técnica	Instrumento		
Independiente	Materiales de origen natural	Tipo de membranas de origen natural	Tipo	Recolección de material en visitas a campo y experimentación	Observación directa cuantitativa	* Ficha técnica para membrana de Stipa lchu * Ficha técnica para piedra de canto rodado * Ficha técnica para membrana de junco	* Comparación de resultados
		Composición del sustrato	%	Recolección y compra de material en visita a campo	Observación directa cuantitativa	* Ficha técnica para composición del sustrato en techos verdes extensivos	* Gráficas porcentuales
		Construcción	Horas	Construcción de 2 prototipos	Observación directa cuantitativa	* Inventario para la construcción de prototipos de techos verdes extensivos con materiales de origen natural * Planos para construcción de prototipos B * Plano de ubicación de los prototipos B1 y B2.	* Jerarquía y Cronometría
	Materiales convencionales	Tipo de membranas convencionales	Tipo	Compra de membranas en ferreterías	Observación directa cuantitativa	* Ficha técnica para Geomembrana * Ficha técnica para GEONED * Ficha técnica para Geotextil	* Comparación de información
		Composición del sustrato	%	Recolección y compra de material en visita a campo	Observación directa cuantitativa	* Ficha técnica para composición del sustrato en techos verdes extensivos	* Gráficas porcentuales
		Construcción	Horas	Construcción de 2 prototipos	Observación directa cuantitativa	* Inventario para la construcción de prototipos de techos verdes extensivos con materiales convencionales Planos para construcción de prototipos A. * Plano de ubicación de los prototipos A1 y A2.	* Jerarquía y Cronometría
Dependiente	Techos verdes extensivos	Agua filtrada	%	Aforo del agua filtrante en cada membrana	Observación directa cuantitativa	* Ensayos para determinar el porcentaje de agua filtrada en prototipos de techos verdes extensivos.	* Gráficas y tablas porcentuales
		Costo Unitario	m ²	Estudio económico	Observación directa cuantitativa	* Registros de análisis de costos unitarios en techos verdes extensivos	* Comparación de resultados
		Tipo de vegetación	Especie	Compra de plantas	Observación directa cuantitativa	* Ficha técnica para vegetación: plantas sédum mix y clavelinas	* Comparación de resultados
		Peso	Kg	Experimentación	Observación directa cuantitativa	* Tablas de pesos para techos verdes extensivos con materiales convencionales y de origen natural	* Comparación de resultados

2.6 Procedimiento

2.6.1 Procedimiento de recolección de datos

Identificación de los lugares de materia prima:

Visita de campo a Porcón Alto

Para llegar al lugar se partió del paradero a Bambamarca en combis mediante la carretera asfaltada hasta la altura del kilómetro 24 carretera a Bambamarca; de allí se caminó unos 20 min para llegar al lugar donde crece naturalmente el Stipa Ichu. Para la obtención se cortó con una hoz y con mucho cuidado se colocó en un saco para poder transportarlo.

Fotografía 3: Recolección de Stipa Ichu



Tabla 2: *Características de la zona de extracción del Stipa Ichu*

CARACTERISTICAS DE LA ZONA	
Coordenadas Este	765856.820
Coordenadas Norte	9219624.931
Altura	3600 m.s.n.m
Referencia	Porcón Alto

Extracción de piedra de canto rodado de la cantera Chonta

Se partió del cruce de la Av. Hoyos Rubio y la Av. Vía de Evitamiento Norte de la ciudad de Cajamarca, el recorrido fue en combis mediante la carretera asfaltada hasta el kilómetro 5 altura del cementerio de Otuzco, desde ahí caminar unos 5 minutos hasta el Río Chota de donde se extrajo piedra de canto rodado seleccionado (16 – 32 mm de diámetro).

Fotografía 4: Extracción de piedra de canto rodado



Tabla 3: *Características de la cantera Chonta*

CANTERA CHONTA	
Coordenadas Este	779652.440
Coordenadas Norte	9207552.620
Altura	2662 m.s.n.m
Referencia	Otuzco

Elaboración artesanal

Se mandó a elaborar 2 tejidos de Junco partido de 1 m², en uno de los artesanos del centro poblado de Otuzco, ciudad Cajamarca.

Fotografía 5: Tejido de Junco con dimensiones de 1m x 1m



Elaboración de bandejas y soportes

Se mandó a construir 5 bandejas con sus respectivos soportes de plancha galvanizada y tubos cuadrados de 1 pulgada. En el taller de estructuras metálicas “Manos Maestras” ubicado en la provincia y distrito de Cajabamba, Jr. Silva S/N.

Fotografía 6: Tejido de Junco con dimensiones de 1m x 1m



Extracción de material orgánico

Para llegar hasta Chamis lugar de donde se extrajo la tierra orgánica, se optó por usar combis tomando como partida el puente Huánuco, hasta el puesto de salud con un aproximado de 6 km. La tierra más adecuada es la de color negra o marrón y su extracción fue manualmente.

Fotografía 7: Extracción de la tierra



Tabla 4: Características del lugar

CHAMIS	
Coordenadas Este	769329
Coordenadas Norte	9211077
Altura	3254 m.s.n.m
Referencia	Puesto de Salud Chamis

Plantas

Se hizo el pedido de las plantas (Sédum-mix y clavelinas) al vivero “CultivArte” ubicado en la Av. Ventanillas de Otuzco A-3 Costado del Jardín 126.

Fotografía 8: Plantas Sédum-Mix



Fotografía 9: Plantas Clavelinas



Adquisición de materiales convencionales y otros

Todos estos materiales se obtuvieron de la ferretería “Geoserving Eirl” ubicado en el Jr. Los duraznos 257.

2.6.2 Procedimiento de análisis de datos

2.6.2.1 Construcción de prototipos

Prototipo A: Materiales convencionales

Se empleó dos de este prototipo y para ello se tuvo en cuenta los siguientes pasos:

Paso 1: Se construyó el soporte metálico en forma de una mesa cuadrada de un 1m x 1m y una altura de 0.80 m; esta mesa estará graduada a 5°, 10° y 15°.

Fotografía 10: Soporte metálico de 1m x 1m



Paso 2: Se construyó el soporte base de plancha de acero galvanizado de 1m x 1m; en la cual sostendrá todas las capas.

Fotografía 11: Soporte base de 1m x 1m



Paso 3: Se colocó la membrana impermeable (Geomembrana) en todo el soporte base, teniendo en cuenta que esta capa es la primera y debió cubrir hasta la capa de vegetación.

Fotografía 12: Perforando la bandeja a un diámetro de 2 cm por donde va a circular el agua que pueda filtrar



Fotografía 13: Doblando la Geomembrana para que pueda entrar dentro de la bandeja



Fotografía 14: Pegando con soldimix los espacios por donde pueda escapar el agua



Paso 4: Se colocó la capa de drenaje, para ello se usó un 1 m² de Geonet.

Fotografía 15: Cortando 1m x 1m de Geonet (capa de drenaje)



Fotografía 16: Colocando la capa de drenaje (Geonet) cortado dentro de la bandeja



Paso 5: Se instaló la capa de filtración, para ello se usó un 1 m² de Geotextiles de Polipropileno Punzonado.

Fotografía 17: Ubicando la siguiente capa que de filtración después de la capa de drenaje



Paso 6: En este paso se colocó la capa de sustrato, para el cual fue necesario 50 kg para obtener un espesor de 8 cm.

Fotografía 18: Colocación de una capa de aserrín (1 cm de espesor)



Fotografía 19: Pesando el material orgánico y la tierra para luego ser mezcladas (20% y 80% respectivamente)



Fotografía 20: Señalando hasta que altura debe ir el sustrato



Fotografía 21: Colocación del sustrato bien mezclado sobre la capa de aserrín



Paso 7: Para la siembra de plantas se usó la forma:

Plantación por siembra de plantas: Para esta actividad el sustrato estuvo humedecido. Esto consistió en practicar orificios con un diámetro y profundidad acorde al tamaño de las raíces de la planta de Sédum-mix y Claveles.

Fotografía 22: Siembra de las plantas Sédum-mix a una distancia de 10 cm entre planta



Prototipo B: Materiales de origen natural

Para la construcción de este prototipo se tendrá en cuenta los siguientes pasos:

Paso 1: Se construyó el soporte metálico en forma de una mesa cuadrada de un 1m x 1m y una altura de 0.80 m; esta mesa estará graduada a 5°, 10° y 15°.

Paso 2: Se construyó el soporte base de plancha de acero galvanizado de 1m x 1m; en la cual sostendrá todas las capas.

Paso 3: Se colocó la membrana impermeable (Stipa Ichu) en todo el soporte base, teniendo en cuenta que esta capa es la primera.

Fotografía 23: Elaboración de la membrana a base de Stipa Ichu



Fotografía 24: Realizando la prueba de impermeabilidad para obtener el espesor adecuado



Fotografía 25: No filtra nada de agua después de haber probado varias veces, entonces trabajamos con un espesor de 5 cm



Fotografía 26: Colocación de las membranas de *Stipa Ichu* dentro de las bandejas



Paso 4: Se colocó la capa de drenaje, para ello se usó grava de 16 – 32 mm de diámetro.

Fotografía 27: Colocación de la capa de drenaje con piedra de canto rodado traído de la cantera el Chonta; llegando a tener 3 cm de espesor dicha capa.



Paso 5: Se instaló la capa de filtración, para ello se usó un 1 m² de Tejido de junco.

Fotografía 28: Ubicando la capa de filtración después de la capa de drenaje, el cual es un tejido de junco y tiene un espesor de 1 cm



Paso 6: En este paso se colocó la capa de sustrato, el cual tubo 20% de material orgánico y 80% de material inorgánico con un espesor de 8 cm.

Fotografía 29: Mezclando el material orgánico e inorgánico



Paso 7: Para la siembra de plantas se usó la forma:

Plantación por siembra de plantas: Para esta actividad el sustrato estuvo humedecido. Esto consistió en practicar orificios con un diámetro y profundidad acorde al tamaño de las raíces de la planta de Sédum-mix y Claveles.

2.6.2.2 Comportamiento de los materiales

Porcentaje de agua filtrada: Generalidades principales para tener en cuenta en el desarrollo del ensayo para el prototipo de tipo B.

- ✓ Pendiente: 5%.
- ✓ Dimensiones del soporte: 0.75m x 0.45 m.
- ✓ Sisma de regadío: simulación de lluvia.
- ✓ Volumen de agua a utilizar por ensayo: 22.50 litros.

Fotografía 30: Realización del ensayo con todo el sistema completo (Stipa Ichu, Piedra de canto rodado y sustrato)



Fotografía 31: Se puede observar el volumen de agua que entra, que sale y lo que se filtra.



Fotografía 32: Sistema completo del ensayo



Fotografía 33: Después de haber realizado el ensayo como quedaron cada una de las capas del sistema de techos verdes extensivos con materiales de origen natural.



2.6.2.3 Funcionamiento en conjunto del sistema constructivo de techos verdes extensivos

Capa impermeabilizante y protección anti-raíces:

Generalmente se consigue la hermeticidad del techo, es decir la capa impermeable de desviación del agua, al mismo tiempo que la protección contra la perforación de las raíces (Gernot, 2015).

En países donde se construyen los techos ecológicos, se coloca una membrana de bitumen que, aunque pueden ser dañadas por los rayos ultravioletas y tornillos o cualquier otro elemento que la perfora, es protegida por el mismo suelo o sustrato y la vegetación sobre ella (Vidal, 2009).

Capa de drenaje:

Según Gernot, 2015; la capa de drenaje tiene como cometido, tanto dirigir el agua excedente, como hasta cierto grado, almacenar agua. Sobre todo, son aptos los materiales minerales porosos y livianos, granos gruesos, arcilla expandida, pizarra expandida, lava expandida, piedra pómez y materiales reciclados de escoria y ladrillo. Para alcanzar el efecto de almacenaje deseado, de 15 - 25 en porcentaje de volumen, los materiales deben ser preponderantemente de poros abiertos. Por ese motivo se utiliza, por ejemplo, arcilla expandida principalmente en situación fraccionada. En techos planos y en losas muy poco inclinados, la capa de drenaje se cubre con un fieltro o tela. Éste impide que el sustrato se haga lodo y se pase a la capa de drenaje.

Capa de filtro:

Generalmente se coloca una capa de filtro (usualmente en forma de tela) sobre la capa de drenaje para evitar que el sustrato obstruya la función de éste último elemento. Si se adquieren comercialmente las membranas para la construcción de techos ecológicos, la capa de filtro incluye una red de nylon que ayuda a controlar la erosión, pero también puede adquirirse la tela con la red de nylon por separado. El control de la erosión es cada vez más necesario cuando la pendiente del techo es mayor (Vidal, 2009).

Capa de sustrato:

Es la capa de soporte de la vegetación, donde se produce el trabajo de las raíces, se le llama sustrato. Sirve como materia nutriente, como almacenaje de agua y debe tener suficiente volumen de aire en poros para poder así ofrecerle a las raíces la posibilidad de anclaje. El sustrato y la vegetación tienen que armonizar entre sí (Gernot, 2015).

Además, Vidal 2009; sugiere que no es recomendable utilizar la tierra que se utiliza en los jardines para los techos ecológicos, pues la presencia de materia orgánica hace que el volumen de la tierra disminuya. Esto podría implicar un riesgo de incendio. Sin embargo, el

riesgo de incendio no es tan grande en muchos de los sistemas de techos ecológicos, pues depende del tipo de plantas que se utilice y la cantidad de agua que estas retienen en su follaje. La tierra ideal para los techos ecológicos es una con un alto contenido mineral sin arcilla, ya que esta es impermeable. Para reducir el peso de la tierra, pueden mezclarse ladrillo o lava triturados. Además, para un rápido crecimiento de la cobertura vegetal, es recomendable mezclar un abono granular de liberación prolongada.

Ordóñez y Pérez, 2015; resaltan que el sustrato de un techo verde extensivo tiene una profundidad de 8cm, consistente en una mezcla de 20% de componentes orgánicos y 80% de componentes minerales y tienen un peso específico en seco de 250 kg/m³.

Capa de vegetación:

Duarte y Moreno, 2014; indican que se pueden sembrar hortalizas implementando así una huerta en la cubierta, cuyo propósito principal es la producción agrícola; para este propósito se designan aéreas de plantación y circulación que faciliten la siembra y recolección. Para que este tipo de techos verdes sea liviano se debe sembrar cultivos con alturas máximas de 50 cm y peso de 150 kg/m² en estado saturado por lo que se recomienda utilizar las siguientes hortalizas: lechuga crespa, lechuga lisa, rábano, cebolla larga, zanahoria, cilantro, espinaca, perejil. Estas plantas son recomendadas debido a sus altos nutrientes, sus raíces poco profundas y su rápido crecimiento.

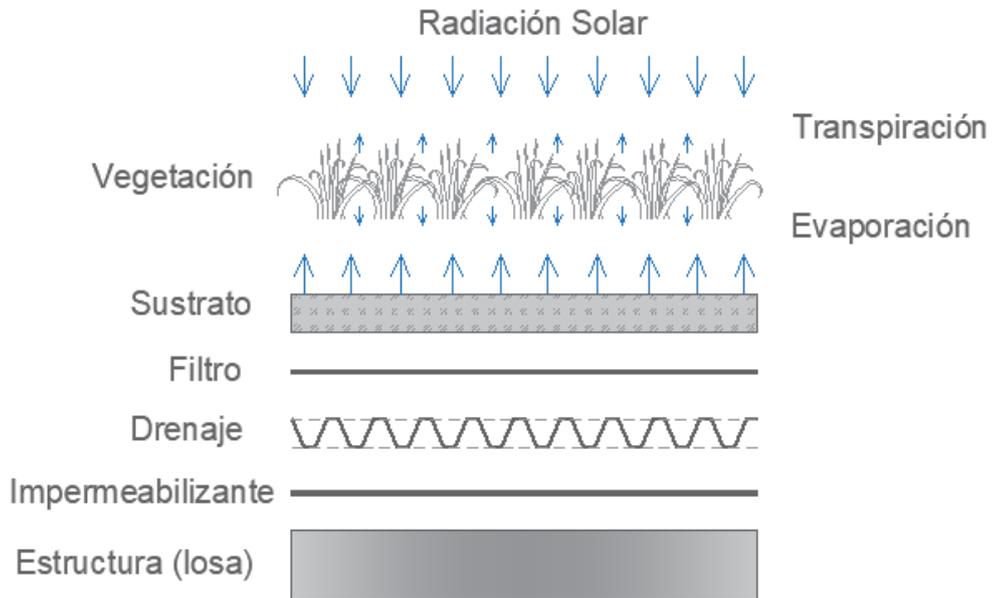
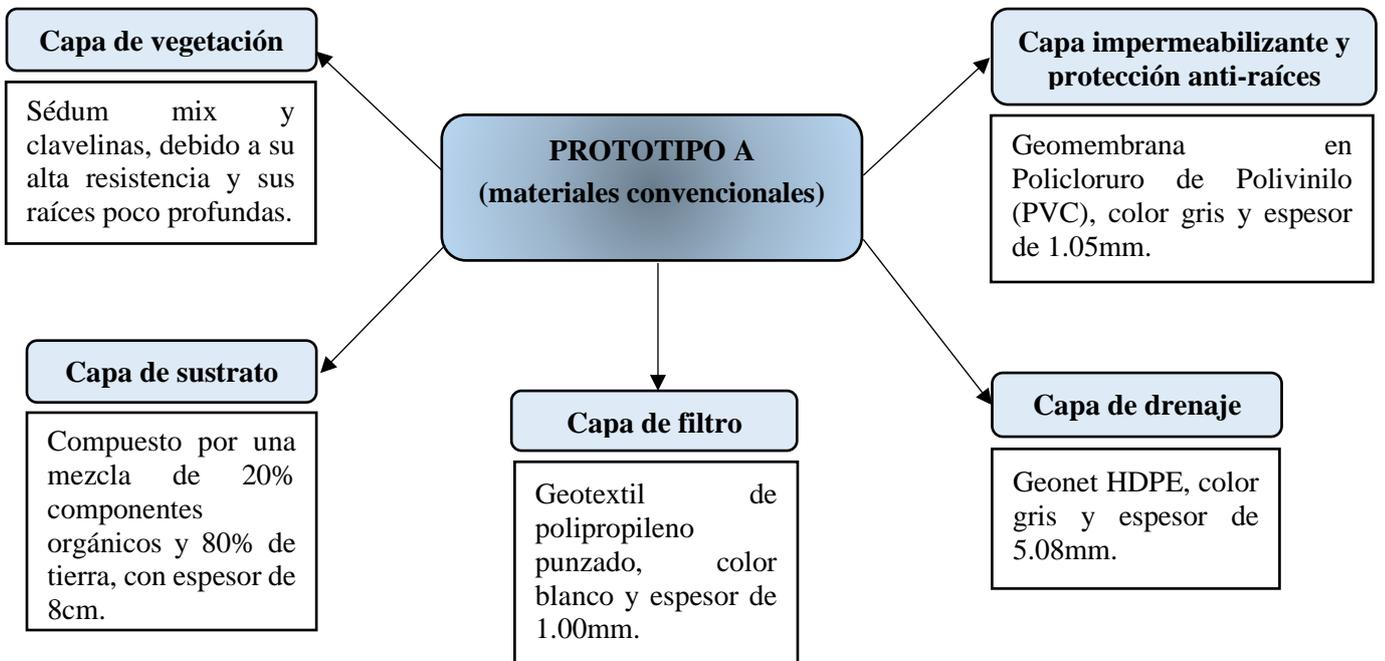
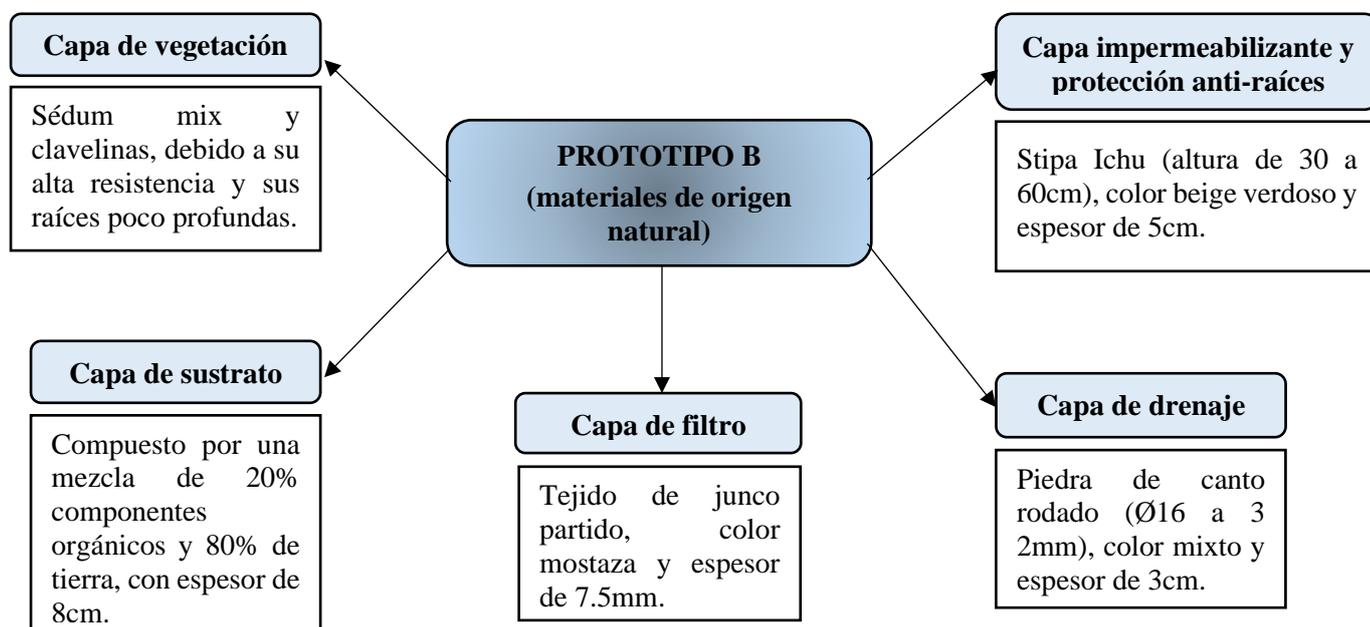


Figura 7: Componentes de un techo verde extensivo

Componentes del prototipo A:



Componentes del prototipo B:



2.6.2.4 Comportamiento del sistema constructivo de techos verdes extensivos:

Capacidad de retención de agua de lluvia:

Los techos verdes tienen la capacidad de retención de agua, almacenándola en el sustrato, donde es absorbida por las plantas y luego devuelta a la atmósfera mediante el proceso de evaporación y transpiración (Wong et al., 2003; Carter y Keeler, 2008).

Los estudios de estos investigadores demuestran que las cubiertas verdes tienen la capacidad de absorber, filtrar, retener y almacenar entre 40 y 80 por ciento de la precipitación anual que cae sobre ellas, dependiendo de la intensidad de las precipitaciones y el tipo y grosor de la capa del sustrato. Una capa de 12 cm. demora hasta 12 horas en comenzar a liberar el agua almacenada durante un evento de lluvia y continúa liberándola durante cerca de 21 horas (Scholz- Barth y Tanner, 2004), lo que ayuda a reducir la tasa de flujo y el volumen del agua en el sistema de alcantarillado (López, 2010). Además de reducir el flujo de agua, los techos verdes retardan el momento crítico de la descarga al drenaje, ya que el sustrato necesita tiempo para saturarse (Carter y Jackson, 2007).

(Gernot, 2015); en esta investigación afirma que los techos verdes llevan a la disminución de los "altos picos de agua". Según la norma alemana DIN 1986, parte 2, el coeficiente de desagüe de aguas pluviales para superficies techadas enjardinadas con un mínimo de 10 cm de espesor, es de 0.3. Esto significa, que sólo el 30% de la lluvia caída desagua y el 70% queda retenida en el techo verde o se evapora.

(Rosatto et al., 2015); estos autores manifiestan que gracias a su capacidad de retención las cubiertas saturadas pueden causar los siguientes cambios en la respuesta hidrológica:

- 1) Reducción del escurrimiento superficial por retención de parte del agua de lluvia; la diferencia entre la humedad volumétrica inicial del sustrato y la correspondiente a la capacidad de campo, es retenida en el medio poroso y posteriormente vuelve a la atmósfera por evapotranspiración.
- 2) Retardo del tiempo inicial del escurrimiento superficial debido a que la tasa de infiltración a través de la superficie del sustrato está relacionada con la conductividad hidráulica del mismo (Chow et al., 1994); una vez que el sustrato se satura, la percolación es igual a la conductividad hidráulica (Philip, 1957), y el flujo lateral hacia los desagües es función de ésta.

Carga de un techo verde extensivo:

El peso del techo verde en condiciones de saturación de agua y con las plantas plenamente desarrolladas varía en el rango de 80 kg/m² a 120 kg/m² según (Ordóñez y Pérez, 2015).

Sistematización del proceso de recolección y análisis de datos de la investigación:



Figura 8: Sistematización del proceso de recolección y análisis de datos

Aspectos éticos:

A favor de la ética se buscará en la investigación: (1) El respeto a los derechos de autor empleando los estándares APA, con citas textuales y parafraseo. (2) Velar por la integridad física y emocional de las personas involucradas en el proyecto. (3) La investigación busca contribuir a la protección del medio ambiente. (4) La investigación no solo busca resolver un vacío en el conocimiento sobre esta nueva tecnología, sino contribuir a mejorar la calidad de vida de las personas como base para desarrollar nuestra ética profesional, vinculando el ejercicio profesional con la comunidad.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Este capítulo está orientado a mostrar los principales resultados de los estudios realizados en la zona de instalación del proyecto.

Los primeros resultados estuvieron orientados a mostrarnos como se diferencian los materiales convencionales y de origen natural en la construcción de prototipos para techos verdes extensivos en la ciudad de Cajamarca y cómo interactúan los diferentes estratos en conjunto.

3.1 Respecto a la construcción de cuatro prototipos de techos verdes extensivos.

Para ello se utilizó los materiales de origen natural y los materiales convencionales, obteniendo un reporte de cada uno de ellos:

3.1.1. Materiales de Origen Natural:

3.1.1.1. Capa impermeabilizante con Stipa Ichu:

Tabla 5: Capa impermeabilizante prototipo B1-B2.

Impermeabilización y protección anti-raíces						
Material	STIPA ICHU		Origen	Nacional	SI	
Características Resaltantes	Planta herbácea, amacollada, erguida que crece en matas de textura liza.		Medidas	Diámetro (mm)	Altura (cm)	
				4	30 - 60	
			Color	Beige verdoso		
Área en estudio (m2):	1.00	Alto (m):	1.00	Ancho (m):	1.00	
Espesor de la capa (m):	0.05	Esta capa fue fijada con hilo de pescar en tramos horizontales (Prototipo B1-B2)				

La tabla N° 5, presenta el espesor de 0.05 m de Stipa Ichu que se utilizó en la capa de impermeabilización para la construcción de los prototipos B1 y B2 (materiales de origen natural); además las características más resaltantes son: planta herbácea, amacollada, erguida que crece en texturas de matas de textura liza.

3.1.1.2. Capa de drenaje con piedra de canto rodado:

Tabla 6: Capa de drenaje prototipo B1-B2

Drenaje apropiado dentro del sistema						
Material	PIEDRA DE CANTO RODADO		Origen	Nacional	SI	
Características Resaltantes	Alta capacidad de soportar cargas a compresión.		Medidas	Diámetro (mm)		
				16 - 32		
			Color	Mixtos		
Área en estudio (m2):	1.00	Prototipo B1 (Kg)	48.00	Prototipo B2 (Kg)	52.00	
Espesor de la capa (m):	0.03	Esta capa de drenaje se usa para orientar adecuadamente el flujo del agua (Prototipo B1-B2)				

La tabla N° 6, presenta el espesor 0.03 m de Piedra de canto rodado con diámetro de 16 – 32 mm; que se utilizó en la capa de drenaje para la construcción de los prototipos B1 y B2 (materiales de origen natural); además las características más resaltantes fueron: alta capacidad de soportar cargas a compresión.

3.1.1.3. Filtro con membrana de Junco:

Tabla 7: *Filtro con membrana de Junco B1-B2.*

Para filtrar el agua e impedir el paso del sustrato a capas inferiores					
Material	TEJIDO DE JUNCO PARTIDO	Origen	Nacional	SI	
Características Resaltantes	Alta capacidad de filtración y anticontaminante, al dejar pasar el agua, pero no los áridos finos.	Medidas	Ancho (m)	Largo (m)	
			1	1	
		Color	Mostaza		
Espesor de la capa (mm):	7.50	Esta membrana ha sido tejida para generar una mejor unión del junco (Prototipo B1-B2)			

La tabla N° 7, presenta el espesor 7.5 mm de Junco tejido que se utilizó en la capa de filtro para la construcción de los prototipos B1 y B2 (materiales de origen natural); además las características más resaltantes fueron: alta capacidad de filtración y anticontaminante, al dejar pasar el agua, pero no los áridos finos.

3.1.2. Materiales convencionales:

3.1.2.1. Capa impermeabilizante con geomembrana:

Tabla 8: *Capa impermeabilizante prototipo A1-A2*

Para la impermeabilización y protección anti-raíces					
Material	GEOMEMBRANA	Origen	Inorgánico	SI	
Características Resaltantes	Resistencia a la intemperie, ideal para el aislamiento de embalses y ollas de agua.	Medidas	Ancho (m)	Largo (m)	
			1	1	
Color	Gris	Espesor	1.05mm		
Área en estudio (m2):	1.00	Alto (m):	1.00	Ancho (m):	1.00
(Prototipo A1-A2)					

La tabla N° 8, presenta el espesor de 1.05 mm de Geomembrana que se utilizó en la capa de impermeabilización para la construcción de los prototipos A1 y A2 (materiales convencionales); además las características más resaltantes fueron: resistente a la intemperie, ideal para el aislamiento de embalses y ollas de agua.

3.1.2.2. Capa de drenaje con GEONET:

Tabla 9: *Capa de drenaje prototipo A1-A2*

Para el drenaje apropiado dentro del sistema						
Material	GEONET		Origen	Inorgánico	SI	
Características Resaltantes	Alta capacidad de soportar cargas de compresión, superpuesto en dos sentidos.		Medidas	Ancho (m)	Largo (m)	
				1	1	
Color	Negro		Espesor	5.08 mm		
Área en estudio (m2):	1.00	Alto (m):	1.00	Ancho (m):	1.00	
(Prototipo A1-A2)						

La tabla N° 9, presenta el espesor 5.08 mm de Geonet que se utilizó en la capa de drenaje para la construcción de los prototipos A1 y A2 (materiales convencionales); además las características más resaltantes fueron: alta capacidad de soportar cargas de compresión, superpuesto en dos sentidos.

3.1.2.3. Filtro con geotextil de polipropileno punzonado:

Tabla 10: *Filtro con geotextil prototipo A1-A2.*

Para filtrar el agua e impedir el paso del sustrato a capas inferiores						
Material	GEOTEXTIL		Origen	Inorgánico	SI	
Características Resaltantes	Alta capacidad de filtración y drenaje, Anticontaminante, Gran resistencia mecánica y antipunzonante.		Medidas	Ancho (m)	Largo (m)	
				1	1	
Color	Blanco		Espesor	1.00 mm		
(Prototipo A1-A2)						

La tabla N° 10, presenta el espesor 1.00 mm de Geotextil que se utilizó en la capa de drenaje para la construcción de los prototipos A1 y A2 (materiales convencionales); además las características más resaltantes fueron: alta capacidad de filtración y drenaje, anticontaminante, gran resistencia mecánica y antipunzonante.

3.1.3. Sustrato:

3.1.3.1. Sustrato en prototipos A1-A2 [Materiales Convencionales]:

Tabla 11: *Sustrato en prototipos A1-A2.*

Total del sustrato (Kg)	Prototipo A1		Prototipo A2	
	50.00	100%	47.50	100%
Composición	Cantidad (Kg)	Porcentaje (%)	Cantidad (Kg)	Porcentaje (%)
Tierra orgánica	40.00	80%	38.00	80%
Abono	10.00	20%	9.50	20%
TOTAL	50.00	100%	47.50	100%

La tabla N° 11, presenta el sustrato que se utilizó en el prototipo A1; mismo que estuvo compuesto por 40.00 kg de tierra orgánica y 10.00 kg de abono; expresado en porcentaje es de 80% y 20% respectivamente y también presenta el sustrato utilizado en el prototipo A2; el cual estuvo compuesto por 38.00 kg de tierra orgánica y 9.50 kg de abono; expresado en porcentaje es de 80% y 20% respectivamente.

3.1.3.2. Sustrato en prototipos B1-B2 [Materiales de Origen Natural]:

 Tabla 12: *Sustrato en prototipos B1-B2.*

Total del sustrato (Kg)	Prototipo B1		Prototipo B2	
	55.00	100%	50.50	100%
Composición	Cantidad (Kg)	Porcentaje (%)	Cantidad (Kg)	Porcentaje (%)
Tierra orgánica	44.00	80%	40.40	80%
Abono	11.00	20%	10.10	20%
TOTAL	55.00	100%	50.50	100%

La tabla N° 12, presenta el sustrato utilizado en el prototipo B1; el cual estuvo compuesto por 44.00 kg de tierra orgánica y 11.00 kg de abono; expresado en porcentaje es de 80% y 20% respectivamente y también presenta el sustrato utilizado en el prototipo B2; lo cual estuvo compuesto por 40.40 kg de tierra orgánica y 10.10 kg de abono; expresado en porcentaje es de 80% y 20% respectivamente. La altura del sustrato de cada prototipo ha sido 8.00 cm.

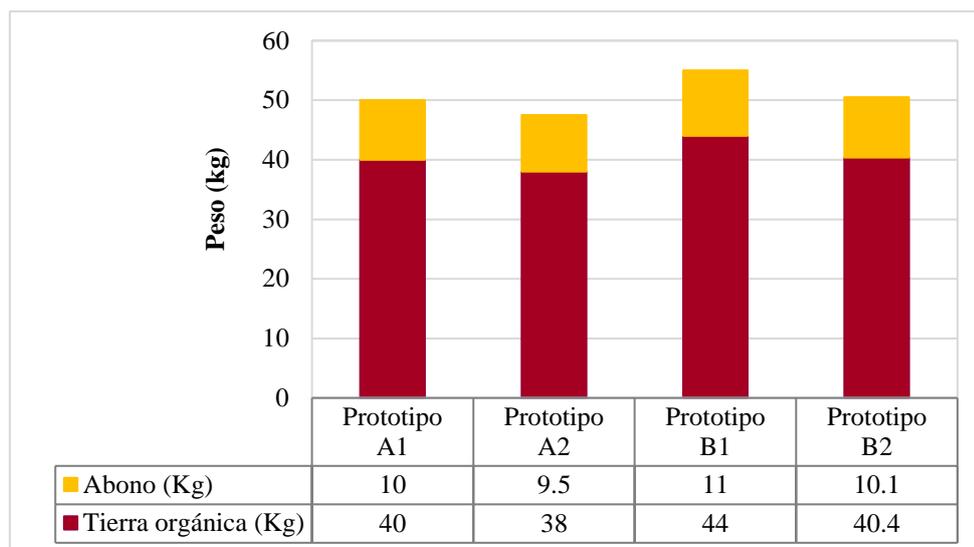


Gráfico 1: *Composición del sustrato*

3.1.4. Vegetación:

3.1.4.1. Vegetación en prototipos A1-B1 [Plantas Sédum]

Tabla 13: *Vegetación en prototipos A1-B1.*

Plantas para 1 metro cuadrado						
Variedad	Tipo de vegetación	Nombre científico	Altura			
			Bajo (Hasta 15 cm)	Medio (Hasta 80cm)	Alto (Más de 80 cm)	
	Mix sédum			SI		
Número de plantas:		81				
Distribución y separación:		10 cm				
Especies		Extensivas (Prototipo A1-B1)				

La tabla N° 13, señala que se sembró 81 plantas de Sédum mix distribuidos o separados a 10 cm c/u; esto fue tanto para los prototipos A1 y B1.

3.1.4.2. Vegetación en prototipos A2-B2 [Clavelinas]

Tabla 14: *Vegetación en prototipos A2-B2*

Plantas para 1 metro cuadrado						
Variedad	Tipo de vegetación	Nombre científico	Altura			
			Bajo (Hasta 15 cm)	Medio (Hasta 80cm)	Alto (Más de 80 cm)	
	Plantas nativas			SI		
Número de plantas:		16				
Distribución y separación:		20 cm				
Especies		Extensivas (Prototipo A2-B2)				

La tabla N° 14, señala que se sembró 16 plantas de Clavelinas distribuidos o separados a 20 cm c/u; esto fue tanto para los prototipos A2 y B2.

3.1.5. Prototipos:

3.1.5.1. Peso de los prototipos A1-A2 [MATERIALES CONVENCIONALES]

Tabla 15: *Peso de prototipos A1-A2*

Peso de los prototipos por m2		
Prototipo	Material	Peso (kg/m2)
Prototipo A	Geomembrana	1.34
	Geonet	0.73
	Geotextil	0.20
	Sustrato	48.75
	Planta	2.20
	Agua retenida	5.36
	Total	58.58

La tabla N° 15, presenta el peso de 58.58 kg/m2 que llegó a tener aproximadamente los prototipos A1 y A2 (Materiales convencionales).

3.1.5.2. Peso de los prototipos B1-B2 [MATERIALES DE ORIGEN NATURAL]

Tabla 16: *Peso de prototipos B1-B2.*

Peso de los prototipos por m ²		
Prototipo	Material	Peso (kg/m ²)
Prototipo B	Stipa Ichu	4.50
	Piedra	52.00
	Junco tejido	2.00
	Sustrato	52.75
	Planta	3.20
	Agua retenida	6.04
	Total	120.49

La tabla N° 16, presenta el peso de 120.49 kg/m² que llegó a pesar aproximadamente los prototipos B1 y B2 (Materiales de origen natural)

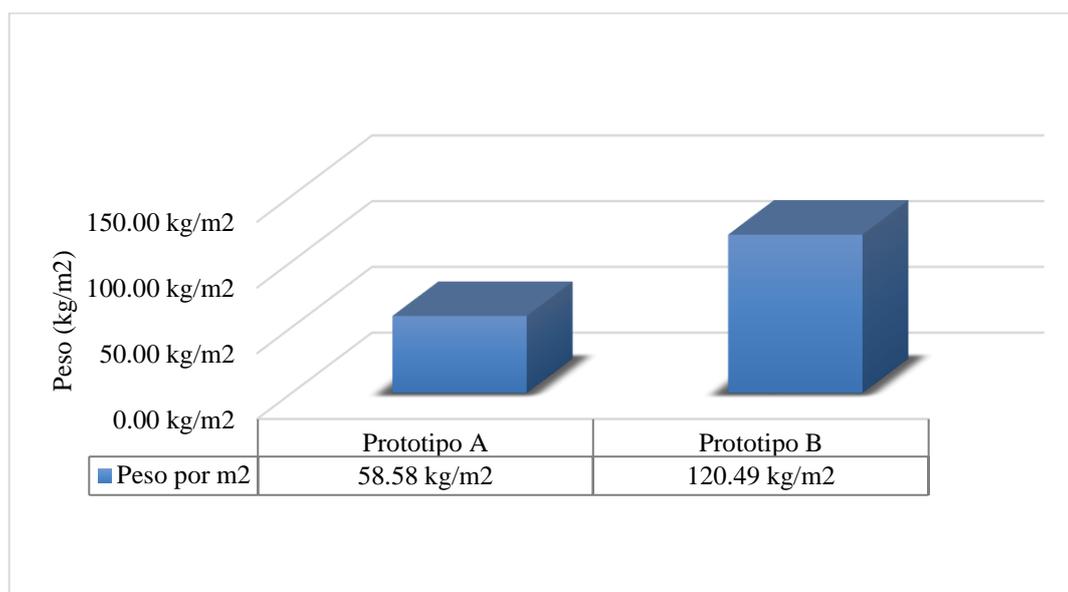


Gráfico 2: *Peso de los prototipos*

3.2 Sobre el comportamiento de los materiales convencionales y los de origen natural propios de la zona en la construcción de techos verdes.

Para ello se estudió el comportamiento de los materiales de origen natural frente a los materiales convencionales, analizando los siguientes parámetros:

3.2.1. Porcentaje de agua filtrada y retenida

3.2.1.1. Materiales de origen natural:

✓ Porcentaje de agua filtrada y retenida en Stipa Ichu

Tabla 17: *Porcentaje de agua filtrada y retenida en Stipa Ichu*

Ensayo	1	2	3	Promedio	Caudal (L/S)	Tasa (%)
Tiempo (T)	423.00	500.00	400.00	441.00	-	-
Volumen empleado (L)	22.50	22.50	22.50	22.50	0.0510	100.00
Volumen salida (L)	22.03	21.20	20.90	21.38	0.0485	95.01
Volumen filtrado (L)	0.37	0.22	0.10	0.23	0.0005	1.02
Volumen retenido (L)	0.10	1.08	1.50	0.89	0.0020	3.97

En la tabla N° 17, el porcentaje de agua filtrada y retenida fue 1.02%, 3.97% respectivamente para la capa de Stipa Ichu.

✓ Porcentaje de agua filtrada y retenida en Stipa Ichu y Piedra de canto rodado

Tabla 18: *Porcentaje de agua filtrada y retenida en Stipa Ichu y Piedra de canto rodado*

Ensayo	1	2	3	Promedio	Caudal (L/S)	Tasa (%)
Tiempo (T)	625.00	657.00	612.00	631.33	-	-
Volumen empleado (L)	22.50	22.50	22.50	22.50	0.0356	100.00
Volumen salida (L)	21.20	21.75	21.75	21.57	0.0342	95.85
Volumen filtrado (L)	0.10	0.11	0.10	0.10	0.0002	0.46
Volumen retenido (L)	1.20	0.64	0.65	0.83	0.0013	3.69

Agregando la capa de piedra de canto rodado el porcentaje de agua filtrada y retenida fue 0.46%, 3.69% respectivamente como se puede observar en la tabla N° 18.

✓ Porcentaje de agua filtrada y retenida en Stipa Ichu, Piedra de canto rodado y Junco tejido:

Tabla 19: *Porcentaje de agua filtrada y retenida en Stipa Ichu, Piedra de canto rodado y Junco tejido:*

Ensayo	1	2	3	Promedio	Caudal (L/S)	Tasa (%)
Tiempo (T)	516.00	630.00	553.00	566.33	-	-
Volumen empleado (L)	22.50	22.50	22.50	22.50	0.0397	100.00
Volumen salida (L)	22.18	22.13	22.18	22.16	0.0391	98.50
Volumen filtrado (L)	0.06	0.09	0.08	0.08	0.0001	0.34
Volumen retenido (L)	0.26	0.28	0.24	0.26	0.0005	1.16

En la tabla N° 19, el porcentaje de agua filtrada y retenida fue 0.34%, 1.16% respectivamente incorporar la capa de Junco tejido.

- ✓ Porcentaje de agua filtrada y retenida en Stipa Ichu, Piedra de canto rodado, Junco tejido y Sustrato:

Tabla 20: *Porcentaje de agua filtrada y retenida en Stipa Ichu, Piedra de canto rodado, Junco tejido y Sustrato:*

Ensayo	1	2	3	Promedio	Caudal (L/S)	Tasa (%)
Tiempo (T)	630.00	639.00	634.00	634.33	-	-
Volumen empleado (L)	22.50	22.50	22.50	22.50	0.0355	100.00
Volumen salida (L)	19.57	20.89	20.83	20.43	0.0322	90.80
Volumen filtrado (L)	0.02	0.03	0.03	0.03	0.00004	0.12
Volumen retenido (L)	2.91	1.58	1.64	2.04	0.0032	9.08

En la tabla N° 20, se presenta el porcentaje de agua filtrada y retenida del sistema en conjunto para los prototipos B (materiales de origen natural); los cuales fueron 0.12% de agua filtrada y 9.08% retenida. El sistema estuvo compuesto por: Stipa Ichu, Piedra de canto rodado, Junco tejido y Sustrato.

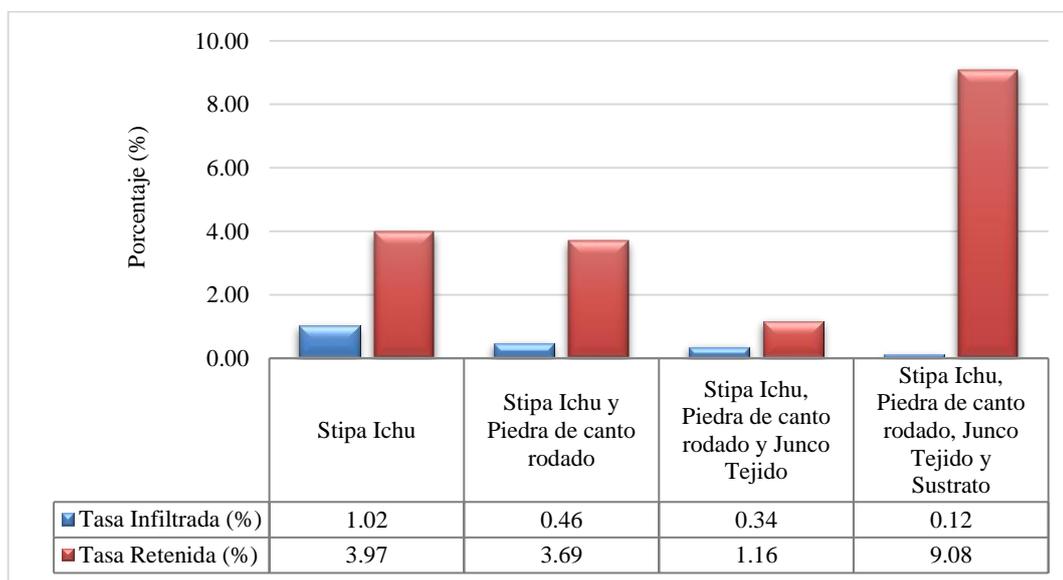


Gráfico 3: *Porcentaje de agua filtrada y retenida en Stipa Ichu, Piedra de canto rodado, Junco Tejido y Sustrato.*

3.2.1.2. Materiales Convencionales:

- ✓ Porcentaje de agua filtrada y retenida en Geomembrana, Geonet, geotextil y sustrato.

Tabla 21: *Porcentaje de agua filtrada y retenida en Geomembrana, Geonet, Geotextil y Sustrato.*

Ensayo	1	2	3	Promedio	Caudal (L/S)	Tasa (%)
Tiempo (T)	577.00	575.00	570.00	574.00	-	-
Volumen empleado (L)	22.50	22.50	22.50	22.50	0.0392	100.00
Volumen salida (L)	20.55	20.60	20.93	20.69	0.0361	91.97
Volumen filtrado (L)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00
Volumen retenido (L)	1.95	1.90	1.57	1.81	0.0031	8.03

En la tabla N° 21, se puede observar que el porcentaje de agua filtrada y retenida del sistema en conjunto para los prototipos A (materiales convencionales); fue 0.00% de agua filtrada y 8.03% retenida. El sistema estuvo compuesto por: Geonet, Geotextil y Sustrato.

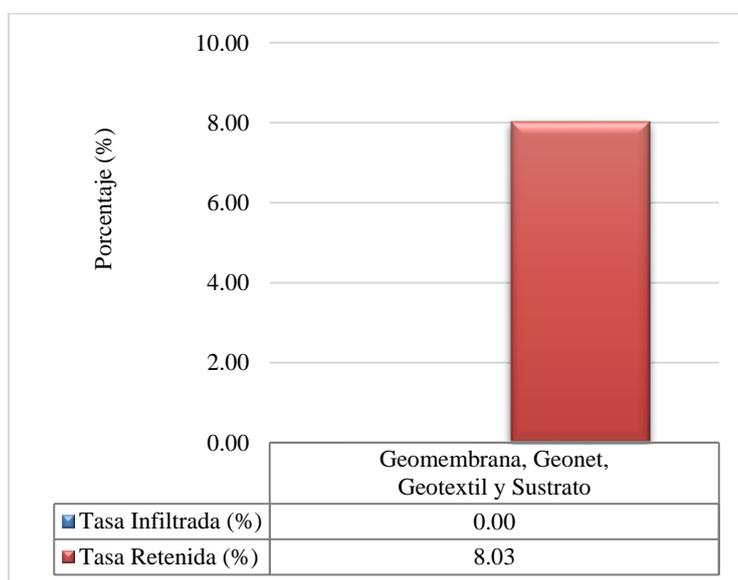


Gráfico 4: *Porcentaje de agua filtrada y retenida en Geomembrana, Geonet, Geotextil y Sustrato.*

3.3 Acerca del funcionamiento en conjunto del sistema constructivo de techos verdes extensivos.

Después de una amplia investigación teórica y en análisis a nuestros resultados, se ha establecido las siguientes funciones de los elementos que conforman los Prototipos A y Prototipos B.

Tabla 22: *Funcionamiento en conjunto del sistema constructivo de techos verdes extensivos.*

Composición de un techo verde extensivo	Materiales convencionales [Prototipos A]	Características y función	Materiales de origen natural [Prototipos B]	Características y función
Capa impermeabilizante y protección anti-raíces	Geomembrana	<p>Permite la hermeticidad total del techo.</p> <p>Alta protección ante perforaciones por raíces.</p> <p>Función: Genera una capa impenetrable para no dañar la estructura del techo.</p>	Constituida a base de Stipa Ichu	<p>Permite una apropiada hermeticidad del techo directamente proporcional al espesor de la capa.</p> <p>Baja protección ante perforaciones por raíces.</p> <p>Función: Genera una capa casi impenetrable para no dañar la estructura del techo.</p>
Capa de drenaje	Geomalla GEONET	<p>Dirige el agua excedente y la almacena en un bajo porcentaje.</p> <p>Función: Esta geomalla de gran resistencia direcciona el agua retenida en la capa de filtración (filtro) y la drena acorde al sistema de drenaje con el que se cuenta.</p>	Piedra de canto rodado	<p>Dirige el agua excedente y la almacena en un alto porcentaje.</p> <p>Función: Esta capa conformada por piedras porosas y livianas direcciona el agua retenida en la capa de filtración (filtro) y la que logra retenerse en esta misma capa (por la propiedad de saturación y capilaridad).</p>
Filtro	Geotextil de polipropileno	<p>Impide que el sustrato se sature y se haga lodo al permitir solo el pase del agua a la capa de drenaje.</p> <p>Función: Este geotextil de gran resistencia permite separar la capa de drenaje y sustrato sin mezclarlos y también ayuda a controlar la erosión del sustrato.</p>	Membrana de Junco	<p>Impide que el sustrato se sature y se haga lodo al permitir solo el pase del agua a la capa de drenaje, generando una base tensada y ramificada para el sustrato.</p> <p>Función: Esta membrana tejida a base de junco permite separar la capa de drenaje y sustrato sin mezclarlos.</p>

Sustrato	Tierra orgánica + abono	Capa de soporte para la vegetación, donde se produce el enraizamiento, generalmente está compuesto por materia orgánica y minerales. Función: Sirve como materia nutriente, como almacenaje de agua y debe poseer suficiente volumen de aire (poros) para ofrecer a si la posibilidad de anclaje a las raíces.	Tierra orgánica + abono	Capa de soporte para la vegetación, donde se produce el enraizamiento, generalmente está compuesto por materia orgánica y minerales. Función: Sirve como materia nutriente, como almacenaje de agua y debe poseer suficiente volumen de aire (poros) para ofrecer a si la posibilidad de anclaje a las raíces.
Vegetación para estudio	Sédum mix + clavelinas	Plantas con alta capacidad de resistencia a los cambios bruscos de temperatura y escasez de agua, sembradas por trasplante. Función: Son la capa vegetal, de gran belleza paisajística.	Sédum mix + clavelinas	Plantas con alta capacidad de resistencia a los cambios bruscos de temperatura y escasez de agua, sembradas por trasplante. Función: Son la capa vegetal, de gran belleza paisajística.
Vegetación para difusión de mercado	Zanahorias y lechugas	Plantas con alta capacidad de resistencia a los cambios bruscos de temperatura, de raíces poco profundas y de crecimiento rápido, es recomendable que se siembren ya germinadas para asegurar su desarrollo dentro del sistema. Función: Conforman la capa vegetal y poseen un alto valor nutricional.	Zanahorias y lechugas	Plantas con alta capacidad de resistencia a los cambios bruscos de temperatura, de raíces poco profundas y de crecimiento rápido, es recomendable que se siembren ya germinadas para asegurar su desarrollo dentro del sistema. Función: Conforman la capa vegetal y poseen un alto valor nutricional.

En la tabla N° 22, se describió las características y funciones de cada una de las capas que componen los sistemas de techos verdes extensivos; en este caso para los materiales convencionales (prototipo A) y para los materiales de origen natural (prototipo B).

3.4 Referente al análisis económico del sistema constructivo de techos verdes extensivos

3.4.1. Costo del proyecto:

Análisis de precios unitarios (APU) de los prototipos para techos verdes extensivos con materiales convencionales (Prototipos A)

Tabla 23: Análisis de precios unitarios para los prototipos A.

Partida	01 CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO CON MATERIALES CONVENCIONALES								
Rendimiento	m2/DIA	MO.	2.0000	EQ.	2.0000	Costo unitario directo por:		M2	460.15
	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra								
	OFICIAL			hh	1.0000	4.0000	14.23	56.92	
	PEON			hh	0.5000	2.0000	12.73	25.46	
								82.38	
	Materiales								
	SOPORTE Y BANDEJA METÁLICA 1m x1m			und		1.0000	222.50	222.50	
	GEONET E=5.08mm			m2		1.0000	28.00	28.00	
	GEOTEXTIL E=1.00mm			m2		1.0000	25.00	25.00	
	GEOMEMBRANA E=1.05mm			m2		1.9600	23.00	45.08	
	ABONO ORGÁNICO (20%)			m3		0.0160	95.00	1.52	
	TIERRA NATURAL (80%)			m3		0.0640	50.00	3.20	
	PLANTAS SEDUM MIX- CLAVELINAS			und		20.0000	2.50	50.00	
								375.30	
	Equipos								
	HERRAMIENTAS MANUALES			%mo		3.0000	82.38	2.47	
								2.47	

La tabla N° 23, mostró el análisis de precios unitarios (APU) del proyecto para los prototipos A, equivalente a S/. 460.15.

Análisis de precios unitarios (APU) de los prototipos para techos verdes extensivos con materiales de origen natural (Prototipos B)

Tabla 24: Análisis de precios unitarios para los prototipos B.

Partida	02 CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO CON MATERIALES DE ORIGEN NATURAL								
Rend.	m2/DIA	MO.	1.5000	EQ.	1.5000	Costo unitario directo por:		M2	410.46
	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra								
	OFICIAL			hh	1.0000	5.3333	14.23	75.89	
	PEON			hh	0.5000	2.6667	12.73	33.95	
								109.84	
	Materiales								
	SOPORTE Y BANDEJA METÁLICA 1m x1m			und		1.0000	222.50	222.50	
	PIEDRA DE CANTO RODADO E=0.03m (Ø 16 - 32mm)			m3		0.0300	70.00	2.10	
	TEJIDO DE JUNCO PARTIDO E=7.5mm			m2		1.0000	15.00	15.00	
	STIPA ICHU E=0.05m			trc		2.0000	1.50	3.00	
	ABONO ORGÁNICO 20%			m3		0.0160	95.00	1.52	
	TIERRA NATURAL 80%			m3		0.0640	50.00	3.20	
	PLANTAS SEDUM MIX- CLAVELINAS			und		20.0000	2.50	50.00	

				297.32
Equipos				
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	3.0000	109.84	3.30
				3.30

La tabla N° 24, mostró el análisis de precios unitarios (APU) del proyecto para los prototipos B, equivalente a S/. 410.46.

3.4.2. Costo a nivel de mercado

Análisis de precios unitarios (APU) de los techos verdes extensivos con materiales convencionales

Tabla 25: *Análisis de costos unitarios por m2 para techos verdes extensivos con materiales convencionales*

Partida	01 CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO CON MATERIALES CONVENCIONALES									
Rendimiento	m2/DIA	MO.	2.0000	EQ.	2.0000	Costo unitario directo por:	M2	190.65		
	Descripción Recurso					Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra									
	OFICIAL					hh	1.0000	4.0000	14.23	56.92
	PEON					hh	0.5000	2.0000	12.73	25.46
										82.38
	Materiales									
	GEONET E=5.08mm					m2		1.0000	28.00	28.00
	GEOTEXTIL E=1.00mm					m2		1.0000	25.00	25.00
	GEOMEMBRANA E=1.05mm					m2		1.9600	23.00	45.08
	ABONO ORGÁNICO 20%					m3		0.0160	95.00	1.52
	TIERRA NATURAL 80%					m3		0.0640	50.00	3.20
	SEMILLA (lechuga, zanahoria)					bls		2.0000	1.50	3.00
										105.80
	Equipos									
	HERRAMIENTAS MANUALES					%mo		3.0000	82.38	2.47
										2.47

La tabla N° 25, mostró el análisis de precios unitarios (APU) a nivel de mercado para los prototipos A, equivalente a S/. 190.65.

Análisis de precios unitarios (APU) de los techos verdes extensivos con materiales de origen natural

Tabla 26: *Análisis de costos unitarios por m² para techos verdes extensivos con materiales de origen natural*

Partida	02	CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO CON MATERIALES DE ORIGEN NATURAL							
Rend.	m2/DIA	MO.	1.5000	EQ.	1.5000	Costo unitario directo por:	M2	140.96	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.				
Mano de Obra									
OFICIAL	hh	1.0000	5.3333	14.23	75.89				
PEON	hh	0.5000	2.6667	12.73	33.95				
					109.84				
Materiales									
PIEDRA DE CANTO RODADO E=0.03m (Ø 16 - 32mm)	m3		0.0300	70.00	2.10				
TEJIDO DE JUNCO PARTIDO E=7.5mm	m2		1.0000	15.00	15.00				
STIPA ICHU E=0.05m	trc		2.0000	1.50	3.00				
ABONO ORGÁNICO 20%	m3		0.0160	95.00	1.52				
TIERRA NATURAL 80%	m3		0.0640	50.00	3.20				
SEMILLA (lechuga, zanahoria)	bls		2.0000	1.50	3.00				
					27.82				
Equipos									
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	109.84	3.30				
					3.30				

La tabla N° 26, mostró el análisis de precios unitarios (APU) a nivel de mercado para los prototipos B, equivalente a S/. 140.96.

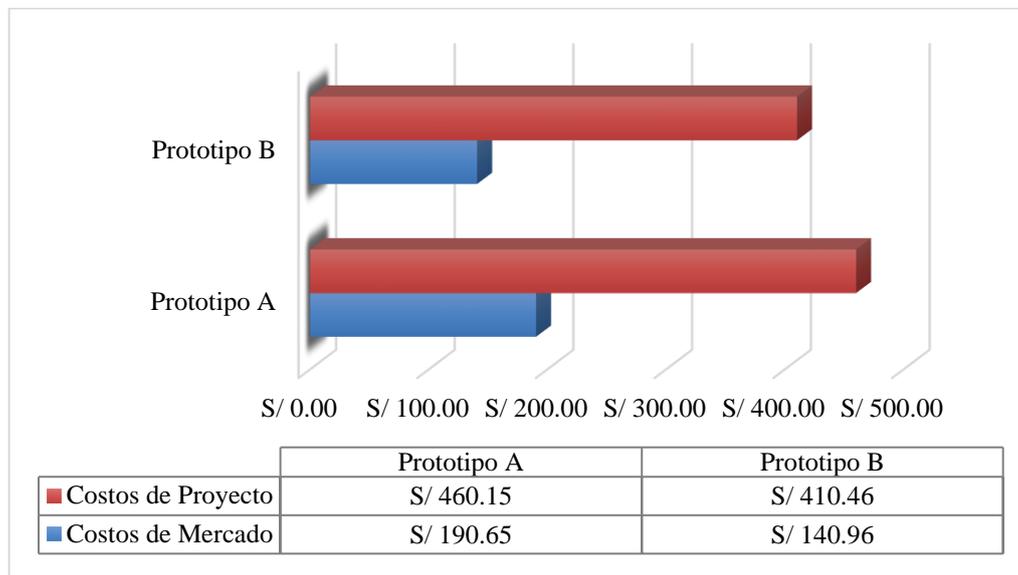


Gráfico 5: *Comparación de costos*

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 DISCUSIÓN:

4.1.1 Respecto a la construcción de cuatro prototipos de techos verdes extensivos.

- ❖ Se han construido cuatro prototipos de techos verdes extensivos debido a que:
En Colombia, Morales, Cristancho y Baquero, (2017) determinaron que “Los techos verdes extensivos son los más utilizados en comparación con los techos de tipo intensivo y semi-intensivo” (p. 184). Del 100 % de los techos verdes que se construyen el 91.0 % de ellos son del tipo extensivo. En nuestra investigación los techos verdes extensivos fueron denominados prototipos A1, A2, B1 y B2.
- ❖ Para la capa de impermeabilización y protección de raíces se emplearon Stipa Ichu para las membranas de origen natural y Geomembrana para las membranas convencionales; la primera membrana como una propuesta innovadora; siendo un material comúnmente utilizado desde años atrás y hasta la actualidad en los techos de viviendas con bajos recursos económicos, la segunda en sugerencia de una investigación colombiana que plantean que la frecuencia de uso de geomembrana para la capa de impermeabilizante es de 10.3 %. (Morales, Cristancho y Baquero, 2017, p. 186). Ambas membranas tienen como finalidad evitar que el agua afecte al techo en el cual será ubicado.
- ❖ En la capa de drenaje se ha empleado piedra de canto rodado para las membranas de origen natural y Geonet para las membranas convencionales; la primera membrana como una propuesta innovadora y en sugerencia de una investigación colombiana que plantean que la frecuencia del uso de piedra para la capa de drenaje es de 17.7 %. (Morales, Cristancho y Baquero, 2017, p. 186). Estas capas

reducen la permeabilidad del techo y esta función es visible en el análisis de los ensayos del porcentaje de agua filtrada.

- ❖ Respecto a la capa de filtro se ha optado por un tejido de Junco; material propio de la zona con el objetivo de tener una gran similitud al Geotextil permitiendo que las partículas finas del sustrato se laven sin que pasen al drenaje.
- ❖ La relación ideal de la capa de sustrato para un techo verde extensivo debe ser: 80% de tierra y 20% abono tal como sugieren (Ordóñez y Pérez, 2015, p. 14). Por otro lado, la altura apropiada para este tipo de techo extensivo oscila entre 3.9 y 15.0 cm, según resultados obtenidos por Morales, Cristancho y Baquero, (2017). En nuestros prototipos construidos se optó por una altura de 8.0 cm.
- ❖ En México, Ordóñez y Pérez, (2015) establecieron que “El peso del techo verde en condiciones de saturación de agua y con las plantas plenamente desarrolladas varia en el rango de 80 kg/m² a 120 kg/m²”. En nuestra investigación el peso del prototipo A (materiales convencionales) es de 58.58 kg/m² y el peso del prototipo B (materiales de origen natural) es de 120.49 kg/m²; teniendo en cuenta que dichos pesos son sin considerar las plantas.

4.1.2 Sobre el comportamiento de los materiales convencionales y los de origen natural propios de la zona en la construcción de techos verdes.

- ❖ Para el estudio de los materiales convencionales y de origen natural se ha realizado el estudio en conjunto de su comportamiento dentro de los techos verdes extensivos a través del análisis del porcentaje de agua filtrada y retenida que presentaron. Los materiales de origen natural (Stipa Ichu, Piedra de canto rodado, Junco tejido y Sustrato) obtuvieron un porcentaje de agua filtrada del

1.02%, 0.46%, 0.34% y 0.12% respectivamente a comparación con los materiales convencionales (Geomembrana, Geonet, Geotextil y Sustrato) que obtuvieron un 0.00% de agua filtrada; de esto se puede decir que la capa de Stipa Ichu a un inicio dejó pasar agua, luego con la unión de las demás capas está fue compactándose permitiendo una capa impermeable evitando dejar pasar el agua.

- ❖ El agua retenida en los materiales de origen natural (Stipa Ichu, Piedra de canto rodado, Junco tejido y Sustrato) en porcentajes fueron de 3.97%, 3.69%, 1.16% y 9.08% respectivamente, para los materiales convencionales (Geomembrana, Geonet, Geotextil y Sustrato) se obtuvieron un 8.03% de retención; sobre estos resultados se puede afirmar que un sistema de techo verde extensivo con materiales de origen natural puede retener mucha más agua por la misma naturaleza de los materiales.
- ❖ El arquitecto Gernot, en su investigación techos verdes (Planificación, ejecución, consejos prácticos) señala que “para superficies techadas enjardinadas con un mínimo de 10 cm de espesor sólo el 30% de la lluvia caída desagua y el 70% queda retenida en el techo verde o se evapora”. Esto en comparación con los resultados obtenidos varía por los siguientes factores: el espesor con el cual se ha trabajado es de 8 cm, los datos son sin la cobertura vegetal y por último se desarrolló el análisis en un área de 0.75m x 0.45m.

4.1.3 Acerca del funcionamiento en conjunto del sistema constructivo de techos verdes extensivos.

- ❖ En la capa impermeabilizante y protección anti-raíces de los prototipos A y B de techos verdes extensivos, se observó que la Geomembrana permite la

hermeticidad total del techo a diferencia de la capa constituida a base de Stipa Ichu que para lograr una hermeticidad total debe poseer espesores considerablemente anchos, a mayor espesor mayor hermeticidad, otro factor importante es que el tiempo que podría permanecer la capa de Stipa Ichu funcionando es de cerca de 6 meses, frente a los años que duran las Geomembranas, pero al ser un material ecológico genera múltiples beneficios a largo plazo.

- ❖ Respecto a la capa de drenaje para los prototipos Ay B la Geomalla GEONET junto a la Piedra de canto rodado dirigen el agua excedente y la almacenan, siendo la Piedra de canto rodado la que almacena agua en un mayor porcentaje, logrando así que al igual que la geomalla GEONET se direcciona el agua retenida en la capa de filtración (filtro), respecto al tiempo de vida ambos duran años dentro del sistema, pero la Piedra de canto rodado es la que genera beneficios ecológicos a largo plazo.
- ❖ Sobre el filtro para los prototipos A y B el Geotextil de polipropileno y la Membrana de Junco desempeñan una función equitativa al evitar que el sustrato se sature y se haga lodo al permitir solo el paso del agua hacia la capa de drenaje, la desventaja es el tiempo de vida que presenta una Membrana de Junco es de cerca de 5 meses siendo mucho menor a los años que duran los geotextiles, pero al ser el Junco un material de origen natural y ecológico sus beneficios a largo plazo son incalculables.
- ❖ Tanto en los prototipos A y B se ha determinado que el Sustrato debe estar compuesto por tierra orgánica y abono, siendo así un soporte para las plantas, un lugar apropiado para el enraizamiento y a la vez la base para la materia nutriente e hidratante de la vegetación.

- ❖ Tomando en cuenta la vegetación para desarrollar el estudio (Sédum mix y clavelinas), se determinó que las plantas que conforman el Sédum mix presentan una altísima resistencia a los cambios bruscos de temperatura y escasez de agua en comparación a las clavelinas las cuales requieren de cuidados permanentes, pero definitivamente ambas dotan de gran belleza paisajística el entorno, su siembra debe darse por trasplante.
- ❖ Sobre la vegetación para difusión de mercado (zanahorias y lechugas), estas plantas cuentan con una alta capacidad de resistencia a los cambios de temperatura, son de crecimiento rápido y poseen un alto valor nutricional, en ambas especies se recomienda que se siembren ya germinadas.

4.1.4 Referente al análisis económico del sistema constructivo de techos verdes extensivos.

- ❖ Según los datos obtenidos para el sistema de techos verdes con materiales convencionales el costo de mercado por m² para los prototipos A, es de S/. 190.65. Siendo mucho mayor al costo teórico presentado en la investigación “Propuesta de implementación del uso de techos verdes con geomembrana importada de estados unidos en el distrito de san miguel, para cumplir con la meta 8 de biodiversidad de Aichi”; donde (...) “se ha elaborado un costo aproximado de S/. 80 por m² para dicha implementación, obteniendo un total de S/. 2,240 por 28 m²” (Salas, 2017), considerando los materiales como: membrana, estructura de drenaje, sustrato y vegetación.

- ❖ En cuanto al sistema de techos verdes extensivos con materiales de origen natural el costo de mercado por m² aproximado para los prototipos B es de S/. 140.96.
- ❖ Haciendo la comparación entre los dos tipos de prototipos el más económico fue los de materiales de origen natural; acertando en la propuesta de enfoque de la investigación.
- ❖ Sobre los costos a nivel de investigación estos han sido muy elevados debido a que se optó por adicionar soportes metálicos y bandejas especiales para el análisis de los prototipos estudiados; siendo el costo de los prototipos S/. 460.15 y S/. 410.46 respectivamente para cada uno los modelos (A1-A2) y (B1-B2).

4.2 CONCLUSIONES:

- ❖ Habiendo analizado los resultados, se cumple la hipótesis y se desarrolla el objetivo general de la investigación ya que los materiales convencionales y de origen natural para la construcción de los prototipos (A y B) de techos verdes extensivos, presentan similar comportamiento, funciones y costos.
- ❖ En la construcción de los cuatro (04) prototipos de techos verdes extensivos, se ha denominado prototipos A1 y A2 a los techos verdes extensivos con materiales convencionales y prototipos B1 y B2 a los techos verdes extensivos con materiales de origen natural.
- ❖ En el análisis del comportamiento de los materiales convencionales y los de origen natural para la construcción de los prototipos A y B, los materiales de origen natural (Stipa Ichu, Piedra de canto rodado, Junco tejido y Sustrato) han obtenido un porcentaje de agua filtrada del 0.12% y una retención del agua de

9.08% y los materiales convencionales (Geomembrana, Geonet, Geotextil y Sustrato) han presentado un 0.00% de agua filtrada y una retención del agua en un 8.03%.

- ❖ Durante la explicación de las características y el funcionamiento en conjunto de cada una de las capas y estratos que componen el sistema constructivo de techos verdes extensivos, se ha determinado que tanto los materiales convencionales como los de origen natural (estandarizados y propuestos), presentan funciones de gran semejanza, siendo las desventajas el tiempo de vida de los materiales convencionales frente a los naturales, pero resaltando enormemente el impacto ecológico que genera el uso de materiales de origen natural.
- ❖ En el análisis económico del sistema constructivo de techos verdes extensivos a nivel de investigación y mercado, los costos de investigación han sido muy elevados pero los costos propuestos para su producción son factibles determinándose que el costo de mercado por m² para los prototipos A, es de S/. 190.65 y el costo de mercado por m² aproximado para los prototipos B es de S/. 140.96; siendo así por m² los techos verdes extensivos de origen natural (Prototipos B) un 26.23 % más económicos que los convencionales.

Limitaciones:

- ❖ Se ha establecido como limitaciones la carencia de bases teóricas sobre investigaciones referentes al uso de materiales de origen natural como Stipa Ichu y Junco partido, como capas de un sistema de techo verdes extensivos.

Implicancias:

- ❖ Se determinó como implicancia el tiempo de vida de los materiales de origen natural frente a los convencionales debido a que por su propia naturaleza se degeneran rápidamente durante su vida útil; y sobre la metodología práctica de aplicación, los prototipos desarrollados deben ser ubicados sobre losas de concreto con pendientes ligeras para un correcto funcionamiento del sistema de techo verdes extensivos.

Recomendaciones:

- ❖ Se ha planteado que, para implementar el sistema desarrollado en la investigación, las pendientes apropiadas en los techos de losas de concreto (macizas, aligeradas, entre otras) deben encontrarse en un rango de pendientes del 1% al 3%; siendo el máximo una pendiente de 5%.
- ❖ Respecto al uso de la cubierta vegetal, se aconseja que dependiendo del enfoque y ubicación que tenga la edificación se puede escoger entre las plantas ornamentales como las sédum para dotar de belleza paisajística la edificación, plantas nativas o plantas que permitan el desarrollo de biohuertos.
- ❖ Al ser este sistema poco conocido en nuestro contexto se recomienda poder ampliar el desarrollo de investigaciones respecto a los techos verdes extensivos y otros materiales alternativos para las capas que lo componen, sugiriendo emplear en la capa impermeabilizante, el agave americano en estado seco como un refuerzo para el Stipa Ichu.
- ❖ Dado que los miembros de ASTM International comenzaron a desarrollar normas para techos con vegetación, se sugiere el estudio e indagación de técnicas de implementación de las mismas: E2396, E2397, E2398, E2399, E2400 y E2788 (normas del Comité E60).

CAPÍTULO V: REFERENCIAS

- Álava, D. & Salgado, F. (2012). *Plan de acción para la inclusión de la agricultura urbana en techos verdes (tesis de pregrado)*. Universidad Piloto de Colombia, Bogotá D.C., Colombia.
- Carter, T. & Jackson, C. (2007). *Vegetated roofs for storm water management at multiple spatial scales*. *Landscape and Urban Planning*, 80 (1/2), 84- 94.
- Carter, T. & Keeler, A. (2008). *Vegetated roofs for storm water management at multiple spatial scales*. *Landscape and Urban Planning*, 80 (1/2), 84- 94.
- Duran, D. & Moreno, A. (2014). *Techos verdes en viviendas de estrato 1: aplicado al barrio Yomasa (tesis de pregrado)*. Universidad Católica de Colombia, Bogotá D.C., Colombia.
- Ibáñez, R. (2008). *Techos vivos extensivos: Una práctica sostenible por descubrir e investigar en Colombia*. En revista alarife revista de arquitectura, vol. 16. pp. 22-36.
- INEI. (2018). *Línea de base de los principales indicadores disponibles de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS)*. Recuperado de: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaless/Est/Lib1578/libro.pdf
- Inga, J. (2018). *Evaluación de la reducción del consumo de la energía eléctrica, mediante la implementación de un techo verde de tipo indirecto al interior de la I.E.P. Peruano – Alemán (tesis de pregrado)*. Universidad de Huánuco, Huánuco, Perú.
- Galindo, J. & Baigts, J. (2015). *Integración de la sostenibilidad a la enseñanza de la arquitectura para mitigar el cambio climático, ejemplo: aplicación de techos verdes en la colonia La Paz, Puebla, Pue*. En revista de Ecorfan, pp. 289-299

- Gernot, M. (2015). *Techos verdes: Planificación, ejecución, consejos prácticos*, México: Fin de siglo.
- López, M. (2010). *Un acercamiento a las cubiertas verdes*, Medellín, F.B.P.
- Morales, J ; Cristancho, M ; Baquero, G. (2017). *Tendencias en el diseño, construcción y operación de techos verdes para el mejoramiento de la calidad del agua lluvia. Estado del arte*. En revista de Ingeniería del agua, 21, pp. 179-196. Recuperado de: <https://polipapers.upv.es/index.php/IA/article/view/6939>.
- Nieto, J. & Castañeda J. (2011) *Guía de techos verdes en Bogotá*.
- Rosatt, H., et al. (2015) *Cubiertas vegetadas de tipo "extensivo", eficiencia en la retención del agua de lluvia de distinto tipo de vegetación implantada*. En Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Cuyo, 47(2), pp. 123-134.
- Ordóñez, E. & Pérez, M. (2015). *Comparación del desempeño térmico de techos verdes y techos blancos mediante técnicas IR*. En Revista del Acta Universitaria, 25(5), pp. 11-19.
- Pérez, L. (2017). *Techos verdes, una estrategia frente al cambio climático*. En revista de Investigaciones Agropecuarias, vol. 43. pp. 16-19.
- Salas, F. (2017). *Propuesta de implementación del uso de techos verdes con geomembrana importada de Estados Unidos en el distrito de san miguel, para cumplir con la meta 8 de biodiversidad de Aichi (Tesis de pregrado)*. Universidad San Martín de Porres, Lima, Perú.
- Vidal, A. (2009). *Techo ecológico en viviendas multifamiliar como opción de preservación del medio ambiente (Tesis de pregrado)*. Universidad Tecnológica de el Salvador, San Salvador.

Wong, N., et al. (2003). *Life cycle cost analysis of rooftop gardens in Singapore*. Building and Environment, 38 (3), 499- 509.

Zielinski, S. & García, M. & Vega, J. (2012). *Techos verdes: ¿Una herramienta viable para la gestión ambiental en el sector hotelero del Rodadero, Santa Marta?* En revista Gestión y Ambiente, 15, pp. 91-104.

CAPÍTULO VI: ANEXOS

Anexo N° 01: Ficha técnica para membrana de Stipa Ichu.

STIPA ICHU					
Material	STIPA ICHU		Origen	Natural	
Características Resaltantes	Planta herbácea, amacollada, erguida que crece en matas de textura liza.		Medidas	Diámetro (mm)	Altura (cm)
				4	30 - 60
			Color	Beige verdoso	
Área en estudio (m2):	1.00	Alto (m):	1.00	Ancho (m):	1.00
Espesor de la capa (m):	0.05	Esta capa fue fijada con hilo de pescar en tramos horizontales (Prototipo B1-B2)			



Anexo N° 02: Ficha técnica para piedra de canto rodado.

PIEDRA DE CANTO RODADO					
Material	PIEDRA DE CANTO RODADO		Origen	Natural	
Características Resaltantes	Alta capacidad de soportar cargas a compresión.		Medidas	Diámetro (mm)	
				16 - 32	
			Color	Mixtos	
Área en estudio (m2):	1.00	Prototipo B1 (Kg)	48.00	Prototipo B2 (Kg)	52.00
Espesor de la capa (m):	0.03	Esta capa de drenaje se usa para orientar adecuadamente el flujo del agua (Prototipo B1-B2)			



Anexo N° 03: Ficha técnica para membrana de junco.

MEMBRANA DE JUNCO					
Material	TEJIDO DE JUNCO PARTIDO		Origen	Nacional	
Características Resaltantes	Alta capacidad de filtración y anticontaminante, al dejar pasar el agua, pero no los áridos finos.		Medidas	Ancho (m)	Largo (m)
				1	1
			Color	Mostaza	
Espesor de la capa (mm):	7.50	Esta membrana ha sido tejida para generar una mejor unión del junco (Prototipo B1-B2)			



Anexo N° 04: Ficha técnica para composición del sustrato en techos verdes extensivos.

SUSTRATO				
Componentes	20% abono + 80 % minerales (tierra y otros)	Origen	Natural	
Características Resaltantes	Constituye la base para el enraizamiento de las plantas, nutrición y almacenaje de agua	Medidas	Ancho (m)	Largo (m)
			1	1
		Color	Marrón y/o café	
Espesor de la capa (cm):	8.00	Empleado en los (Prototipo A1- A2- B1-B2)		



Anexo N° 05: Inventario para la construcción de prototipos de techos verdes extensivos con materiales convencionales (Check List).

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		INVENTARIO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPOS DE TECHOS VERDES EXTENSIVOS (CHECK LIST)					
TESIS		PROTOTIPO DE TECHOS VERDES EXTENSIVOS CON MATERIALES CONVENCIONALES				A1	
UBICACIÓN		Departamento: Cajamarca		Provincia: Cajamarca		Distrito: Cajamarca	
Datos Generales del prototipo							
Área en estudio:		1 m ²					
Localización:		Jr. Jacaranda 242 - 6to piso					
Tiempo de ejecución:		1 semana					
Costo por m ² :		S/ 460.15					
(1) VEGETACIÓN							
Variedad	Tipo de vegetación	Nombre científico	Altura				
			Bajo (Hasta 15 cm)	Medio (Hasta 80cm)	Alto (Más de 80 cm)		
	Mix sedum (x)	Sedum sp.		x			
	Grass natural ()						
	Plantas nativas ()						
Número de plantas:		81					
Distribución y separación:		10 cm					
Especies		Extensivas (x)					
(2) SUSTRATO							
Peso total empleado:		kg	Porcentaje:		100%		
Composición	Tipo	Peso (kg)	Porcentaje (%)				
	Tierra natural	40.00	80				
	Abono orgánico	10.00	20				
(3) FILTRO							
Material	GEOTEXTIL	Origen	Orgánico		Inorgánico	x	
Características Resaltantes	Alta capacidad de filtración y drenje, Anticontaminante, Gran resistencia mecánica y antipunzonante.	Medidas	Ancho (m)	Largo (m)			
			1	1			
Color	Blanco	Espesor	1.00 mm				
(4) DRENAJE							
Material	GEONET	Origen	Orgánico		Inorgánico	x	
Características Resaltantes	cargas de compresión, superpuesto en dos sentidos.	Medidas	Ancho (m)	Largo (m)			
			1	1			
Color	Negro	Espesor	5.08 mm				
(5) PROTECCIÓN ANTI RAÍZ E IMPERMEABILIZACIÓN							
Material	GEOMEMBRANA	Origen	Orgánico		Inorgánico	x	
Características Resaltantes	Resistencia a la interperie, ideal para el aislamiento de embalses y ollas de agua.	Medidas	Ancho (m)	Largo (m)			
			1	1			
Color	Gris	Espesor	1.05 mm				
(6) BANDEJA PARA SOPORTE DE LA ESTRUCTURA							
Material	ACERO GALVANIZADO	Origen	Nacional		Importado	x	
Características Resaltantes	Inoxidable	Medidas	Ancho (m)	Largo (m)			
			1	1			
		Color	Plateado				
DATOS OBSERVADOS							
Responsable del inventario (1)		Responsable del inventario (2)			Docente (Asesor)		
Nombre: Alvarado Carrasco José Iván		Nombre: Jara Cruz Milagros Katherine			Nombre: Ing. Cuadros Rojas Héctor Arturo		
Fecha: Cajamarca, 13 de mayo de 2019		Fecha: Cajamarca, 13 de mayo de 2019			Fecha: Cajamarca, 13 de mayo de 2019		
Adaptado de: Nieto J. & Castañeda J. (2011) Guía de techos verdes en Bogotá.							



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		INVENTARIO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPOS DE TECHOS VERDES EXTENSIVOS (CHECK LIST)			
TESIS		PROTOTIPO DE TECHOS VERDES EXTENSIVOS CON MATERIALES CONVENCIONALES			A2
UBICACIÓN		Departamento:	Cajamarca	Provincia:	Cajamarca
				Distrito:	Cajamarca
Datos Generales del prototipo					
Área en estudio:		1 m ²			
Localización:		Jr. Jacaranda 242 - 6to piso			
Tiempo de ejecución:		1 semana			
Costo por m ² :		S/ 460.15			
(1) VEGETACIÓN					
Variedad	Tipo de vegetación	Nombre científico	Altura		
			Bajo (Hasta 15 cm)	Medio (Hasta 80cm)	Alto (Más de 80 cm)
	Mix sedum ()				
	Grass natural ()				
	Plantas nativas (x)	Lamprathus roseus		x	
Número de plantas:		16			
Distribución y separación:		20 cm			
Especies		Extensivas (x)			
(2) SUSTRATO					
Peso total empleado:		kg	Porcentaje:	100%	
Composición	Tipo	Peso (kg)	Porcentaje (%)		
	Tierra natural	38.00	80		
	Abono orgánico	9.50	20		
(3) FILTRO					
Material	GEOTEXTIL	Origen	Orgánico		
			Inorgánico	x	
Características Resaltantes	Alta capacidad de filtración y drenaje, Anticontaminante, Gran resistencia mecánica y antipunzonante.	Medidas	Ancho (m)	Largo (m)	
			1	1	
Color	Blanco	Espesor	1.00 mm		
(4) DRENAJE					
Material	GEONET	Origen	Orgánico		
			Inorgánico	x	
Características Resaltantes	cargas de compresión, superpuesto en dos sentidos.	Medidas	Ancho (m)	Largo (m)	
			1	1	
Color	Negro	Espesor	5.08 mm		
(5) PROTECCIÓN ANTI RAÍZ E IMPERMEABILIZACIÓN					
Material	GEOMEMBRANA	Origen	Orgánico		
			Inorgánico	x	
Características Resaltantes	Resistencia a la interperie, ideal para el aislamiento de embalses y ollas de agua.	Medidas	Ancho (m)	Largo (m)	
			1	1	
Color	Gris	Espesor	1.05 mm		
(6) BANDEJA PARA SOPORTE DE LA ESTRUCTURA					
Material	ACERO GALVANIZADO	Origen	Nacional		
			Importado	x	
Características Resaltantes	Inoxidable	Medidas	Ancho (m)	Largo (m)	
			1	1	
		Color	Plateado		
DATOS OBSERVADOS					
Responsable del inventario (1)		Responsable del inventario (2)		Docente (Asesor)	
Nombre: Alvarado Carrasco José Iván		Nombre: Jara Cruz Milagros Katherine		Nombre: Ing. Cuadros Rojas Héctor Arturo	
Fecha: Cajamarca, 13 de mayo de 2019		Fecha: Cajamarca, 13 de mayo de 2019		Fecha: Cajamarca, 13 de mayo de 2019	
Adaptado de: Nieto J. & Castañeda J. (2011) Guía de techos verdes en Bogotá.					



Anexo N° 06: Inventario para la construcción de prototipos de techos verdes extensivos con materiales de origen natural (Check List).

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		INVENTARIO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPOS DE TECHOS VERDES EXTENSIVOS (CHECK LIST)					
TESIS		PROTOTIPO DE TECHOS VERDES EXTENSIVOS CON MATERIALES DE ORIGEN NATURAL			B1		
UBICACIÓN		Departamento:	Cajamarca	Provincia:	Cajamarca	Distrito:	Cajamarca
Datos Generales del prototipo							
Área en estudio:		1 m ²					
Localización:		Jr. Jacaranda 242 - 6to piso					
Tiempo de ejecución:		1 semana					
Costo por m ² :		S/ 410.46					
(1) VEGETACIÓN							
Variedad	Tipo de vegetación	Nombre científico	Altura				
			Bajo (Hasta 15 cm)	Medio (Hasta 80cm)	Alto (Más de 80 cm)		
	Mix sedum (x)	Sedum sp.		x			
	Grass natural ()						
	Plantas nativas ()						
Número de plantas:		81					
Distribución y separación:		10 cm					
Especies		Extensivas (x)					
(2) SUSTRATO							
Peso total empleado:		kg	Porcentaje:		100%		
Composición	Tipo	Peso (kg)	Porcentaje (%)				
	Tierra natural	44.00	80				
	Abono orgánico	11.00	20				
(3) FILTRO							
Material	TEJIDO DE JUNCO PARTIDO	Origen	Nacional	x			
Características Resaltantes	Alta capacidad de filtración y anticontaminante, al dejar pasar el agua pero no los áridos finos.	Medidas	Ancho (m)	1			
			Largo (m)	1			
		Color	Mostaza				
(4) DRENAJE							
Material	PIEDRA DE CANTO RODADO	Origen	Nacional	x			
Características Resaltantes	Alta capacidad de soportar cargas a compresión.	Medidas	Diámetro (mm)				
			16 - 32				
		Color	Mixtos				
(5) PROTECCIÓN ANTI RAÍZ E IMPERMEABILIZACIÓN							
Material	STIPA ICHU	Origen	Nacional	x			
Características Resaltantes	Planta herbácea, amacollada, erguida que crece en matas de textura liza.	Medidas	Ancho (mm)	4			
			Largo (m)	30 - 60			
		Color	Verde				
(6) BANDEJA PARA SOPORTE DE LA ESTRUCTURA							
Material	ACERO GALVANIZADO	Origen	Nacional	x			
Características Resaltantes	Inoxidable	Medidas	Ancho (m)	1			
			Largo (m)	1			
		Color	Plateado				
DATOS OBSERVADOS							
Responsable del inventario (1)		Responsable del inventario (2)			Docente (Asesor)		
Nombre: Alvarado Carrasco José Iván		Nombre: Jara Cruz Milagros Katherine			Nombre: Ing. Cuadros Rojas Héctor Arturo		
Fecha: Cajamarca, 13 de mayo de 2019		Fecha: Cajamarca, 13 de mayo de 2019			Fecha: Cajamarca, 13 de mayo de 2019		
Adaptado de: Nieto J. & Castañeda J. (2011) Guía de techos verdes en Bogotá.							



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		INVENTARIO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPOS DE TECHOS VERDES EXTENSIVOS (CHECK LIST)					
TESIS		PROTOTIPO DE TECHOS VERDES EXTENSIVOS CON MATERIALES DE ORIGEN NATURAL			B2		
UBICACIÓN		Departamento:	Cajamarca	Provincia:	Cajamarca	Distrito:	Cajamarca
Datos Generales del prototipo							
Área en estudio:		1 m ²					
Localización:		Jr. Jacaranda 242 - 6to piso					
Tiempo de ejecución:		1 semana					
Costo por m ² :		S/ 410.46					
(1) VEGETACIÓN							
Variedad	Tipo de vegetación	Nombre científico	Altura				
			Bajo (Hasta 15 cm)	Medio (Hasta 80cm)	Alto (Más de 80 cm)		
	Mix sedum ()						
	Grass natural ()						
Plantas nativas (x)	Lamprathus roseus		x				
Número de plantas:		16					
Distribución y separación:		20 cm					
Especies		Extensivos (x)					
(2) SUSTRATO							
Peso total empleado:		kg	Porcentaje:	100%			
Composición	Tipo	Peso (kg)	Porcentaje (%)				
	Tierra natural	40.40	80				
	Abono orgánico	10.10	20				
(3) FILTRO							
Material	TEJIDO DE JUNCO PARTIDO	Origen	Nacional	x			
Características Resaltantes	Alta capacidad de filtración y anticontaminante, al dejar pasar el agua pero no los áridos finos.	Medidas	Ancho (m)	1			
			Largo (m)	1			
			Color	Mostaza			
(4) DRENAJE							
Material	PIEDRA DE CANTO RODADO	Origen	Nacional	x			
Características Resaltantes	Alta capacidad de soportar cargas a compresión.	Medidas	Diámetro (mm)				
			16 - 32				
			Color	Mixtos			
(5) PROTECCIÓN ANTI RAÍZ E IMPERMEABILIZACIÓN							
Material	STIPA ICHU	Origen	Nacional	x			
Características Resaltantes	Planta herbácea, amacollada, erguida que crece en matas de textura liza.	Medidas	Ancho (mm)	Largo (m)			
			4	30 - 60			
			Color	Verde			
(6) BANDEJA PARA SOPORTE DE LA ESTRUCTURA							
Material	ACERO GALVANIZADO	Origen	Nacional	x			
Características Resaltantes	Inoxidable	Medidas	Ancho (m)	Largo (m)			
			1	1			
			Color	Plateado			
DATOS OBSERVADOS							
Responsable del inventario (1)		Responsable del inventario (2)			Docente (Asesor)		
Nombre: Alvarado Carrasco José Iván		Nombre: Jara Cruz Milagros Katherine			Nombre: Ing. Cuadros Rojas Héctor Arturo		
Fecha: Cajamarca, 13 de mayo de 2019		Fecha: Cajamarca, 13 de mayo de 2019			Fecha: Cajamarca, 13 de mayo de 2019		
Adaptado de: Nieto J. & Castañeda J. (2011) Guía de techos verdes en Bogotá.							



Anexo N° 07: Ficha técnica para Geomembrana.

Maccaferri de México se reserva el derecho de corregir especificaciones de los productos sin notificar, por lo que los diseñadores deberán revisar y validar las especificaciones que están usando.
Actualización: FEB12

MACCAFERRI

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

MACLINE PVC 1MM

MACLINE PVC es una geomembrana en Policloruro de Polivinilo (PVC), sin soporte de gran resistencia a la intemperie. Ideal para el aislamiento de residuos contaminantes, embalses y ollas de agua.

PROPIEDADES	VALORES TÍPICOS POR ROLLO
Espesor (calibre)	0.95 – 1.05 mm
Peso Específico	1.32
Elongación a ruptura (mínima)	440 %
Tensión a ruptura (mínima)	45.5 kgf/pulg
Dureza en Shore A	85 ± 3
Estabilidad dimensional	3 %
Presentación de Rollos	2.05 x 36.58 m
Peso por unidad de área	1.341 kg
Color	Gris
Retención de propiedades al 40%	3

Notas: Los valores mostrados están en la dirección principal más débil. Los valores medios mínimos del rollo representan un nivel de la confianza 97,5%, calculado como el medio menos dos desviaciones de estándar. Cincuenta por ciento de valores de la prueba excederán el valor típico enumerado arriba. El vendedor no da más garantía, expresa o implícita, referente al producto mostrado anteriormente de que al ser entregado tendrá de la calidad y de las especificaciones indicadas adjunto. CUALQUIER GARANTÍA IMPLÍCITA DE LA APLICACIÓN PARA UN PROPÓSITO PARTICULAR EXPRESA SE EXCLUYE Y, HASTA EL PUNTO DE SEA CONTRARIA A LA ORACIÓN PRECEDENTE CUALQUIER GARANTÍA IMPLÍCITA DE MERCADO SE EXCLUYE. Cualquier recomendación hecha por el vendedor referente aplicaciones o a usos del producto es confiable, sin embargo el vendedor no da ninguna garantía de los resultados que se obtendrán. La información técnica provista para este tipo de producto está sujeta a cambio en cualquier momento sin previo aviso.

E n g i n e e r i n g a B e t t e r S o l u t i o n

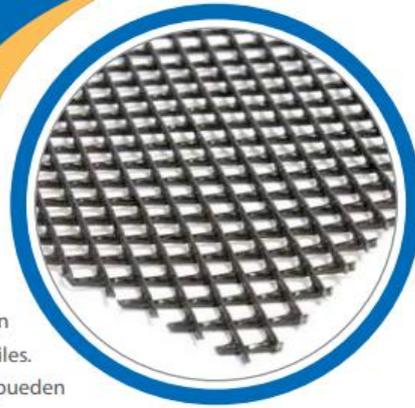


Anexo N° 08: Ficha técnica para GEONET.

Geonet HDPE

Producto compuesto por cordones confeccionados de polietileno de alta densidad, superpuestos en dos sentidos, su fabricación es por extrusión, por lo que los cordones están íntegramente ligados entre sí, generando una red útil para sistemas de drenaje de alta capacidad de transporte de líquidos y gases.

Este producto tiene la finalidad de actuar como núcleo Drenante, en conjunto con otros Geosintéticos como; Geomembranas y Geotextiles. Tiene alta capacidad de soportar cargas de compresión, por lo que pueden ser utilizados, tanto en drenajes verticales como horizontales.



CARACTERÍSTICAS	VALORES	UNIDAD	NORMATIVA
Material	Polietileno de alta densidad (HDPE).		
Masa por unidad de superficie +/-3%	733	g/m ²	ASTM D 5261
Resistencia a la tracción	7,5	KN/m	ASTM D 5035
Negro de humo	2-3	%	ASTM D 4218
Densidad M. Prima +/-3%	> 0,94	gr/cm ³	ASTM D 1505
Transmisividad *	1,7 x 10 ⁻³	m ² /s	ASTM D 4716
Peso del rollo +/-5%	250	Kg	-
Espesor	5,08	mm	ASTM D 5199

Nota. * La transmitividad se midió utilizando agua a 21°C +/-2°, con un gradiente de 0,1 y una presión de confinamiento de 480 Kpa entre las placas de acero después de 15 minutos. Los valores pueden variar con los laboratorios individuales.

Nota: Los valores indicados corresponden a valores mínimos obtenidos en el Laboratorio de Fábrica y Laboratorios Independientes Certificados. Se reserva el derecho de efectuar cambios sin previo aviso.

Anexo N° 09: Ficha técnica para Geotextil de polipropileno punzonado.



Filtros geotextiles constituidos por fibras de polipropileno de alta tenacidad, ligadas mediante punzonamiento y termofijado, para construcción y obra civil.

PROPIEDADES

- Alta capacidad de filtración y drenaje.
- Gran resistencia mecánica y antipunzonante.
- Excelente resistencia química en suelos con pH's extremos.
- Imputrescible, no siendo afectado por bacterias y hongos.
- Ausencia de nutrientes, no siendo atacado por roedores ni termitas.
- Anticontaminante, al dejar pasar el agua pero no los áridos finos.

PRINCIPALES USOS Y APLICACIONES

- **Filtración:** Gracias a su permeabilidad transversal.
- **Drenaje:** Conduce en el plano tanto agua y otros líquidos como gases en instalaciones industriales y vertederos gracias a la transmisividad (permeabilidad en el plano).
- **Capa separadora:** evitando el contacto de materiales incompatibles químicamente y la mezcla de áridos de diferentes granulometrías.
- **Refuerzo:** en terraplenes, taludes y muros ecológicos, gracias a su elevada resistencia a la tracción.

DATOS TÉCNICOS	ENSAYO	UNIDADES	PP-120	PP-150	PP-200	PP-300	PP-500
Masa Superficial Media	EN 965	grs. / m ²	120	150	200	300	500
Resistencia a la Tracción	EN ISO 10319	KN / m	8	10,3	13,7	21	34,4
Elongación en Rotura	EN ISO 10319	%	65	67	68	70	70
Punzonamiento Estático (CBR)	EN ISO 12236	KN	1,430	1,931	2,414	3,792	6,389
Resistencia a la Perforación Dinámica (caída de cono)	EN 918	mm.	29	25	18	13	6
Permeabilidad al agua	EN ISO 11058	l/m ² /s	39	30	22	17	16
Medida de abertura característica	EN ISO 12956	μ m	90	90	87	86	83

FORMATOS Y PRESENTACIONES

Tipos ▶		PP-120	PP-150	PP-200	PP-300	PP-500
Dimensiones de los rollos		125 x 2 m.	125 x 2 m.	100 x 2 m.	75 x 2 m.	60 x 2 m.
Superficie por rollo		250 m ²	250 m ²	200 m ²	150 m ²	120 m ²

ALMACENAMIENTO: Mantener en sus envoltorios originales hasta el momento de su instalación.

Anexo N° 10: Planos para construcción de prototipos A y B.

Ver Plano EPT-01: Estructura de los prototipos para techos verdes extensivos.

Anexo N° 11: Plano de ubicación de los prototipos A1, A2, B1 y B2.

Ver Plano UT- 01: Ubicación de los techos verdes extensivos.

Anexo N° 12: Porcentaje de agua filtrada en prototipos de techos verdes extensivos.

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE- CAJAMARCA						
PROTOCOLO						
Ensayo:	Porcentaje de agua filtrada en membranas de origen natural					TECHOS VERDES EXTENSIVOS
TESIS	Estudio comparativo de materiales convencionales y de origen natural en la construcción de prototipos para techos verdes extensivos en la ciudad de Cajamarca, 2020					
Investigación:	Techos verdes extensivos					
Grupo del Prototipo:	PROTOTIPOS A			Ensayo en:	Materiales	
Ubicación	Jr. Jacaranda 242- Sexto Nivel			Cobertura Vegetal:	Plantas sedúm mix- Clavelinas	
Fecha de construcción:	01/05/2019			Responsable:	Alvarado Carrasco- Jara Cruz	
Fecha de ensayo:	13/05/2019			Revisado por:	Ing. Hector Cuadros Rojas	
Porcentaje de agua filtrada en Stipa Ichu						
Ensayo	1	2	3	Promedio	Caudal (L/S)	Tasa (%)
Tiempo (T)	423	500	400	441.00	-	-
Volumen empleado (L)	22.5	22.5	22.5	22.50	0.05	100.00
Volumen salida (L)	22.03	21.2	20.9	21.38	0.05	95.01
Volumen filtrado (L)	0.37	0.22	0.1	0.23	0.00	1.02
Volumen retenido (L)	0.1	1.08	1.5	0.89	0.00	3.97
Porcentaje de agua filtrada en Stipa Ichu y Piedra de canto rodado						
Ensayo	1	2	3	Promedio	Caudal (L/S)	Tasa (%)
Tiempo (T)	625	657	612	631.33	-	-
Volumen empleado (L)	22.5	22.5	22.5	22.50	0.04	100.00
Volumen salida (L)	21.2	21.75	21.75	21.57	0.03	95.85
Volumen filtrado (L)	0.1	0.11	0.1	0.10	0.00	0.46
Volumen retenido (L)	1.2	0.64	0.65	0.83	0.00	3.69
Porcentaje de agua filtrada en Stipa Ichu, Piedra de canto rodado y Junco tejido						
Ensayo	1	2	3	Promedio	Caudal (L/S)	Tasa (%)
Tiempo (T)	516	630	553	566.33	-	-
Volumen empleado (L)	22.5	22.5	22.5	22.50	0.04	100.00
Volumen salida (L)	22.18	22.13	22.18	22.16	0.04	98.50
Volumen filtrado (L)	0.06	0.09	0.08	0.08	0.00	0.34
Volumen retenido (L)	0.26	0.28	0.24	0.26	0.00	1.16
Porcentaje de agua filtrada en Stipa Ichu, Piedra de canto rodado, Junco tejido y Sustrato						
Ensayo	1	2	3	Promedio	Caudal (L/S)	Tasa (%)
Tiempo (T)	630	639	634	634.33	-	-
Volumen empleado (L)	22.5	22.5	22.5	22.50	0.04	100.00
Volumen salida (L)	19.57	20.89	20.83	20.43	0.03	90.80
Volumen filtrado (L)	0.018	0.03	0.03	0.03	0.00	0.12
Volumen retenido (L)	2.91	1.58	1.64	2.04	0.00	9.08
Responsable del ensayo (1)		Responsable del ensayo (2)			Docente (Asesor)	
Nombre: Alvarado Carrasco José Ivan		Nombre: Jara Cruz Milagros Katherine			Nombre: Ing. Hector Arturo Cuadros Rojas	
Fecha: Cajamarca, 14 de mayo del 2019		Fecha: Cajamarca, 14 de mayo del 2019			Fecha: Cajamarca, 14 de mayo del 2019	

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE- CAJAMARCA							
PROTOCOLO							
	Ensayo:	Porcentaje de agua filtrada en membranas de origen natural					
	TESIS	Estudio comparativo de materiales convencionales y de origen natural en la construcción de prototipos para techos verdes extensivos en la ciudad de Cajamarca, 2020					
	Investigación:	Techos verdes extensivos					
Grupo del Prototipo:	PROTOTIPOS B				Ensayo en:	Materiales	
Ubicación	Jr. Jacaranda 242- Sexto Nivel				Cobertura Vegetal:	Plantas sedúm mix- Clavelinas	
Fecha de construcción:	01/05/2019				Responsable:	Alvarado Carrasco- Jara Cruz	
Fecha de ensayo:	13/05/2019				Revisado por:	Ing. Hector Cuadros Rojas	
Porcentaje de agua filtrada en Geomenbrana, Geonet, Geotextil y Sustrato							
Ensayo	1	2	3	Promedio	Caudal (L/S)	Tasa (%)	
Tiempo (T)	577	575	570	574.00	-	-	
Volumen empleado (L)	22.5	22.5	22.5	22.50	0.04	100.00	
Volumen salida (L)	20.55	20.6	20.93	20.69	0.04	91.97	
Volumen filtrado (L)	0	0	0	0.00	0.00	0.00	
Volumen retenido (L)	1.95	1.9	1.57	1.81	0.00	8.03	
Responsable del ensayo (1)		Responsable del ensayo (2)			Docente (Asesor)		
Nombre: Alvarado Carrasco José Iván		Nombre: Jara Cruz Milagros Katherine			Nombre: Ing. Hector Arturo Cuadros Rojas		
Fecha: Cajamarca, 14 de mayo del 2019		Fecha: Cajamarca, 14 de mayo del 2019			Fecha: Cajamarca, 14 de mayo del 2019		

Anexo N° 13: Registro de análisis económico en prototipos de techos verdes extensivos (Exportado de S10).

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 0103001 SISTEMA CONSTRUCTIVO TECHOS VERDES EXTENSIVOS

Subpresupuesto 001 SISTEMA CONSTRUCTIVO TECHOS VERDES EXTENSIVOS

Partida	01.01.01	(010104020110-0103001-01)	CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPOS A CON MATERIALES CONVENCIONALES			Costo unitario directo por:	m2	460.15
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
Mano de Obra								
0101010004	OFICIAL		hh	4.0000	14.23	56.92		
0101010005	PEON		hh	2.0000	12.73	25.46		
82.38								
Materiales								
02050700020031	SOPORTE Y BANDEJA METÁLICA (1m x1m)		und	1.0000	222.50	222.50		
0210020003	GEOTEXTIL E=1.00mm		m2	1.0000	25.00	25.00		
0210020004	GEOMEMBRANA E=1.05mm		m2	1.9600	23.00	45.08		
02621400010025	PLANTAS SEDUM MIX- CLAVELINAS		und	20.0000	2.50	50.00		
0291020003	ABONO ORGÁNICO (20%)		m3	0.0160	95.00	1.52		
0291020004	GEONET E=5.08mm		m2	1.0000	28.00	28.00		
0291020005	TIERRA NATURAL (80%)		m3	0.0640	50.00	3.20		
375.30								
Equipos								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		2.47	2.47		
2.47								

Partida	01.01.02	(010104020109-0103001-01)	CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPOS B CON MATERIALES DE ORIGEN NATURAL			Costo unitario directo por:	m2	410.46
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
Mano de Obra								
0101010004	OFICIAL		hh	5.3333	14.23	75.89		
0101010005	PEON		hh	2.6667	12.73	33.95		
109.84								
Materiales								
02050700020031	SOPORTE Y BANDEJA METÁLICA (1m x1m)		und	1.0000	222.50	222.50		
0207010016	PIEDRA DE CANTO RODADO E=0.03m (Ø 16 - 32mm)		m3	0.0300	70.00	2.10		
0207010017	TEJIDO DE JUNCO PARTIDO E=7.5mm		m2	1.0000	15.00	15.00		
0207010018	STIPA ICHU E=0.05m		trc	2.0000	1.50	3.00		
02621400010025	PLANTAS SEDUM MIX- CLAVELINAS		und	20.0000	2.50	50.00		
0291020003	ABONO ORGÁNICO (20%)		m3	0.0160	95.00	1.52		
0291020005	TIERRA NATURAL (80%)		m3	0.0640	50.00	3.20		
297.32								
Equipos								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.30	3.30		
3.30								

Partida	01.02.01	(010104020107-0103001-01)	CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO CON MATERIALES CONVENCIONALES				
					Costo unitario directo por:	m2	190.65
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010004	OFICIAL		hh	4.0000	14.23	56.92	
0101010005	PEON		hh	2.0000	12.73	25.46	
						82.38	
Materiales							
0210020003	GEOTEXTIL E=1.00mm		m2	1.0000	25.00	25.00	
0210020004	GEOMEMBRANA E=1.05mm		m2	1.9600	23.00	45.08	
0291020003	ABONO ORGÁNICO (20%)		m3	0.0160	95.00	1.52	
0291020004	GEONET E=5.08mm		m2	1.0000	28.00	28.00	
0291020005	TIERRA NATURAL (80%)		m3	0.0640	50.00	3.20	
0291020006	SEMILLA (lechuga, zanahoria)		bol	2.0000	1.50	3.00	
						105.80	
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		2.47	2.47	
						2.47	

Partida	01.02.02	(010104020108-0103001-01)	CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO CON MATERIALES DE ORIGEN NATURAL				
					Costo unitario directo por:	m2	140.96
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010004	OFICIAL		hh	5.3333	14.23	75.89	
0101010005	PEON		hh	2.6667	12.73	33.95	
						109.84	
Materiales							
0207010016	PIEDRA DE CANTO RODADO E=0.03m (Ø 16 - 32mm)		m3	0.0300	70.00	2.10	
0207010017	TEJIDO DE JUNCO PARTIDO E=7.5mm		m2	1.0000	15.00	15.00	
0207010018	STIPA ICHU E=0.05m		trc	2.0000	1.50	3.00	
0291020003	ABONO ORGÁNICO (20%)		m3	0.0160	95.00	1.52	
0291020005	TIERRA NATURAL (80%)		m3	0.0640	50.00	3.20	
0291020006	SEMILLA (lechuga, zanahoria)		bol	2.0000	1.50	3.00	
						27.82	
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.30	3.30	
						3.30	

Anexo N° 14: Ficha de especificaciones para vegetación: Plantas sédum mix y clavelinas.

Especificaciones sobre las especies a utilizar en techos verdes extensivos		
 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p> <p>TECHOS VERDES EXTENSIVOS</p> 	Especie: CLAVEL	
	Nombre científico: Lamprathus roseus.	
	Nombre común: Bella a las once, Clavel chino, rayito de sol.	
	Familia: AIZOACEAE	
	Origen: Sudáfrica	
	Descripción: Planta herbácea, perenne, rastrera, de 40 cm de alto; ramas extendidas; follaje verde grisáceo; hojas falcadas, sésiles, carnosas, triangulares; flores de varios verticilos de pétalos rosados, cremosos, blancos, anaranjados, lilas, o rojos según la variedad.	
	Requerimientos:	
	Sustrato: Admite cualquier terreno drenado.	
	Tipo de cubierta: Techo biótico auto regulado.	
	Agua: Requiere de poco riego (una vez a la semana), resiste a la sequedad.	
Ambiente y exposición solar: Tolera plena exposición solar, resiste hasta - 6°C.		
Mantenimiento: Fertilización en época de floración cada 20 días aproximadamente, con un fertilizante líquido para plantas de flores añadido al agua.		
Plagas: Resistente a plagas y enfermedades.		

Especificaciones sobre las especies a utilizar en techos verdes extensivos		
 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p> <p>TECHOS VERDES EXTENSIVOS</p> 	Especie: SEDUM	
	Nombre científico: Sedum sp.	
	Nombre común: Sedum	
	Familia: CRASULACEAE	
	Origen: Norte de África	
	Descripción: Planta herbácea, perenne, de porte erguido que puede alcanzar 30 – 60 cm; hojas carnosas y suculentas, alternas de color azul verdoso, que tiene la capacidad de almacenar agua por lo que se adaptan muy bien a la sequía.	
	Requerimientos:	
	Sustrato: Tierra normal de jardín mezclado con arena lavada y tierra arcillosa. Tolera suelos pobres, no requiere suelos profundos.	
	Tipo de cubierta: Techo biótico auto regulado.	
	Agua: Riego moderado y más bien poco frecuente.	
Ambiente y exposición solar: Plantar al sol o semisombra, en lugares bien iluminados.		
Mantenimiento: Fertilización en época de crecimiento cada 10 días aproximadamente, con un fertilizante líquido para plantas verdes añadido al agua.		
Plagas: Generalmente son resistentes a plagas y enfermedades, pero se pueden ver afectados hongos ocasionados por exceso de riego.		